CHIESA DI S. TOMMASO APOSTOLO – BONDENO DI GONZAGA

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO

DIOCESI DI MANTOVA

Lavori di
INTERVENTO DI RESTAURO E CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE VOLTI AL RIPRISTINO DELL'AGIBILITA' DELLA CHIESA "S. TOMMASO APOSTOLO" IN BONDENO DI GONZAGA (MN) - CUP J31E16000480002 - CIG 7170476FF8
CUP: J31E16000480002

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

Art. 3 comma 1 lettera eeeee) del D. Lgs. 50/2016 e s.m.i.
(articolo 43, commi da 3 a 10 del d.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207)

Contratto a misura

		Importi in euro
1	Importo esecuzione lavori	**€ 2.814.819,88**
2	Oneri per l'attuazione dei piani di sicurezza	**€ 520.151,56**
A	**Totale appalto (1 + 2)**	**€ 3.334.971,44**

Progettista Strutturale *Ing. Giovanni Gualerzi*		*Progettista Architettonico* *Arch. Marta Fasol*
	Responsabile del Procedimento *Geom. Riccardo Pacchioni*	

Sommario

PARTE PRIMA: Definizione economica e rapporti contrattuali

Capo 1 - NATURA E OGGETTO DELL'APPALTO
Art. 1Oggetto dell'appalto .....
Art. 2Ammontare dell'appalto.....
Art. 3Modalità di stipulazione del contratto.....
Art. 4Categorie dei lavori .....
Art. 5Categorie di lavorazioni omogenee, categorie contabili.....

Capo 2 – DISCIPLINA CONTRATTUALE
Art. 6Interpretazione del contratto e del capitolato speciale d'appalto.....
Art. 7Documenti che fanno parte del contratto.....
Art. 8Disposizioni particolari riguardanti l'appalto .....
Art. 9Fallimento dell'Appaltatore .....
Art. 10Domicilio-Rappresentante dell'Appaltatore-Personale Tecnico-Direttore di cantiere.....
Art. 11Norme generali sui materiali, i componenti, i sistemi e l'esecuzione .....
Art. 12Convenzioni europee in materia di valuta e termini .....

Capo 3 - TERMINI PER L'ESECUZIONE
Art. 13Consegna e inizio dei lavori.....
Art. 14Termini per l'ultimazione dei lavori.....
Art. 15Proroghe .....
Art. 16Sospensioni ordinate dal direttore dei lavori .....
Art. 17Sospensioni ordinate dal R.U.P. .....
Art. 18Penali in caso di ritardo .....
Art. 19Programma esecutivo dei lavori dell'Appaltatore .....
Art. 20Inderogabilità dei termini di esecuzione.....
Art. 21Risoluzione del contratto per mancato rispetto dei termini.....

Capo 4 - CONTABILIZZAZIONE DEI LAVORI
Art. 22Eventuali lavoro a corpo.....
Art. 23Lavori a misura.....
Art. 24Eventuali lavori in economia .....
Art. 25Contabilità e misurazione dei lavori .....

Capo 5 - DISCIPLINA ECONOMICA
Art. 26Anticipazione.....
Art. 27Pagamenti in acconto.....
Art. 28Pagamenti a saldo.....
Art. 29Ritardi nel pagamento delle rate di acconto.....
Art. 30Ritardi nel pagamento della rata di saldo.....
Art. 31Revisione prezzi e adeguamento del corrispettivo.....
Art. 32Anticipazione del pagamento di taluni materiali .....
Art. 33Cessione del contratto e cessione dei crediti.....

Capo 6 - CAUZIONI E GARANZIE
Art. 34Cauzione provvisoria.....
Art. 35Cauzione definitiva.....
Art. 36Riduzione delle garanzie .....
Art. 37Obblighi assicurativi a carico dell'Appaltatore.....

Capo 7 - DISPOSIZIONI PER L'ESECUZIONE
Art. 38Variazione dei lavori .....
Art. 39Varianti per errori od omissioni progettuali.....

Art. 40Prezzi applicabili ai nuovi lavori e nuovi prezzi .....

Capo 8 - DISPOSIZIONI IN MATERIA DI SICUREZZA
Art. 41Adempimenti preliminari in materia di sicurezza.....
Art. 42Organizzazione dei singoli cantieri e disposizioni per la sicurezza degli operatori…….....
Art. 43Piano di sicurezza e di coordinamento .....
Art. 44Modifiche e integrazioni al piano di sicurezza e di coordinamento.....
Art. 45Piano operativo di sicurezza.....
Art. 46Osservanza e attuazione dei piani di sicurezza .....

Capo 9 - DISCIPLINA DEL SUBAPPALTO
Art. 47Subappalti - Subaffidamenti.....
Art. 48Obbligo di iscrizione alle White List .....
Art. 49Pagamento dei subappaltatori.....

Capo 10 - CONTROVERSIE, MANODOPERA, ESECUZIONE D'UFFICIO
Art. 50Accordo transattivo.....
Art. 51Definizione delle controversie .....
Art. 52Contratti collettivi e disposizioni sulla manodopera.....
Art. 53Documento Unico di Regolarità Contributiva (DURC).....
Art. 54Risoluzione del contratto - Esecuzione d'ufficio dei lavori.....

Capo 11 - DISPOSIZIONI PER L'ULTIMAZIONE
Art. 55Ultimazione dei lavori e gratuita manutenzione.....
Art. 56Termini per il collaudo dei lavori .....
Art. 57Presa in consegna dei lavori ultimati .....

Capo 12 - NORME FINALI
Art. 58Oneri e obblighi a carico dell'Appaltatore.....
Art. 59Proprietà dei materiali di scavo e di demolizione .....
Art. 60Utilizzo di materiali recuperati o riciclati .....
Art. 61Terre e rocce da scavo.....
Art. 62Custodia del cantiere.....
Art. 63Cartello di cantiere .....
Art. 64Eventuale sopravvenuta inefficacia del contratto .....
Art. 65Tracciabilità dei pagamenti .....
Art. 66Disciplina antimafia …….....
Art. 67Normativa Regionale …….....
Art. 68Spese contrattuali, imposte, tasse.....

ALLEGATI ALLA PARTE PRIMA
Allegato A – Categoria prevalente.....
Allegato B – Gruppi di lavorazioni omogenee – categorie contabili .....
Allegato C – Elaborati del progetto a base di gara.....

PARTE SECONDA – SPECIFICAZIONE DELLE PRESCRIZIONI TECNICHE

Capo I - Premesse e caratteristiche generali dell'opera ……...
Capo II - Norme per la misurazione e la valutazione dei lavori ……...
Capo III - Qualità e provenienza dei materiali e dei componenti .....
Capo IV - Gli accertamenti analitici e diagnostici ……...
Capo V – Procedure operative di restauro e di consolidamento strutturale …….
Capo VI – Caratteristiche impianti meccanici …….
Capo VII – Caratteristiche impianti elettrici …….....

ABBREVIAZIONI

- D.P.R. n. 207 del 2010: decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207 - Regolamento di esecuzione ed attuazione del Codice dei contratti pubblici, per le parti ancora in vigore;
- Capitolato generale d'appalto (decreto ministeriale - lavori pubblici - 19 aprile 2000, n. 145);
- R.U.P. (Responsabile unico del procedimento di cui all'articolo 31 del D. Lgs n.50 del 18/04/2016 e degli articoli 9 e 10 del decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207);
- Decreto n. 81 del 2008 (decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro);
- DURC (Documento unico di regolarità contributiva): il documento attestate la regolarità contributiva previsto dall'articolo 90, comma 9, lettera b), decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 e dall'allegato XVII, punto 1, lettera i), allo stesso decreto legislativo, nonché dall'articolo 2 del decreto-legge 25 settembre 2002, n. 210, convertito dalla legge 22 novembre 2002, n. 266, nonché dagli articoli 6 e 196 del decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207;
- attestazione SOA: documento che attesta la qualificazione per una o più categorie, nelle pertinenti classifiche, rilasciato da una Società Organismo di Attestazione, in applicazione degli articoli da 60 a 96 del decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207.

PARTE PRIMA

Definizione economica e rapporti contrattuali

CAPO 1. NATURA E OGGETTO DELL'APPALTO

Art. 1. Oggetto dell'appalto

1. L'oggetto dell'appalto consiste nell'esecuzione di tutti i lavori e forniture necessari per la realizzazione dell'intervento di restauro e consolidamento strutturale volti al ripristino dell'agibilità della chiesa "s. Tommaso apostolo" in Bondeno di Gonzaga (MN) - sita in via degli Arduini in località Bondeno di Gonzaga (MN), identificata al Catasto Urbano di detto Comune al Foglio 44, mappali A e B, gravemente danneggiata dal terremoto del 20 e 29 maggio 2012.
2. L'intervento oggetto dell'appalto mira al recupero integrale dell'edificio sia sotto l'aspetto statico che delle caratteristiche architettoniche e funzionali.

   In particolare i lavori oggetto dell'intervento comprendono i seguenti interventi:

   - intervento di riparazione dei danni del sisma con miglioramento del comportamento strutturale del fabbricato sotto le azioni sismiche;
   - intervento di restauro dei danni sugli apparati architettonici e pittorici (pareti e volte);
   - restauro di apparati lignei (coro, cantoria, confessionali, ecc.);
   - ripristino degli impianti (elettrico e di illuminazione, riscaldamento, ecc);
   - opere varie di completamento: impianto elettrico, impianto di riscaldamento, ecc.

   Sono previste le seguenti fasi di lavoro principali in elenco non esaustivo:
   - accantieramento e preparazione area di cantiere;
   - montaggio ponteggi esterni con copertura provvisionale navata centrale;
   - disgaggio e messa sicurezza delle volte della navata e delle cappelle laterali;
   - sgombero dalle macerie;
   - montaggio per fasi del ponteggio interno;
   - puntellazione interna delle volte e delle strutture di copertura;
   - rimozione della copertura compresa la struttura lignea;
   - interventi sulle volte con la formazione di cassero centinato a sviluppo curvo, svuotamento dei rinfianchi etc.;
   - ricostruzione delle porzioni di volta e delle murature crollate;
   - pulizia del supporto, regolarizzazione delle superfici delle volte e consolidamento estradossale;
   - ricostruzione delle porzioni di facciata crollata e riposizionamento in asse;
   - realizzazione dei frenelli e degli elementi in sottotetto;
   - rimontaggio, fornitura, posa ed integrazione strutture lignee di copertura:
   - interventi in copertura con tavolato ligneo e pannelli multistrato, perforazioni muratura per connessione copertura rigida, carpenteria metallica, iniezioni a gravità perfori;
   - catene in acciaio;
   - intervento di rinforzo cella campanaria con ricostruzioni, inserimento di catene ai piani ed interventi sulle murature campanile;
   - riposa di manto di copertura e impermeabilizzazione;
   - riparazione delle volte con cunei in acciaio;
   - risarcitura pareti interne-interventi scuci e cuci, ricostruzioni di murature crollate;
   - riposizionamento e fissaggio degli aggetti;
   - ricostruzione lattonerie e finiture esterne della chiesa e del campanile;

- stuccatura dei giunti di muratura;
- consolidamento intonaci staccati dal supporto murario delle pareti e delle volte;
- pulizia delle superfici interne di pareti e volte;
- pulizia delle superfici decorate;
- consolidamento apparato pittorico;
- Interventi di descialbo e ripristino intonaci;
- restauro degli apparati decorativi dell'aula;
- restauro pavimentazioni;
- restauro altari, balaustra, pulpito e pala abside;
- smontaggio ponteggi esterni e ponteggi interni;
- restauri altari, infissi e manufatti lignei;
- restauri vetrate;
- impianti meccanici;
- impianti elettrici;
- impianti speciali;
- restauro arredi;
- pulizie finali, chiusura cantiere e ripristini pavimentazioni esterne.

3. Sono compresi nell'appalto tutti i lavori, le prestazioni, le forniture e le provviste necessarie per dare il lavoro completamente compiuto e secondo le condizioni stabilite dal presente Capitolato speciale, con le caratteristiche tecniche, qualitative e quantitative previste dal progetto esecutivo con i relativi allegati, con riguardo anche ai particolari costruttivi e ai progetti esecutivi delle strutture e relativi calcoli, degli impianti tecnologici e relativi calcoli, dei quali l'Appaltatore dichiara di aver preso completa ed esatta conoscenza.
4. L'esecuzione dei lavori è sempre e comunque effettuata secondo le regole dell'arte e l'Appaltatore deve conformarsi alla massima diligenza nell'adempimento dei propri obblighi; trova sempre applicazione l'articolo 1374 del codice civile.
5. Anche ai fini dell'articolo 3, comma 5, della legge n. 136 del 2010 e dell'articolo 65, comma 4 del presente Capitolato, sono stati acquisiti i seguenti codici:

Codice identificativo della gara (CIG) **CIG**: **7170476FF8**
Codice Unico di Progetto per l'intervento (CUP) **CUP: J31E16000480002**

Art. 2. Ammontare dell'appalto

1. L'importo dell'appalto posto a base dell'affidamento è definito dalla seguente tabella:

	Importi in euro	A CORPO (C)	A MISURA (M)	TOTALE (C + M)
1	Importo esecuzione lavori		**€ 2.814.819,88**	**€ 2.814.819,88**
2	Oneri per l'attuazione del piano di sicurezza (non soggetti a ribasso)		€ **520.151,56**	**€ 520.151,56**

T	**IMPORTO TOTALE APPALTO (1 + 2)**		€ **3.334.971,44**	**€ 3.334.971,44**

2. L'importo contrattuale sarà costituito dalla somma dei seguenti importi, riportati nella tabella del comma 1:

a) importo dei lavori determinato al rigo 1, della colonna «TOTALE», al netto del ribasso percentuale offerto dall'Appaltatore in sede di gara sul medesimo importo;

b) importo degli Oneri di sicurezza determinato al rigo 2, della colonna «TOTALE».

3. Ai fini del comma 2, gli importi sono distinti in soggetti a ribasso e non soggetti a ribasso, come segue:

	Importi in euro	soggetti a ribasso	NON soggetti a ribasso
1	Lavori a misura colonna (TOTALE)	**€ 2.814.819,88**	
2	Oneri di sicurezza da PSC colonna (TOTALE)		**€ 520.151,56**

4. Ai fini della determinazione della soglia di cui all'articolo 35, comma 1, lettera a), del Codice dei contratti e degli importi di classifica per la qualificazione di cui all'articolo 61 del Regolamento generale, rileva l'importo riportato nella casella della tabella di cui al comma 1, in corrispondenza del rigo «T – IMPORTO TOTALE APPALTO (1+2)» e dell'ultima colonna «TOTALE».

5. All'interno dell'importo dei lavori di cui al rigo 1 delle tabelle del comma 1, è stimata la seguente incidenza, ricompresa nel predetto importo soggetto a ribasso contrattuale, stimata in via presuntiva dalla Stazione Appaltante nella seguente misura: Costo del lavoro (inteso come costo della manodopera inclusi gli oneri previdenziali, assistenziali e ogni altro onere riflesso): incidenza del 62,77%;

6. Anche ai fini del combinato disposto dell'articolo 97, comma 5, del Codice dei contratti, l'importo del costo del lavoro indicato nel precedente comma 5, è ritenuto congruo.

Art. 3. Modalità di stipulazione del contratto

1. Il contratto è stipulato interamente **"a misura"**, ai sensi dell'articolo 3, comma 1, lettera eeeee) del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i. e ai sensi dell'articolo 43, comma 7, del d.P.R. n. 207 del 2010. L'importo del contratto può variare, in aumento o in diminuzione, in base alle quantità effettivamente eseguite, ferme restando le condizioni previsti dal presente Capitolato speciale.

2. I prezzi dell'elenco prezzi unitari di cui agli articoli 32 e 41 del D.P.R. n. 207 del 2010, ai quali si applica il ribasso percentuale offerto dall'Appaltatore in sede di gara, con gli stessi criteri di cui all'articolo 2, commi 2 e 3, del presente Capitolato speciale, costituiscono l'elenco dei prezzi unitari.

3. I prezzi unitari di cui al comma 2 sono vincolanti anche per la definizione, valutazione e contabilizzazione di eventuali varianti, addizioni o detrazioni in corso d'opera, se ammissibili ed ordinate o autorizzate ai sensi dell'art 38 del presente Capitolato Speciale di Appalto.

4. I rapporti ed i vincoli negoziali si riferiscono agli importi come determinati ai sensi dell'articolo 2, commi 2 e 3 del presente Capitolato speciale.

Art. 4. Categorie dei lavori

1. Ai sensi dell'articolo 61 del D.P.R. n. 207 del 2010 e in conformità all'allegato «A» al predetto D.P.R., i lavori sono classificati nella categoria di opere generali **OG2: Restauro e manutenzione dei beni**

immobili sottoposti a tutela. La categoria di cui al presente comma 1 costituisce indicazione per il rilascio del certificato di regolare esecuzione lavori di cui all'articolo 83 del Regolamento generale.

2. L'importo dei lavori appartenenti alla categoria prevalente di cui al comma 1, comprensivo degli oneri della sicurezza, ammonta ad euro **€ 2.218.847,66 =** con incidenza sul totale del 66,53%.
   Tale importo ricomprende tutte le lavorazioni, ciascuna di importo inferiore sia al 10% dell'importo totale dei lavori, sia inferiore a euro 150.000,00. Tali lavorazioni non rilevanti ai fini della qualificazione, possono essere eseguite dall'Appaltatore anche se questi non sia in possesso dei requisiti di qualificazione per le relative categorie; esse possono altresì essere eseguite in tutto o in parte da un'impresa subappaltatrice qualora siano state indicate come subappaltabili in sede di offerta; l'impresa subappaltatrice deve essere in possesso dei requisiti per la loro esecuzione, con una delle seguenti modalità:

a) importo dei lavori analoghi eseguiti direttamente nel quinquennio antecedente, costo complessivo sostenuto per il personale dipendente e adeguata attrezzatura tecnica, nelle misure e alle condizioni di cui all'articolo 90, comma 1, del d.P.R. n. 207 del 2010, relativamente all'importo della singola lavorazione;

   o in alternativa:

b) attestazione SOA nella categoria prevalente di cui al comma 1.

3. Le lavorazioni appartenenti alla categoria scorporabile OS2-A, diversa dalla prevalente, con il relativo importo, sono riportate nel seguito. Tali lavorazioni, classificate tra i lavori o componenti di notevole contenuto tecnologico o di rilevante complessità tecnica (s.i.o.s.), sono subappaltabili, a scelta dell'impresa aggiudicataria, nel limite del 30% dell'importo della categoria stessa e non possono essere suddivise. Tale limite non è computato ai fini del raggiungimento del limite del 30% dell'importo complessivo del contratto di cui sopra.

   Tali lavorazioni possono essere eseguite dall'appaltatore, solo se qualificato mediante il possesso dei necessari requisiti, con una delle modalità di cui ai punti successivi:

a.1) attestazione SOA in classifica idonea in relazione all'importo integrale della categoria scorporabile;

a.2) in assenza del requisito di cui al punto a.1), in capo all'operatore economico singolo, lo stesso dovrà partecipare in raggruppamento temporaneo o consorzio ordinario, costituito a tale scopo;

declaratoria:	*Categoria/e SOA pertinenti*	*importo*	*Incidenza % sul totale*
Superfici decorate di beni immobili del patrimonio culturale e beni culturali mobili di interesse storico, artistico, archeologico ed etnoantropologico	OS2-A	**€ 1.116.123,78**	**33,47%**

Si precisa che qualora il concorrente non sia in possesso della qualificazione nella categoria superspecializzata scorporabile OS2-A, dovrà necessariamente costituire un raggruppamento temporaneo di impresa. Non è, invece, ammesso il ricorso all'avvalimento a norma dell'art. 146 c. 3 del D.Lgs. n. 50/2016 e s.m.i.

Art. 5. Categorie di lavorazioni omogenee, categorie contabili

1. I gruppi di lavorazioni omogenee/categorie di lavoro di cui agli articoli 43, commi 6 e 8, e 184 del Regolamento generale e all'articolo 38 del presente Capitolato speciale, sono indicati nella TABELLA B, allegata al presente capitolato speciale quale parte integrante e sostanziale.

CAPO 2. DISCIPLINA CONTRATTUALE

Art. 6. Interpretazione del contratto e del capitolato speciale d'appalto

1. In caso di discordanza tra i vari elaborati di progetto vale la soluzione più aderente alle finalità per le quali il lavoro è stato progettato e comunque quella meglio rispondente ai criteri di ragionevolezza e di buona tecnica esecutiva.
2. In caso di norme del presente capitolato speciale tra loro non compatibili o apparentemente non compatibili, trovano applicazione in primo luogo le norme eccezionali o quelle che fanno eccezione a regole generali, in secondo luogo quelle maggiormente conformi alle disposizioni legislative o regolamentari oppure all'ordinamento giuridico, in terzo luogo quelle di maggior dettaglio e infine quelle di carattere ordinario.
3. L'interpretazione delle clausole contrattuali, così come delle disposizioni del presente Capitolato speciale, è fatta tenendo conto delle finalità del contratto e dei risultati ricercati con l'attuazione del progetto approvato; per ogni altra evenienza trovano applicazione gli articoli da 1362 a 1369 del codice civile.

Art. 7. Documenti che fanno parte del contratto

1. Fanno parte integrante e sostanziale del contratto d'appalto, ancorché non materialmente allegati:

a) il capitolato generale d'appalto approvato con decreto ministeriale 19 aprile 2000, n. 145, limitatamente agli articoli ancora in vigore, se espressamente richiamati nel presente capitolato;

b) tutti gli elaborati grafici e gli altri atti del progetto definitivo-esecutivo come elencati nell'allegato "C", ad eccezione di quelli esplicitamente esclusi ai sensi del successivo comma 3;

c) il piano di sicurezza e di coordinamento di cui all'articolo 100 del Decreto n. 81 del 2008 e al punto 2 dell'allegato XV allo stesso decreto, nonché le proposte integrative al predetto piano di cui all'articolo 100, comma 5, del Decreto n. 81 del 2008, se accolte dal coordinatore per la sicurezza;

d) il piano operativo di sicurezza di cui all'articolo 89, comma 1, lettera h), del Decreto n. 81 del 2008 e al punto 3.2 dell'allegato XV allo stesso decreto;

e) il cronoprogramma di cui all'articolo 40 del d.P.R. n. 207 del 2010;

f) le polizze di garanzia di cui agli articoli 35 e 37 del presente capitolato speciale d'appalto;

Formano, altresì, parte integrante e sostanziale del contratto di appalto e sono ad esso materialmente allegati, i documenti di seguito specificatamente precisati:

- Offerta Tecnica e Offerta Economica;
- il Capitolato Speciale d'Appalto;
- l'Elenco dei Prezzi Unitari;
- il computo metrico estimativo del progetto esecutivo.

2. Sono contrattualmente vincolanti:

a) il D.Lgs. n.50 del 2016 e s.m.i., limitatamente alle norme espressamente richiamate nel presente capitolato;

b) il D.P.R. n. 207 del 2010, limitatamente alle norme espressamente richiamate nel presente capitolato;

c) il decreto legislativo n. 81 del 2008, con i relativi allegati;

d) l'ordinanza del Presidente della Regione Lombardia n. 178/2015 e s.m.i.;

e) l'ordinanza del Presidente della Regione Lombardia n. 209/2016 e s.m.i.;

f) l'ordinanza del Presidente della Regione Lombardia n. 263/2016 e s.m.i.;

g) l'ordinanza del Presidente della Regione Lombardia n. 266/2016 e s.m.i..

3. Non fanno invece parte del contratto e sono estranei ai rapporti negoziali:

a) le tabelle di riepilogo dei lavori e la loro suddivisione per categorie omogenee, ancorché inserite e integranti il presente Capitolato speciale; esse hanno efficacia limitatamente ai fini dell'aggiudicazione per la determinazione dei requisiti speciali degli esecutori;

b) le quantità delle singole voci elementari, sia quelle rilevabili dagli atti progettuali e da qualsiasi altro loro allegato.

Art. 8. Disposizioni particolari riguardanti l'appalto

1. La presentazione dell'offerta da parte dei concorrenti comporta automaticamente, senza altro ulteriore adempimento, dichiarazione di responsabilità di avere direttamente o con delega a personale dipendente esaminato tutti gli elaborati progettuali, compreso il calcolo sommario della spesa o il computo metrico estimativo, di essersi recati sul luogo di esecuzione dei lavori, di avere preso conoscenza delle condizioni locali, della viabilità di accesso, di aver verificato le capacità e le disponibilità, compatibili con i tempi di esecuzione previsti, delle cave eventualmente necessarie e delle discariche autorizzate, nonché di tutte le circostanze generali e particolari suscettibili di influire sulla determinazione dei prezzi, sulle condizioni contrattuali e sull'esecuzione dei lavori e di aver giudicato i lavori stessi realizzabili, gli elaborati progettuali adeguati ed i prezzi nel loro complesso remunerativi e tali da consentire il ribasso offerto; di avere effettuato una verifica della disponibilità della mano d'opera necessaria per l'esecuzione dei lavori nonché della disponibilità di attrezzature adeguate all'entità e alla tipologia e categoria dei lavori in appalto.
2. La sottoscrizione del contratto da parte dell'Appaltatore equivale a dichiarazione di perfetta conoscenza e incondizionata accettazione anche dei suoi allegati, nonché alla completa accettazione di tutte le norme che regolano il presente appalto, e del progetto per quanto attiene alla sua perfetta esecuzione.
3. L'Appaltatore dà atto, senza riserva alcuna, della piena conoscenza e disponibilità degli atti progettuali e della documentazione, della disponibilità dei siti, dello stato dei luoghi, delle condizioni pattuite in sede di offerta e ogni altra circostanza che interessi i lavori, che, come da apposito verbale sottoscritto col R.U.P., consentono l'immediata esecuzione dei lavori.

Art. 9. Modifiche dell'operatore economico - appaltatore

1. In caso di fallimento dell'Appaltatore la Stazione Appaltante può avvalersi, senza pregiudizio per ogni altro diritto e azione a tutela dei propri interessi, della procedura prevista dall'art. 110 del D. Lgs 50/2016 e s.m.i., richiamato dall'art. 54 comma 4 del presente Capitolato Speciale di Appalto.
2. Se l'esecutore è un raggruppamento temporaneo o un consorzio ordinario di operatori economici, in caso di fallimento dell'impresa mandataria o di una impresa mandante trovano applicazione rispettivamente i commi 17 e 18 dell'art. 48 del D. Lgs. n. 50/2016 e s.m.i.
3. Se l'esecutore è un raggruppamento temporaneo, ai sensi dell'articolo 48, comma 19, del Codice dei contratti e s.m.i., è sempre ammesso il recesso di una o più imprese raggruppate, anche qualora il raggruppamento si riduca ad un unico soggetto, esclusivamente per esigenze organizzative del raggruppamento e sempre che le imprese rimanenti abbiano i requisiti di qualificazione adeguati ai lavori ancora da eseguire. In ogni caso non è ammessa alcuna modifica soggettiva se finalizzata ad eludere la mancanza di un requisito di partecipazione alla gara.

Art. 10. Domicilio-Rappresentante dell'Appaltatore-Personale Tecnico-Direttore di cantiere

1. L'Appaltatore deve eleggere domicilio ai sensi e nei modi di cui all'articolo 2 del capitolato generale d'appalto; a tale domicilio si intendono ritualmente effettuate tutte le intimazioni, le assegnazioni di termini e ogni altra notificazione o comunicazione dipendente dal contratto.
2. L'Appaltatore deve altresì comunicare, ai sensi e nei modi di cui all'articolo 3 del capitolato generale d'appalto, le generalità delle persone autorizzate a riscuotere.
3. Se l'Appaltatore non conduce direttamente i lavori, deve depositare presso la Stazione Appaltante, ai sensi e nei modi di cui all'articolo 4 del capitolato generale d'appalto, il mandato conferito con atto pubblico a persona idonea designata a rappresentarlo. Tale persona deve essere in possesso di requisiti di provata capacità tecnica e morale, e per tutta la durata dell'appalto, deve:

- ✓ Domiciliare in uno dei comuni interessati dai lavori o ad essi circostanti;
- ✓ Sostituire l'Appaltatore medesimo nella condotta dei lavori, ivi compresi quelli subappaltati, in un ambito di legittimità degli stessi e all'interno dei limiti contrattuali, nonché prendere decisioni su qualsiasi problema;
- ✓ Ricevere e fare eseguire gli ordini verbali e/o scritti dalla Direzione dei Lavori, in questo caso sotto firmandoli, ove il medesimo rappresentante ritenga che le disposizioni ricevute rientrino tra quelle da impartirsi per iscritto, sarà suo obbligo farne immediata richiesta scritta. Altrimenti l'Appaltatore non potrà, in alcuna evenienza, invocare a propria discolpa o ragione la carenza di disposizioni da parte della Direzione Lavori per il fatto che esse non siano state impartite per iscritto;
- ✓ Firmare tutti i documenti contabili, con il diritto di formulare le proprie osservazioni o riserve, considerandosi - sia per la liquidazione, sia per ogni altro effetto di legge - valida la sua firma tanto quanto quella dell'Appaltatore;
- ✓ Intervenire e prestarsi alle misurazioni e alle verifiche, tutte le volte che verrà richiesto dalla Direzione dei Lavori.

Tale rappresentante può essere anche lo stesso capo cantiere, al quale verranno comunicati a tutti gli effetti, anche legali, gli ordini verbali e/o simili.

Nel caso in cui il capo cantiere sia persona diversa dal rappresentante dell'Appaltatore, ne potrà fare le veci, in caso di assenza.
L'Appaltatore è tenuto a comunicare alla Stazione Appaltante anche il nominativo di chi, in caso di temporanea assenza, sostituisca il suo rappresentante e comunicare inoltre tempestivamente, in caso di cessazione o riserva del mandato, il nome del nuovo rappresentante.
Per ciascuno dei rappresentanti che verranno designati, devono essere comunicati alla Stazione Appaltante, al Direttore dei Lavori ed al Coordinatore per l'Esecuzione dei Lavori (CSE) i seguenti dati: nominativo, residenza, numeri telefonici fissi e di fax, numeri telefonici degli apparecchi mobili di cui ognuno dovrà essere dotato, nonché ogni altra informazione per il suo immediato reperimento 24 ore su 24.
La Committente si riserva il diritto di giudicare, in maniera inappellabile, sulla regolarità dei documenti prodotti e sulla conseguente accettabilità dei rappresentanti che verranno designati.
Resta inteso che l'Appaltatore rimane tuttavia responsabile dell'operato del rappresentante da lui delegato.

4. L'Appaltatore dovrà provvedere alla condotta ed esecuzione effettiva dei lavori, avvalendosi delle prestazioni di personale tecnico idoneo, di provata capacità e adeguato - numericamente e qualitativamente - alle necessità per una corretta esecuzione, in relazione agli obblighi assunti con il Programma esecutivo dei lavori.

   L'Appaltatore è tenuto ad affidare la Direzione Tecnica del cantiere ad un Direttore di Cantiere, in possesso di laurea o almeno di diploma tecnico, iscritto all'albo professionale se non è alla propria stabile dipendenza e in possesso di un adeguato curriculum di Direzione di Cantiere riferito agli ultimi cinque anni, il quale rilascerà dichiarazione scritta dell'incarico ricevuto, anche e soprattutto in merito alla responsabilità per infortuni essendo in qualità di preposto, responsabile del rispetto e della piena applicazione del Piano delle misure per la Sicurezza dei lavoratori sia dell'Impresa appaltatrice sia di tutte le Imprese subappaltatrici impegnate nell'esecuzione dei lavori.

   L'Appaltatore risponde dell'idoneità del Direttore di Cantiere e, in generale, di tutto il personale addetto ai lavori e operante in cantiere. Tale personale dovrà essere tutelato a norma delle sopra

specificate Leggi ed essere di gradimento della Direzione dei Lavori. Quest'ultima si riserva il diritto di ottenere l'allontanamento motivato dai cantieri di qualunque addetto ai lavori, senza risponderne delle conseguenze, ai sensi e per gli effetti dell'art. 6 del Capitolato Generale.

Il direttore dei lavori ha il diritto di esigere il cambiamento del direttore di cantiere e del personale dell'Appaltatore per disciplina, incapacità o grave negligenza. L'Appaltatore è in tutti i casi responsabile dei danni causati dall'imperizia o dalla negligenza di detti soggetti, nonché della malafede o della frode nella somministrazione o nell'impiego dei materiali.

5. Ogni variazione del domicilio di cui al comma 1, o delle persone di cui ai commi 2, 3 o 4, deve essere tempestivamente notificata alla Stazione Appaltante; ogni variazione della persona di cui al comma 3 deve essere accompagnata dal deposito presso la Stazione Appaltante del nuovo atto di mandato.
6. La Stazione Appaltante sarà rappresentata nei confronti dell'Appaltatore, per quanto concerne l'esecuzione delle opere appaltate e ad ogni conseguente effetto, dalla Direzione dei Lavori che verrà designata dalla Stazione Appaltante medesima.

Art. 11. Norme generali sui materiali, i componenti, i sistemi e l'esecuzione

1. Nell'esecuzione di tutte le lavorazioni, le opere, le forniture, i componenti, anche relativamente a sistemi e subsistemi di impianti tecnologici oggetto dell'appalto, devono essere rispettate tutte le prescrizioni di legge e di regolamento in materia di qualità, provenienza e accettazione dei materiali e componenti nonché, per quanto concerne la descrizione, i requisiti di prestazione e le modalità di esecuzione di ogni categoria di lavoro, tutte le indicazioni contenute o richiamate contrattualmente nel presente capitolato speciale di appalto, negli elaborati grafici del progetto definitivo-esecutivo e nella descrizione delle singole voci allegata al presente capitolato.
2. Per quanto riguarda l'accettazione, la qualità e l'impiego dei materiali, la loro provvista, il luogo della loro provenienza e l'eventuale sostituzione di quest'ultimo, si applicano gli articoli 16 e 17 del capitolato generale d'appalto.
3. L'Appaltatore, sia per sé che per i propri fornitori, deve garantire che i materiali da costruzione utilizzati siano conformi al D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246.
4. L'Appaltatore, sia per sé che per i propri eventuali subappaltatori, deve garantire che l'esecuzione delle opere sia conforme alle «Norme tecniche per le costruzioni» approvate con il decreto del Ministro delle infrastrutture 14 gennaio 2008 (in Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008).

Art. 12. Convenzioni in materia di valuta e termini

1. In tutti gli atti predisposti dalla Stazione Appaltante i valori in cifra assoluta si intendono in euro.
2. In tutti gli atti predisposti dalla Stazione Appaltante i valori in cifra assoluta, ove non diversamente specificato, si intendono I.V.A. esclusa.
3. Tutti i termini di cui al presente Capitolato speciale, se non diversamente stabilito nella singola disposizione, sono computati in conformità al Regolamento CEE 3 giugno 1971, n. 1182.

CAPO 3. TERMINI PER L'ESECUZIONE

Art. 13. Consegna e inizio dei lavori

1. L'esecuzione dei lavori ha inizio dopo la stipula del formale contratto, in seguito a consegna, risultante da apposito verbale, redatto in contradditorio con l'Appaltatore, da effettuarsi non oltre 45 giorni dalla predetta stipula, previa convocazione dell'esecutore.
2. E' facoltà della Stazione Appaltante procedere in via d'urgenza alla consegna dei lavori, anche nelle more della stipulazione formale del contratto, se il mancato inizio dei lavori determina, per eventi oggettivamente imprevedibili, situazioni di pericolo per persone, animali o cose, ovvero per l'igiene e la salute pubblica, ovvero per il patrimonio storico, artistico, culturale ovvero nei casi in cui la mancata esecuzione immediata della prestazione dedotta nella gara determinerebbe un grave danno all'interesse pubblico che è destinata a soddisfare. Il Direttore dei Lavori provvede in via d'urgenza su autorizzazione del RUP e indica espressamente sul verbale le lavorazioni da iniziare immediatamente.
3. Se nel giorno fissato e comunicato l'Appaltatore non si presenta a ricevere la consegna dei lavori, il direttore dei lavori fissa un nuovo termine perentorio, non inferiore a 5 (cinque) giorni e non superiore a 15 (quindici) giorni; i termini per l'esecuzione decorrono comunque dalla data della prima convocazione. Decorso inutilmente il termine anzidetto è facoltà della Stazione Appaltante non stipulare o risolvere il contratto e incamerare la cauzione provvisoria o definitiva, a seconda che la mancata consegna si verifichi prima o dopo la stipulazione del contratto, fermo restando il risarcimento del danno (ivi compreso l'eventuale maggior prezzo di una nuova aggiudicazione) se eccedente il valore della cauzione, senza che ciò possa costituire motivo di pretese o eccezioni di sorta da parte dell'Appaltatore. Se è indetta una nuova procedura per l'affidamento dei lavori, l'Appaltatore è escluso dalla partecipazione in quanto l'inadempimento è considerato grave negligenza accertata.

   Con la firma del verbale il legale rappresentante dell'Appaltatore, o persona appositamente abilitata, indicherà il nominativo del Responsabile di Cantiere, che firmerà la corrispondenza, la contabilità e riceverà gli Ordini di Servizio.
4. Il R.U.P. accerta l'avvenuto adempimento degli obblighi di cui all'articolo 41 del presente Capitolato Speciale prima della redazione del verbale di consegna di cui al comma 1 e ne comunica l'esito al Direttore dei lavori. La redazione del verbale di consegna è subordinata a tale positivo accertamento, in assenza del quale il verbale di consegna è inefficace e i lavori non possono essere iniziati.
5. Le disposizioni sulla consegna di cui al comma 3, si applicano anche alla consegna in via d'urgenza, ed alle singole consegne frazionate, in presenza di temporanea indisponibilità di aree ed immobili; in tal caso si provvede ogni volta alla compilazione di un verbale di consegna provvisorio e l'ultimo di questi costituisce verbale di consegna definitivo anche ai fini del computo dei termini per l'esecuzione, se non diversamente determinati. Il comma 2 si applica limitatamente alle singole parti consegnate, se l'urgenza è limitata all'esecuzione di alcune di esse.

Art. 14. Termini per l'ultimazione dei lavori

1. Il tempo utile per ultimare tutti i lavori è fissato in giorni **540 (cinquecentoquaranta)** naturali e consecutivi decorrenti dalla data del verbale di consegna; come risulta dal cronoprogramma lavori del progetto esecutivo. In detto tempo è compreso quello necessario all'impianto e allo smontaggio del cantiere.
2. Nel calcolo del tempo di cui al comma 1 è tenuto conto delle ferie contrattuali e delle ordinarie difficoltà e degli ordinari impedimenti in relazione agli andamenti stagionali e alle relative condizioni climatiche, pertanto per tale motivo, non potranno essere concesse proroghe per recuperare i rallentamenti e le soste.
3. L'Appaltatore si obbliga alla rigorosa ottemperanza del cronoprogramma dei lavori che potrà fissare scadenze inderogabili per l'approntamento delle opere necessarie all'inizio di forniture e lavori da effettuarsi da altre ditte per conto della Stazione Appaltante oppure necessarie all'utilizzazione,

prima della fine dei lavori e previa emissione del certificato di collaudo, riferito alla sola parte funzionale delle opere.

Il cronoprogramma potrà subire modifiche e/o integrazioni dovute alla esigenza di effettuare sopralluoghi e verifiche tecniche richieste ed esplicitate nel parere autorizzativo rilasciato dalla competente Soprintendenza in considerazione della complessità dell'intervento. I tempi necessari per la formalizzazione e attuazione dei sopralluoghi richiesti dalla Soprintendenza e per la predisposizione degli eventuali elaborati grafici a cura dell'appaltatore (v. art. 58 comma 1.15), che dovranno essere nuovamente autorizzati dalla Soprintendenza, verranno regolamentati con apposite sospensioni dei lavori, e l'Appaltatore nulla potrà pretendere per l'eventuale prolungamento del nolo del ponteggio, o richiedere altri compensi/indennizzi di sorta.

4. A fine lavori l'Appaltatore comunicherà alla Direzione Lavori, a mezzo pec (Ing. Gualerzi giovanni.gualerzi@ingpec.eu – Arch. Marta Fasol marta.fasol@archiwordpec.it) o lettera raccomandata con A.R. o tramite fax al n. 0521/968718 – 045/4851277 la data nella quale ritiene di aver ultimato i lavori.

   La fine dei lavori verrà verificata e accertata in contraddittorio fra l'ufficio della Direzione dei Lavori e l'Appaltatore previa verifica in cantiere dell'effettivo svolgimento e conclusione a regola d'arte di tutte le opere e lavorazioni contrattualmente previste.

   Dalla data di ultimazione dei lavori decorreranno i termini per la redazione dello stato finale e per la redazione del certificato di collaudo.

Art. 15. Proroghe

1. Se l'Appaltatore, per causa a esso non imputabile, non è in grado di ultimare i lavori nel termine contrattuale di cui all'articolo 14 del presente Capitolato Speciale, può chiedere la proroga, presentando apposita richiesta motivata almeno 30 giorni prima della scadenza del termine di cui al predetto articolo 14. A titolo indicativo e non esaustivo sono considerate cause non imputabili all'Appaltatore: ritardi causati o da impedimenti frapposti dalla Stazione Appaltante in relazione a proprie esigenze o conseguenti all'inadempimento, da parte della Committente, delle obbligazioni per la stessa derivanti dal presente Capitolato o ritardi nell'esecuzione di altre opere o lavori propedeutici o strumentali ai lavori oggetto del presente contratto e formanti oggetto di altri contratti in essere tra la Committente e terzi.
2. In deroga a quanto previsto al precedente comma 1, la richiesta può essere presentata anche se mancano meno di 30 giorni alla scadenza del termine di cui all'articolo 14, comunque prima di tale scadenza, se le cause che hanno determinato la richiesta si sono verificate posteriormente; in questo caso la richiesta deve essere motivata anche in relazione alla specifica circostanza del ritardo.
3. Qualora nel corso dell'esecuzione dei lavori si verificasse un evento che a giudizio dell'Appaltatore risultasse tale da impedire oggettivamente il rispetto del termine di esecuzione, l'Appaltatore può presentare alla Stazione Appaltante richiesta di proroga in forma scritta, entro 10 (dieci) giorni dalla data del verificarsi dell'evento e fornire alla Stazione Appaltante, entro i successivi 10 (dieci) giorni, tutti gli elementi in suo possesso a comprova dell'evento stesso.
   Detti adempimenti si intendono prescritti per l'Appaltatore che non vi ottemperi, a pena di decadenza del diritto di avanzare successivamente, in qualsiasi sede, pretese relative alla proroga del termine di esecuzione di cui al precedente art. 14.
4. La richiesta di proroga è presentata al direttore di lavori il quale la trasmette tempestivamente al R.U.P., corredata dal proprio parere; se la richiesta è presentata direttamente al R.U.P. questi acquisisce tempestivamente il parere del direttore dei lavori.
5. La proroga è concessa o negata con provvedimento scritto del R.U.P. entro 30 giorni dal ricevimento della richiesta; il R.U.P. può prescindere dal parere del direttore dei lavori se questi non si esprime entro 10 giorni e può discostarsi dallo stesso parere motivando; nel provvedimento è riportato il parere del direttore dei lavori se questo è difforme dalle conclusioni del R.U.P.

6. Nei casi di cui al comma 2 se la proroga è concessa formalmente dopo la scadenza del termine di cui all'articolo 14, essa ha effetto retroattivo a partire da tale ultimo termine.
7. La mancata determinazione del R.U.P. entro i termini di cui al comma 5 costituisce rigetto della richiesta.

Art. 16. Sospensioni ordinate dal direttore dei lavori

1. In tutti i casi in cui ricorrano circostanze speciali che impediscono in via temporanea che i lavori procedano utilmente a regola d'arte, e che non siano prevedibili al momento della stipulazione del contratto, il direttore dei lavori può disporre la sospensione dell'esecuzione del contratto, compilando, se possibile con l'intervento dell'esecutore o di un suo legale rappresentante, il verbale di sospensione, con l'indicazione delle ragioni che hanno determinato l'interruzione dei lavori, nonché dello stato di avanzamento dei lavori, delle opere la cui esecuzione rimane interrotta e delle cautele adottate affinché alla ripresa le stesse possano essere continuate ed ultimate senza eccessivi oneri, della consistenza della forza lavoro e dei mezzi d'opera esistenti in cantiere al momento della sospensione.
2. L'Appaltatore non potrà di propria iniziativa, per nessun motivo, sospendere o interrompere i lavori. La richiesta di sospensione dei lavori da parte dell'Appaltatore può essere legittimamente avanzata alla Stazione Appaltante qualora, durante l'esecuzione, sopraggiungano condizioni sfavorevoli rilevanti che oggettivamente ne impediscono la prosecuzione utilmente a regola d'arte.
3. In caso di forza maggiore, condizioni climatiche od altre circostanze speciali che impediscono in via temporanea che i lavori procedano utilmente a regola d'arte, la direzione dei lavori d'ufficio o su segnalazione dell'Appaltatore può ordinare la sospensione dei lavori redigendo apposito verbale. Costituiscono circostanze speciali le situazioni che determinano la necessità di procedere alla redazione di una variante in corso d'opera nei casi previsti dall'art. 38 e 39 del presente Capitolato. Nessun indennizzo spetta all'Appaltatore per le sospensioni di cui al presente articolo.

4. Il verbale di sospensione deve contenere:
a) l'eventuale imputazione delle cause ad una delle parti o a terzi, se del caso anche con riferimento alle risultanze del verbale di consegna o alle circostanze sopravvenute.
b) l'adeguata motivazione a cura della direzione dei lavori;
c) l'indicazione dello stato di avanzamento dei lavori la cui esecuzione rimane interrotta;
d) le cautele adottate affinché i lavori possano continuare senza eccessivi oneri;
e) la consistenza della forza lavoro e mezzi d'opera esistenti in cantiere al momento della sospensione;

5. Il verbale di sospensione è controfirmato dall'Appaltatore, deve pervenire al R.U.P. entro il quinto giorno naturale successivo alla sua redazione e deve essere restituito controfirmato dallo stesso o dal suo delegato; se il R.U.P. non si pronuncia entro 10 (dieci) giorni dal ricevimento, il verbale si dà per riconosciuto e accettato dalla Stazione Appaltante. Se l'Appaltatore non interviene alla firma del verbale di sospensione o rifiuta di sottoscriverlo, deve farne espressa riserva e la Stazione Appaltante, su proposta del Responsabile del Procedimento, può dichiarare risolto il contratto ai sensi dell'art. 54 del presente Capitolato.
6. In ogni caso la sospensione opera dalla data di redazione del verbale, accettato dal R.U.P. o sul quale si sia formata l'accettazione tacita; non possono essere riconosciute sospensioni e i relativi verbali non hanno alcuna efficacia, in assenza di adeguate motivazioni o nel caso in cui le motivazioni non siano riconosciute adeguate da parte del R.U.P.
7. Se il verbale di sospensione viene trasmesso al R.U.P. dopo il quinto giorno dalla sua redazione oppure reca una data di decorrenza della sospensione anteriore al quinto giorno precedente la data di trasmissione, il verbale avrà efficacia dal quinto giorno antecedente la sua presentazione.
8. Non appena cessate le cause della sospensione il direttore dei lavori redige il verbale di ripresa che, oltre a richiamare il precedente verbale di sospensione, deve indicare i giorni di effettiva sospensione e il conseguente nuovo termine contrattuale dei lavori differito di un numero di giorni pari all'accertata durata della sospensione. Il verbale di ripresa dei lavori è efficace dalla data della sua redazione ed

è controfirmato dall'Appaltatore e trasmesso al R.U.P.

9. Se la sospensione, o le sospensioni se più di una, durano per un periodo di tempo superiore ad un quarto della durata complessiva prevista dall'articolo 14 del presente Capitolato Speciale, o comunque superano 6 (sei) mesi complessivamente, l'Appaltatore può richiedere lo scioglimento del contratto senza indennità; la Stazione Appaltante può opporsi allo scioglimento del contratto ma, in tal caso, riconosce al medesimo la rifusione dei maggiori oneri derivanti dal prolungamento della sospensione oltre i termini suddetti, iscrivendoli nella documentazione contabile.
10. Eventuali sospensioni dei lavori disposte dal Direttore Lavori su richiesta del Coordinatore per la Sicurezza in fase di esecuzione dei Lavori, per il mancato rispetto delle norme per la sicurezza e la tutela della salute dei lavoratori, non comporteranno alcuna proroga dei termini fissati per l'ultimazione degli stessi lavori.
    La ripresa dei lavori o delle lavorazioni a seguito delle eventuali sospensioni di cui al presente comma sarà disposta con verbale della Direzione Lavori redatto dalla stessa, su disposizioni del Coordinatore per la Sicurezza in fase di Esecuzione dei Lavori, previa verifica degli avvenuti adeguamenti.
11. Le disposizioni di cui ai commi precedenti si applicano anche a sospensioni parziali e riprese parziali che abbiano per oggetto parti determinate dei lavori, da indicare nei relativi verbali; in tal caso il differimento dei termini contrattuali è pari ad un numero di giorni costituito dal prodotto dei giorni di sospensione per il rapporto tra l'ammontare dei lavori sospesi e l'importo totale dei lavori previsto nello stesso periodo secondo il programma esecutivo dei lavori di cui all'articolo 19 del presente Capitolato Speciale.
12 Le sospensioni disposte non comportano per l'Appaltatore la cessazione e l'interruzione della custodia dell'opera, per cui esso è tenuto a mantenere le misure di salvaguardia del cantiere ed evitare il danno a terzi.
13. In caso di sospensione dei lavori, l'Appaltatore deve riprendere effettivamente i lavori entro n. 2 (due) giorni decorrenti dall'ordine di ripresa dei lavori stesso, formalizzato con specifico verbale emesso dalla Direzione dei Lavori.

Art. 17. Sospensioni ordinate dal R.U.P.

1. Il RUP può ordinare la sospensione dei lavori per cause di necessità o di pubblico interesse, tra cui l'interruzione di finanziamenti per esigenze sopravvenute di finanza pubblica, disposta con atto motivato delle amministrazioni competenti. L'ordine è trasmesso contemporaneamente all'Appaltatore e al direttore dei lavori ed ha efficacia dalla data di emissione.
2. Lo stesso R.U.P. determina il momento in cui sono venute meno le ragioni di pubblico interesse o di particolare necessità che lo hanno indotto ad ordinare la sospensione dei lavori ed emette l'ordine di ripresa, trasmesso tempestivamente all'Appaltatore e al direttore dei lavori.
3. Se la sospensione, o le sospensioni se più di una, durano per un periodo di tempo superiore ad un quarto della durata complessiva prevista dall'articolo 14 del presente Capitolato Speciale, o comunque quando superino 6 mesi complessivamente, l'Appaltatore può richiedere lo scioglimento del contratto senza indennità. La Stazione Appaltante può opporsi allo scioglimento del contratto ma, in tal caso, riconosce al medesimo la rifusione dei maggiori oneri derivanti dal prolungamento della sospensione oltre i termini suddetti, iscrivendoli nella documentazione contabile.
4. Per quanto non diversamente disposto, agli ordini di sospensione e di ripresa emessi dal R.U.P. si applicano le disposizioni del precedente articolo 16, in materia di verbali di sospensione e di ripresa dei lavori, in quanto compatibili.
5. Le stesse disposizioni si applicano alle sospensioni:

    a) in applicazione di provvedimenti assunti dall'Autorità Giudiziaria, anche in seguito alla segnalazione dell'Autorità Nazionale Anticorruzione;

    b) per i tempi strettamente necessari alla redazione, approvazione ed esecuzione di eventuali varianti di cui all'articolo 38 del presente Capitolato Speciale.

Art. 18. Penali in caso di ritardo

1. Nel caso di mancato rispetto del termine stabilito per l'ultimazione dei lavori, per ogni giorno naturale consecutivo di ritardo viene applicata una penale pari all'uno (1,00) per mille giornaliero sull'importo netto contrattuale.
2. La penale, nella stessa misura percentuale di cui al comma 1, trova applicazione anche in caso di ritardo:

a) nell'inizio dei lavori rispetto alla data fissata dal direttore dei lavori per la consegna degli stessi ai sensi dell'articolo 13, comma 1 oppure comma 3 del presente Capitolato Speciale;

b) nell'inizio dei lavori per mancata consegna o per inefficacia del verbale di consegna imputabili all'Appaltatore che non abbia effettuato gli adempimenti prescritti, ai sensi dell'articolo 13, comma 4; del presente Capitolato Speciale;

c) nella ripresa dei lavori seguente un verbale di sospensione, rispetto alla data fissata dal direttore dei lavori;

d) nella ripresa dei lavori nei due (2) giorni successivi, seguente un verbale di sospensione, di cui al precedente art. 16 punto 13;

e) nel rispetto dei termini imposti dalla direzione dei lavori per il ripristino di lavori non accettabili o danneggiati.

f) nel rispetto di ogni scadenza o temine previsto nel capitolato speciale di appalto o nel contratto;

g) nel rispetto di ogni altra scadenza o termine assegnato dalla direzione lavori o dal Responsabile del Procedimento.

3. La penale di cui al comma 2, lettera b), c) e d), è applicata all'importo dei lavori ancora da eseguire; la penale di cui al comma 2, lettera e) è applicata all'importo dei lavori di ripristino o di nuova esecuzione ordinati per rimediare a quelli non accettabili o danneggiati.
4. Tutte le fattispecie di ritardi sono segnalate tempestivamente e dettagliatamente al RUP da parte del direttore dei lavori, immediatamente al verificarsi della relativa condizione, con la relativa quantificazione temporale; sulla base delle predette indicazioni le penali sono applicate in sede di conto finale ai fini della verifica in sede di collaudo.
5. L'importo complessivo delle penali determinate ai sensi dei commi 1 e 2 non può superare il 10% (dieci per cento) dell'importo contrattuale; se i ritardi sono tali da comportare una penale di importo superiore alla predetta percentuale trova applicazione il successivo articolo 21, in materia di risoluzione del contratto.
6. L'applicazione delle penali non pregiudica il risarcimento di eventuali danni o ulteriori oneri sostenuti dalla Stazione Appaltante a causa di ritardi per fatto dell'Appaltatore, per mancati introiti o per qualsiasi altro titolo.

Art. 19. Programma esecutivo dei lavori dell'Appaltatore

1. Prima della consegna dei lavori si terrà una o più riunioni di coordinamento nel corso della quale l'Appaltatore dovrà presentare alla Committente, a norma dell'art. 43, comma 10, del DPR n. 207/2010, il programma esecutivo dei lavori redatto nel rispetto dello schema e delle priorità previste dal Cronoprogramma e dal Piano di Sicurezza e Coordinamento. Tale programma dovrà rispettare i termini parziali per l'esecuzione delle opere riportati nel Cronoprogramma.
2. La Stazione Appaltante comunicherà all'Appaltatore il giorno ed il luogo in cui dovrà trovarsi per partecipare alla riunione di coordinamento. Qualora l'Appaltatore non si presenti nel giorno fissato per la riunione, gli verrà assegnato un termine perentorio, trascorso inutilmente il quale la Committente potrà procedere comunque alla consegna dei lavori, data dalla quale decorre il tempo contrattuale, senza che peraltro l'Appaltatore possa dare effettivo corso ai lavori in mancanza della

riunione di coordinamento.

3. Il programma esecutivo e di dettaglio dovrà essere aggiornato in base all'effettivo andamento dei lavori e/o modificato su richiesta del Direttore Lavori e/o del Coordinatore Sicurezza per l'Esecuzione dei lavori, in base alle esigenze della Committente. Per tali variazioni l'Appaltatore non potrà vantare alcun titolo per richieste di risarcimenti. La Direzione Lavori si riserva la facoltà di modificare il programma dei lavori esecutivo e di dettaglio dell'Appaltatore in qualsiasi momento per proprie insindacabili necessità, senza che l'Appaltatore possa pretendere compensi di sorta o avanzare richieste di qualunque genere.
4. Il programma esecutivo dei lavori dell'Appaltatore può essere modificato o integrato dalla Stazione Appaltante, mediante ordine di servizio, ogni volta che sia necessario alla miglior esecuzione dei lavori e in particolare:
   a) per il coordinamento con le prestazioni o le forniture di imprese o altre ditte estranee al contratto;
   b) per l'intervento o il mancato intervento di società concessionarie di pubblici servizi le cui reti siano coinvolte in qualunque modo con l'andamento dei lavori, purché non imputabile ad inadempimenti o ritardi della Stazione Appaltante;
   c) per l'intervento o il coordinamento con autorità, enti o altri soggetti diversi dalla Stazione Appaltante, che abbiano giurisdizione, competenze o responsabilità di tutela sugli immobili, i siti e le aree comunque interessate dal cantiere;
   d) per la necessità o l'opportunità di eseguire prove sui campioni, prove di carico e di tenuta e funzionamento degli impianti, nonché collaudi parziali o specifici;
   e) se è richiesto dal coordinatore per la sicurezza e la salute nel cantiere, in ottemperanza all'articolo 92, comma 1, del Decreto n. 81 del 2008. In ogni caso il programma esecutivo dei lavori deve essere coerente con il piano di sicurezza, eventualmente integrato ed aggiornato.
5. I lavori sono comunque eseguiti nel rispetto del cronoprogramma predisposto dalla Stazione Appaltante e integrante il progetto esecutivo; tale cronoprogramma può essere modificato dal committente al verificarsi delle condizioni di cui al presente articolo.

Art. 20. Inderogabilità dei termini di esecuzione

1. Non costituiscono motivo di proroga dell'inizio dei lavori, della loro mancata regolare o continuativa conduzione secondo il relativo programma o della loro ritardata ultimazione:

a) il ritardo nell'installazione del cantiere;

b) l'adempimento di prescrizioni, o il rimedio a inconvenienti o infrazioni riscontrate dal direttore dei lavori o dagli organi di vigilanza in materia sanitaria e di sicurezza, ivi compreso il coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione;

c) l'esecuzione di accertamenti integrativi che l'Appaltatore ritenesse di dover effettuare per la esecuzione delle opere strutturali e degli impianti, salvo che siano ordinati dalla direzione dei lavori o espressamente approvati da questa;

d) il tempo necessario per l'esecuzione di prove sui campioni, di sondaggi, analisi e altre prove assimilabili;

e) il tempo necessario per l'espletamento degli adempimenti a carico dell'Appaltatore comunque previsti dal presente Capitolato speciale;

f) le eventuali controversie tra l'Appaltatore e i fornitori, subappaltatori, affidatari, altri incaricati dall'Appaltatore né i ritardi o gli inadempimenti degli stessi soggetti;

g) le eventuali vertenze a carattere aziendale tra l'Appaltatore e il proprio personale dipendente;

h) le sospensioni disposte dalla Stazione Appaltante, dal Direttore dei lavori, dal Coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione o dal R.U.P. per inosservanza delle misure di sicurezza dei lavoratori nel cantiere o inosservanza degli obblighi retributivi, contributivi, previdenziali o assistenziali nei confronti dei lavoratori impiegati nel cantiere;

i) le sospensioni disposte dal personale ispettivo del Ministero del lavoro e della previdenza sociale in relazione alla presenza di personale non risultante dalle scritture o da altra documentazione obbligatoria o in caso di reiterate violazioni della disciplina in materia di superamento dei tempi di lavoro, di riposo giornaliero e settimanale, ai sensi dell'articolo 14 del Decreto n. 81 del 2008, fino alla relativa revoca.

2. Non costituiscono altresì motivo di proroga o differimento dell'inizio dei lavori, della loro mancata regolare o continuativa conduzione secondo il relativo programma o della loro ritardata ultimazione, i ritardi o gli inadempimenti di ditte, imprese, fornitori, tecnici o altri, titolari di rapporti contrattuali con la Stazione Appaltante, se l'Appaltatore non abbia tempestivamente denunciato per iscritto alla Committente medesima le cause imputabili a dette ditte, imprese o fornitori o tecnici.

3. Le cause di cui ai commi 1 e 2 non possono costituire motivo per la richiesta di proroghe di cui all'articolo 15, di sospensione dei lavori di cui all'articolo 16, per la disapplicazione delle penali di cui all'articolo 18, né per l'eventuale risoluzione del Contratto ai sensi dell'articolo 21.

Art. 21. Risoluzione del contratto per mancato rispetto dei termini

1. L'eventuale ritardo imputabile all'Appaltatore nel rispetto dei termini per l'ultimazione dei lavori superiore a 30 (trenta) giorni naturali consecutivi produce la risoluzione del contratto, a discrezione della Stazione Appaltante, e senza obbligo di ulteriore motivazione, ai sensi dell'art. 54 del presente Capitolato Speciale.

2. L'risoluzione del contratto trova applicazione dopo la formale messa in mora dell'Appaltatore con assegnazione di un termine che, salvo i casi d'urgenza, non può essere inferiore a 10 giorni, per compiere i lavori e in contraddittorio con il medesimo Appaltatore.

3. Nel caso di risoluzione del contratto la penale di cui al precedente articolo 18, comma 1, è computata sul periodo determinato sommando il ritardo accumulato dall'Appaltatore rispetto al programma esecutivo dei lavori e il termine assegnato dal direttore dei lavori per compiere i lavori con la messa in mora di cui al comma 2.

4. Sono dovuti dall'Appaltatore i danni subiti dalla Stazione Appaltante in seguito alla risoluzione del contratto, comprese le eventuali maggiori spese connesse al completamento dei lavori affidato a terzi. Per il risarcimento di tali danni la Stazione Appaltante può trattenere qualunque somma maturata a credito dell'Appaltatore in ragione dei lavori eseguiti nonché rivalersi sulla garanzia fideiussoria.

CAPO 4. CONTABILIZZAZIONE DEI LAVORI

Art. 22. Eventuali lavori a corpo

1. La valutazione di eventuali lavori a corpo è effettuata secondo le specificazioni date nell'enunciazione e nella descrizione del lavoro a corpo, nonché secondo le risultanze degli elaborati grafici e di ogni altro allegato progettuale; il corrispettivo per il lavoro a corpo resta fisso e invariabile senza che possa essere invocata dalle parti contraenti alcuna verifica sulla misura o sul valore attribuito alla quantità di detti lavori.
2. Nel corrispettivo per l'esecuzione dei lavori a corpo s'intende sempre compresa ogni spesa occorrente per dare l'opera compiuta sotto le condizioni stabilite dal presente Capitolato speciale e secondo i tipi indicati e previsti negli atti progettuali. Pertanto nessun compenso può essere richiesto per lavori, forniture e prestazioni che, ancorché non esplicitamente specificati nella descrizione dei lavori a corpo, siano rilevabili dagli elaborati grafici o viceversa. Lo stesso dicasi per lavori, forniture e prestazioni tecnicamente e intrinsecamente indispensabili alla funzionalità, completezza e corretta realizzazione dell'opera appaltata secondo le regole dell'arte.
3. La contabilizzazione del lavoro a corpo è effettuata applicando all'importo netto di aggiudicazione le percentuali convenzionali relative alle singole categorie di lavoro, indicate nella tabella di cui all'articolo 5 del presente Capitolato Speciale, di ciascuna delle quali è contabilizzata la quota parte in proporzione al lavoro eseguito.
4. Gli oneri per la sicurezza, determinati nella tabella di cui all'articolo 2, comma 1, rigo 2 del presente Capitolato Speciale, sono valutati a corpo in base all'importo previsto separatamente dall'importo dei lavori negli atti progettuali e nella Lettera di Invito, secondo la percentuale stabilita nella predetta tabella, intendendosi come eseguita e liquidabile la quota parte proporzionale a quanto eseguito. La liquidazione di tali oneri è subordinata all'assenso del coordinatore per la sicurezza e la salute in fase di esecuzione.

Art. 23. Lavori a misura

1. La misurazione e la valutazione dei lavori a misura sono effettuate secondo le specificazioni date nel presente capitolato speciale e nell'enunciazione delle singole voci in elenco; in caso diverso sono utilizzate per la valutazione dei lavori le dimensioni nette delle opere eseguite rilevate in loco, senza che l'Appaltatore possa far valere criteri di misurazione o coefficienti moltiplicatori che modifichino le quantità realmente poste in opera.
2. Non sono comunque riconosciuti nella valutazione aumenti dimensionali di alcun genere non rispondenti ai disegni di progetto se non saranno stati preventivamente autorizzati dal direttore dei lavori.
3. Nel corrispettivo per l'esecuzione dei lavori a misura s'intende sempre compresa ogni spesa occorrente per dare l'opera compiuta sotto le condizioni stabilite dal presente Capitolato speciale e secondo i tipi indicati e previsti negli atti progettuali.
4. La contabilizzazione delle opere e delle forniture dei lavori a misura è effettuata applicando alle quantità eseguite i prezzi unitari netti previsti dall'Elenco Prezzi Unitari, ribassati della percentuale di sconto offerta dall'Appaltatore in sede di gara. In ogni caso, l'importo delle lavorazioni e forniture previste per l'esecuzione delle opere è comprensivo, oltre che di tutti gli oneri previsti dal presente capitolato speciale d'appalto e negli altri documenti costituenti il contratto, delle seguenti prestazioni:

   a) Per i materiali. Ogni spesa, nessuna esclusa, per forniture, confezioni, trasporti, cali, perdite, sprechi, imposte e tasse, ecc. e ogni prestazione occorrente per darli pronti all'impiego, a piè d'opera o in qualsiasi punto del lavoro;

   b) Per gli operai ed i mezzi d'opera. Ogni spesa per prestazioni di utensili ed attrezzi, spese accessorie di ogni specie, trasporti, baracche per alloggi, ecc., nonché la spesa per l'illuminazione dei cantieri nel caso di lavoro notturno e le quote per assicurazioni sociali;

c) Per i noli. Ogni spesa per dare macchinari e mezzi di lavori a piè d'opera, pronti all'uso con gli accessori e quanto occorre al loro regolare funzionamento ed alla loro manutenzione (carburanti, lubrificanti, pezzi di ricambio, ecc.), nonché l'opera degli operatori e conducenti necessari al loro funzionamento, compresi anche gli oneri di trasporto, sia in andata che in ritorno, dal deposito dell'Appaltatore al luogo di impiego;

d) Per i lavori. Tutte le spese per i mezzi d'opera e per assicurazioni di ogni genere; tutte le forniture occorrenti; la lavorazione dei materiali e loro impiego secondo le specificazioni contenute nel Capitolato Speciale d'Appalto; le spese generali; le spese per eventuali occupazione di suolo pubblico o privato, ecc.

5. I suddetti prezzi sono invariabili ed indipendenti da ogni eventualità.
6. Devono inoltre intendersi sempre compresi tutti gli oneri per l'esecuzione dei lavori e la conseguente adozione di tutte le misure di sicurezza prescritte, la segnaletica, le opere di protezione ed in genere tutte le spese per opere provvisionali, nessuna esclusa; carichi, trasporti, scarichi e quanto occorre per dare i lavori compiuti a perfetta regola d'arte.
7. Tutti gli oneri e gli obblighi specificati nel presente articolo e negli altri del presente del Capitolato Speciale di Appalto, nonché nei documenti facenti parte integrante del contratto, si intendono accettati dall'Appaltatore in base ai suoi calcoli di convenienza.
8. L'Appaltatore si impegna a tenere fissi e costanti i prezzi unitari per tutta la durata del presente contratto, rinunciando espressamente sin d'ora alla possibilità di apportare agli stessi eventuali modifiche o maggiorazioni.
9. Gli oneri per la sicurezza determinati nella tabella di cui all'articolo 2, comma 1, rigo 2 del presente Capitolato Speciale, come evidenziati nell'apposita colonna rubricata «oneri sicurezza» nella tabella di cui all'articolo 5, sono valutati sulla base dei prezzi di cui all'elenco allegato al capitolato speciale, con le quantità rilevabili ai sensi del presente articolo.

Art. 24. Eventuali lavori in economia

1. La Stazione Appaltante ha facoltà di richiedere all'Appaltatore, nei limiti previsti dalla legislazione e dalla normativa vigente con le modalità previste dall'art. 179 del Regolamento DPR n. 207/2010, mediante singoli ordini di servizio, la fornitura di manodopera in economia o l'acquisto di materiali da liquidare su fattura, come segue:

a) per quanti riguarda i materiali, applicando il ribasso contrattuale ai prezzi unitari determinati ai sensi del successivo articolo 40;

b) per quanto riguarda i trasporti, i noli e il costo del personale o della manodopera, secondo i prezzi vigenti al momento della loro esecuzione, incrementati delle percentuali per spese generali e utili (se non già comprese nei prezzi vigenti) ed applicando il ribasso contrattuale esclusivamente su queste due ultime componenti.

2. Gli eventuali oneri per la sicurezza individuati in economia sono valutati senza alcun ribasso, fermo restando che alle componenti stimate o contabilizzate in termini di manodopera, noli e trasporti, si applicano i prezzi vigenti al momento della loro esecuzione incrementati delle percentuali per spese generali e utili nelle misure di cui al comma 3.
3. Ai fini di cui al comma 1, lettera b) e dal comma 2, le percentuali di incidenza delle spese generali e degli utili, sono determinate nella misura prevista dalle analisi dei prezzi integranti il progetto a base di gara o, in assenza di queste, nelle misure minime previste dall'articolo 32, comma 2, lettere b) e c), del D.P.R. n. 207 del 2010.

Art. 25. Contabilità e misurazione dei lavori - Valutazione dei manufatti e dei materiali a piè d'opera

1. La contabilità dei lavori verrà tenuta secondo le norme previste dall'art. 180 e seguenti del DPR n. 207/2010.
2. L'Appaltatore dovrà predisporre gli elaborati grafici necessari alla redazione della contabilità ed alla predisposizione delle misure, a tale scopo è tenuto a fornire il personale tecnico richiesto dalla Direzione Lavori.
   Non saranno tenuti in alcun conto i lavori eseguiti irregolarmente o non conformi al contratto, nonché quelli eseguiti in contraddizione agli ordini di servizio della Direzione Lavori, che tuttavia si riserva la facoltà di contabilizzare anche l'importo dei materiali a piè d'opera, in misura non superiore alla sua metà, ai sensi dell'art. 180, comma 5, del DPR n. 207/2010.
   Nel caso di compilazione di stato d'avanzamento lavori, la rata di acconto va commisurata all'importo del lavoro regolarmente ed effettivamente eseguito, misurato e registrato, in concorso e in contraddittorio con il tecnico incaricato dall'Appaltatore, a cui vanno aggiunti gli oneri di sicurezza e detratte le ritenute di legge.
3. Le unità di misura dei lavori compiuti al fine della contabilizzazione saranno le seguenti:
   metro (m), metro quadrato (m^2), metro cubo (m^3), kilogrammo (kg), cadauno (cad), ora lavorativa (ora).
4. Le unità di misura per la manodopera qualificata/specializzata al fine della contabilizzazione saranno le seguenti: a ora di lavoro effettivo;
   Gli operai dovranno essere idonei al lavoro per il quale sono richiesti e dovranno essere provvisti dei necessari attrezzi.
   L'Appaltatore è obbligato, senza compenso alcuno, a sostituire tutti quegli operai che non siano di gradimento alla Direzione dei lavori.
5. Le unità di misura per la contabilizzazione dei noleggi di macchinari saranno a ore di lavoro effettivo.
   Gli autocarri, le macchine, ecc. debbono essere in perfetto stato di servibilità e provvisti di tutti gli accessori necessari per il loro regolare funzionamento.
   Sono a carico esclusivo dell'Appaltatore la manutenzione degli autocarri, delle macchine, ecc.
   Il prezzo di noleggio delle macchine, attrezzi, ecc. comprende gli oneri relativi alla mano d'opera, al combustibile, ai lubrificanti, ai materiali di consumo, alle spese per il trasporto a piè d'opera, all'eventuale montaggio, smontaggio ed allontanamento di dette macchine, attrezzi, ecc.…
   Per gli autocarri il prezzo verrà corrisposto soltanto per le ore di effettivo lavoro, rimanendo escluso ogni compenso per qualsiasi altra causa o perditempo.
   Nei prezzi del noleggio degli autocarri è compresa anche la spesa per i materiali di consumo, la mano d'opera del conducente, e ogni altra spesa occorrente.
   Tutti i mezzi per i lavori in economia debbono essere forniti in pieno stato di efficienza e corrispondere alle prescritte caratteristiche.

CAPO 5. DISCIPLINA ECONOMICA

Art. 26. Anticipazione

Non è prevista la corresponsione, dell'anticipazione del prezzo, di cui all'art. 35, comma 18 del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i., in quanto i lavori oggetto dell'intervento rientrano tra quelli disciplinati dagli dall'art. 1 commi 2 e 3 del dlgs 50/2016 e s.m.i. Ad essi "non si applicano gli articoli 21 (Programma delle acquisizioni delle stazioni appaltanti) relativamente alla programmazione dei lavori pubblici, 70 (Avvisi di preinformazione) e 113 (Incentivi per funzioni tecniche). In relazione alla fase di esecuzione del contratto si applicano esclusivamente le norme che disciplinano il collaudo".

Art. 27. Pagamenti in acconto

1. Le rate di acconto sono dovute ogni qualvolta l'importo dei lavori eseguiti, contabilizzati ai sensi degli articoli 22, 23 e 24 del presente Capitolato, raggiunge un importo non inferiore a euro **200.000,00 (duecentomila)**, secondo quanto risultante dal Registro di contabilità e dallo Stato di avanzamento

lavori di cui rispettivamente agli articoli 188 e 194 del Regolamento generale.

2. La somma ammessa al pagamento è costituita dall'importo progressivo determinato nella documentazione di cui al comma 1:

a) al netto del ribasso d'asta contrattuale applicato agli elementi di costo come previsto all'articolo 2, comma 3;

b) incrementato della quota relativa degli oneri di sicurezza previsti nella tabella di cui all'articolo 5;

c) al netto della ritenuta dello 0,50% *(zero virgola cinquanta per cento*), a garanzia dell'osservanza delle norme in materia di contribuzione previdenziale e assistenziale, da liquidarsi, nulla ostando, in sede di conto finale;

d) al netto dell'importo degli stati di avanzamento lavori precedenti.

3. L'Appaltatore dovrà presentarsi nel giorno stabilito per la firma della contabilità; eventuali ritardi modificheranno i termini indicati nel presente articolo.

4. Entro 30 *(trenta)* giorni dal verificarsi delle condizioni di cui al comma 1 il direttore dei lavori redige la contabilità ed emette lo stato di avanzamento dei lavori, ai sensi dell'articolo 194 del d.P.R. n. 207 del 2010, che deve recare la dicitura: «lavori a tutto il ……» con l'indicazione della data di chiusura;

5. Entro i 20 (venti) giorni successivi il R.U.P. emette il conseguente certificato di pagamento, ai sensi dell'articolo 195 del d.P.R. n. 207 del 2010, che deve riportare esplicitamente il riferimento al relativo stato di avanzamento dei lavori, con l'indicazione della data di emissione. Provvede quindi a trasmettere il certificato di pagamento all'Appaltatore, autorizzandolo ad emettere la relativa fattura fiscale, nella quale devono essere indicati gli estremi del Contratto, dello Stato di Avanzamento Lavori cui si riferisce, il CIG e il CUP, e la dicitura "Emergenza Sisma 2012 Lombardia".

   La Stazione Appaltante provvede al pagamento della fattura entro 30 giorni dalla data di emissione.

6. Se i lavori rimangono sospesi per un periodo superiore a 45 (quarantacinque) giorni, per cause non dipendenti dall'Appaltatore, si provvede alla redazione dello stato di avanzamento e all'emissione del certificato di pagamento, prescindendo dall'importo minimo di cui al comma 1, solo ed esclusivamente nei seguenti casi:

a) Sospensione dei lavori al fine della redazione ed approvazione di una perizia di variante in aumento, di durata superiore a 45 (quarantacinque) giorni;

b) Sospensione dei lavori, a causa dell'abbassamento delle temperature nella stagione tardo autunnale e invernale, di durata superiore a 45 (quarantacinque) giorni che determina l'impossibilita' di eseguire gli stessi a regola d'arte;

c) Sospensione dei lavori per un periodo di 45 (quarantacinque) giorni per altre cause non dipendenti dall'Appaltatore;

7. L'emissione di ogni certificato di pagamento è subordinata:

a) all'acquisizione del DURC dell'Appaltatore, del subappaltatore o del cottimista a norma dell'articolo 53, comma 1 del presente Capitolato;

b) agli adempimenti di cui all'articolo 49 del presente Capitolato in favore dei subappaltatori e subcontraenti, se sono stati stipulati contratti di subappalto o subcontratti di cui allo stesso articolo;

c) all'ottemperanza alle prescrizioni di cui al successivo articolo 65 in materia di tracciabilità dei pagamenti;

d) alla consegna da parte dell'Appaltatore, di una autodichiarazione ai sensi dell'art. 29, comma 2 del D.Lgs. n. 276/2003, riferita sia all'Appaltatore che ai subappaltatori e cottimisti, relativa alla corresponsione ai lavoratori impegnati sul cantiere dei trattamenti retributivi, comprese le quote di fine rapporto, nonché dei contributi previdenziali e i premi assicurativi dovuti in relazione al periodo di esecuzione del contratto di appalto.

e) alla esibizione da parte dell'Appaltatore delle dichiarazioni previste dall'Ordinanza n. 178 del 2015

del Presidente di Regione Lombardia al punto 1.3, utilizzando gli schemi allegati alla stessa.

8. In caso di ritardo nel pagamento delle retribuzioni dovute al personale dipendente dell'Appaltatore, dei subappaltatori o dei soggetti titolari di subappalti e cottimi, impiegato nel cantiere, il R.U.P. invita per iscritto il soggetto inadempiente, ed in ogni caso l'Appaltatore, a provvedere entro 15 (quindici) giorni. Decorso infruttuosamente il suddetto termine senza che sia stata contestata formalmente e motivatamente la fondatezza della richiesta, la Stazione Appaltante provvede alla liquidazione del certificato di pagamento di cui al comma 5, trattenendo una somma corrispondente ai crediti vantati dal personale dipendente.

Art. 28. Pagamenti a saldo

1. Il conto finale dei lavori è redatto dal Direttore dei lavori entro 45 (quarantacinque) giorni dalla data della loro ultimazione, accertata con apposito verbale, e trasmesso al R.U.P.; col conto finale è accertato e proposto l'importo della rata di saldo, qualunque sia il suo ammontare, la cui liquidazione definitiva ed erogazione è subordinata all'emissione del certificato di collaudo provvisorio e alle condizioni di cui al successivo comma 5.
2. Il conto finale dei lavori deve essere sottoscritto dall'Appaltatore, su richiesta del R.U.P., entro il termine perentorio di 30 (trenta) giorni; se l'Appaltatore non firma il conto finale nel termine indicato, o se lo firma senza confermare le domande già formulate nel registro di contabilità, il conto finale si ha come da lui definitivamente accettato.
3. All'esito positivo del collaudo il R.U.P. rilascia il certificato di pagamento ai fini dell'emissione della fattura da parte dell'Appaltatore, relativo allo svincolo delle ritenute di cui al precedente art. 27, comma 2 del presente Capitolato. Il certificato di pagamento è rilasciato non oltre il novantesimo giorno dall'emissione del collaudo provvisorio.

   La Stazione Appaltante provvede al pagamento della fattura entro 30 giorni dalla data di emissione.
4. Sia l'emissione del certificato di pagamento, che il pagamento della rata di saldo non costituiscono presunzione di accettazione dell'opera, ai sensi dell'articolo 1666, secondo comma, del codice civile.
5. **Il pagamento della rata di saldo è subordinato alla presentazione della documentazione di cui all'art. 27 comma 7.**
6. **Il pagamento della rata di saldo è inoltre disposto solo a condizione che l'Appaltatore presenti apposita garanzia fideiussoria ai sensi dell'articolo 103, comma 6, del D. Lgs. 50/2016 e s.m.i., emessa nei termini e alle condizioni che seguono:**

a) un importo garantito almeno pari all'importo della rata di saldo, maggiorato dell'I.V.A. all'aliquota di legge, maggiorato altresì del tasso legale di interesse applicato al periodo di due anni;

b) efficacia dalla data di erogazione della rata di saldo con estinzione due anni dopo l'emissione del certificato di collaudo provvisorio.

c) prestata con atto di fideiussione rilasciato da una banca o da un intermediario finanziario autorizzato o con polizza fideiussoria rilasciata da impresa di assicurazione, conforme alla scheda tecnica 1.4, allegata al decreto ministeriale 12 marzo 2004, n. 123, in osservanza delle clausole di cui allo schema tipo 1.4 allegato al predetto decreto.

7. **Prima del pagamento della rata di saldo dei lavori, oltre alla presentazione della fidejussione di cui al punto 6 che precede, l'appaltatore dovrà presentare la fidejussione bancaria a copertura degli adempimenti assunti per la conservazione programmata dell'opera prevista dall'art. 58 comma 6 del presente capitolato speciale di appalto, e dal paragrafo 18 del Disciplinare di Gara.**

   La fideiussione bancaria dovrà prevedere espressamente la rinuncia al beneficio della preventiva escussione del debitore principale, la rinuncia all'eccezione di cui all'art. 1957, comma 2 del Cod.Civ. nonché l'operatività della garanzia medesima entro 15 giorni, a semplice richiesta scritta della stazione appaltante. Non si applicano le riduzioni previste dall'art. 93, c.7 del D.Lgs. n. 50/2016 e

s.m.i..
Il periodo di validità della fideiussione bancaria dovrà coincidere con l'intervallo di tempo costituito dagli anni offerti in sede di gara per la conservazione programmata delle opere eseguite, mentre l'importo della stessa fideiussione bancaria dovrà essere commisurato al valore cumulativo dei corrispondenti costi annui di conservazione programmata, indicati nella tabella prevista nel paragrafo 18 del Disciplinare di Gara.
La fideiussione sarà annualmente svincolata a fronte della completa e corretta esecuzione degli interventi di conservazione come sopra richiamati; la mancata completa o parziale esecuzione della conservazione programmata prevista annualmente comporterà l'incameramento della quota corrispondente al costo dei lavori da eseguire nel corso dell'anno di riferimento, secondo quanto previsto dalla Tabella di cui all'art. 18 del Disciplinare di gara.
La mancata costituzione di tale fideiussione costituisce inadempimento contrattuale e determina il diritto per la stazione appaltante di incamerare la garanzia fideiussoria definitiva di cui all'art. 35 del presente Capitolato Speciale di Appalto, fatti salvi i maggiori danni.

8. Salvo quanto disposto dall'articolo 1669 del codice civile, l'Appaltatore risponde per la difformità ed i vizi dell'opera, ancorché riconoscibili, purché denunciati all'accertamento, da parte della Stazione Appaltante entro 24 (ventiquattro) mesi dall'ultimazione dei lavori riconosciuta e accettata.
9. L'Appaltatore e il direttore dei lavori devono utilizzare la massima diligenza e professionalità, nonché improntare il proprio comportamento a buona fede, al fine di evidenziare tempestivamente i vizi e i difetti riscontabili nonché le misure da adottare per il loro rimedio.

Art. 29. Ritardi nel pagamento delle rate di acconto

1. In caso di ritardo nel pagamento delle rate di acconto, sono dovuti gli interessi in misura legale, ai sensi dell'art. 1284 c.c.
2. Il pagamento degli interessi avviene d'ufficio in occasione del pagamento, in acconto o a saldo, immediatamente successivo, senza necessità di domande o riserve.

Art. 30. Ritardi nel pagamento della rata di saldo

1. Per il pagamento della rata di saldo in ritardo rispetto al termine stabilito al precedente articolo 28, comma 3, per causa imputabile alla Stazione Appaltante, sulle somme dovute decorrono gli interessi legali, ai sensi dell'art. 1284 c.c.

Art. 31. Revisione prezzi e adeguamento del corrispettivo

1. Per i lavori di cui al presente Capitolato, è esclusa qualsiasi revisione dei prezzi e non trova applicazione l'articolo 1664, primo comma, del codice civile.

Art. 32. Anticipazione del pagamento di taluni materiali

1. Non è prevista l'anticipazione del pagamento sui materiali o su parte di essi.

Art. 33. Cessione del contratto e cessione dei crediti

1. E' vietata la cessione del contratto sotto qualsiasi forma; ogni atto contrario è nullo di diritto.
2. E' ammessa la cessione dei crediti, a condizione che il cessionario sia un istituto bancario o un intermediario finanziario iscritto nell'apposito Albo presso la Banca d'Italia, che nell'oggetto sociale sia previsto l'esercizio dell'attività di acquisto di crediti di impresa e che il contratto di cessione,

stipulato mediante atto pubblico o scrittura privata autenticata, sia notificato alla Stazione Appaltante prima dell'emissione del certificato di pagamento sottoscritto dal R.U.P.

3. Dall'atto di cessione dovrà desumersi l'entità del credito ceduto, il cessionario dello stesso, le modalità di pagamento ed i riferimenti bancari (codice IBAN) del cessionario medesimo. Il cessionario è tenuto a rispettare la normativa sulla tracciabilità di cui alla L.136/2010.
4. La cessione del credito da corrispettivo di appalto è efficace ed opponibile alla Committente qualora questa non la rifiuti con comunicazione da notificarsi al cedente e al concessionario entro 45 giorni dalla notifica.
5. La Stazione Appaltante potrà opporre al cessionario tutte le eccezioni opponibili al cedente in forza del contratto di appalto.

CAPO 6. CAUZIONI E GARANZIE

Art. 34. Cauzione provvisoria

1. Ai sensi dell'articolo 93 del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i., agli offerenti è richiesta una cauzione provvisoria, con le modalità e alle condizioni del Disciplinare di Gara.
2. In considerazione della natura delle prestazioni oggetto del contratto, che attengono ad un bene culturale vincolato e fortemente lesionato, e al grado di rischio ad esso connesso, l'importo della cauzione provvisoria, conformemente a quanto consentito dal citato art. 93, comma 1, è pari al 4% (*quattro per cento*) del prezzo base indicato nel Bando e nel Disciplinare di Gara.
3. La garanzia deve essere prestata in conformità allo schema-tipo 1.1. allegato al D.M. 123/2004.

Art. 35. Garanzia definitiva

- Ai sensi di quanto previsto dall'art 103 del D.Lgs. n.50/2016 e s.m.i. l'appaltatore per la sottoscrizione del contratto deve costituire una garanzia, denominata "garanzia definitiva" a sua scelta sotto forma di cauzione o fideiussione con le modalità di cui all'art. 93, commi 2 e 3 del D.Lgs. n.50/2016 e s.m.i.. rilasciata dai soggetti ivi indicati.
- La garanzia definitiva deve essere pari al 10% dell'importo contrattuale. In caso di aggiudicazione con ribassi superiori al 10% la garanzia da costituire è aumentata di tanti punti percentuali quanti sono quelli eccedenti il 10%; ove il ribasso sia superiore al 20%, l'aumento è di due punti percentuali per ogni punto di ribasso superiore al 20%.
- La garanzia fideiussoria deve prevedere espressamente la rinuncia al beneficio della preventiva escussione del debitore principale, la rinuncia all'eccezione di cui all'art. 1957, comma 2 del Cod. Civ. nonché l'operatività della garanzia medesima entro 15 giorni, a semplice richiesta scritta della stazione appaltante.
- La cauzione è prestata a garanzia dell'adempimento di tutte le obbligazioni del contratto e del risarcimento dei danni derivanti dall'eventuale inadempimento delle obbligazioni stesse, nonché a garanzia del rimborso delle somme pagate in più all'esecutore rispetto alle risultanze della liquidazione finale, salva comunque la risarcibilità del maggior danno verso l'Appaltatore.
- La stazione appaltante ha il diritto di valersi della cauzione, nei limiti dell'importo massimo garantito, per l'eventuale maggiore spesa sostenuta per il completamento dei lavori nel caso di risoluzione del contratto disposta in danno dell'esecutore, nonché per provvedere al pagamento di quanto dovuto dall'esecutore per le inadempienze derivanti dalla inosservanza di norme e prescrizioni dei

contratti collettivi, delle leggi e dei regolamenti sulla tutela, protezione, assicurazione, assistenza e sicurezza fisica dei lavoratori comunque presenti in cantiere.

- Nel caso in cui le inadempienze dell'aggiudicatario, abbiano indotto il committente a disporre la risoluzione del contratto la cauzione è escussa nella misura intera.
- Il committente può richiedere che l'aggiudicatario proceda alla reintegrazione della cauzione, ove questa sia venuta meno in tutto o in parte.
- In caso di inottemperanza la reintegrazione è effettuata a valere sulla somma da corrispondere all'Appaltatore.
- Ai sensi di quanto previsto dall'art. 103, c.5 del D.Lgs. n.50/2016 e s.m.i. la garanzia definitiva è progressivamente svincolata a misura dell'avanzamento dell'esecuzione nel limite massimo dell'80% (ottanta per cento) dell'iniziale importo garantito. L'ammontare residuo della cauzione definitiva deve permanere fino alla data di emissione del certificato di collaudo provvisorio. Lo svincolo è automatico, senza necessità di benestare del committente, con la sola condizione della preventiva consegna all'istituto garante, da parte dell'Appaltatore o del cessionario, degli stati di avanzamento dei lavori o di analogo documento, in originale o in copia autentica, attestanti l'avvenuta esecuzione. Sono nulle le pattuizioni contrarie o in deroga. Il mancato svincolo nei quindici giorni dalla consegna degli stati di avanzamento o della documentazione analoga costituisce inadempimento del garante nei confronti dell'impresa per la quale la garanzia è prestata.
- La garanzia, per il rimanente ammontare residuo del 20% (venti per cento), cessa di avere effetto ed è svincolata automaticamente all'emissione del certificato di collaudo provvisorio o comunque fino a dodici mesi dalla data di ultimazione dei lavori risultante dal relativo certificato. Lo svincolo e l'estinzione avvengono di diritto, senza necessità di ulteriori atti formali, richieste, autorizzazioni, dichiarazioni liberatorie o restituzioni.
- Ai sensi di quanto previsto dall'art. 103, c.3 del D.Lgs. n.50/2016 e s.m.i. la mancata costituzione della garanzia definitiva determina la decadenza dell'affidamento e l'acquisizione, da parte della stazione appaltante, della cauzione provvisoria presentata in sede di offerta, nonché l'aggiudicazione dell'appalto al concorrente che seguenella graduatoria.
- Ai sensi dell'articolo 103 comma 10 del D. Lgs. 50/2016 e s.m.i., in caso di raggruppamenti temporanei le garanzie fideiussorie e le garanzie assicurative sono presentate, su mandato irrevocabile, dalla mandataria in nome e per conto di tutti i concorrenti ferma restando la responsabilità solidale tra le imprese.

Art. 36. Riduzione delle garanzie

1. Ai sensi di quanto previsto dall'art. 93, c.7 del D.Lgs. n. 50/2016 e s.m.i.:
   "L'importo della garanzia, e del suo eventuale rinnovo, è ridotto del 50 per cento per gli operatori economici ai quali venga rilasciata, da organismi accreditati, ai sensi delle norme europee della serie UNI CEI EN 45000 e della serie UNI CEI EN ISO/IEC 17000, la certificazione del sistema di qualità conforme alle norme europee della serie UNI CEI ISO 9000.
   Si applica la riduzione del 50 per cento, non cumulabile con quella di cui al primo periodo, anche nei confronti delle microimprese, piccole e medie imprese e dei raggruppamenti di operatori economici o consorzi ordinari costituiti esclusivamente da microimprese, piccole e medie imprese.
   Nei contratti relativi a lavori, servizi o forniture, l'importo della garanzia e del suo eventuale rinnovo è ridotto del 30 per cento, anche cumulabile con la riduzione di cui al primo periodo, per gli operatori economici in possesso di registrazione al sistema comunitario di ecogestione e audit (EMAS), ai sensi del regolamento (CE) n. 1221/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 25 novembre 2009, o del 20 per cento per gli operatori in possesso di certificazione ambientale ai sensi della norma UNI EN ISO 14001.
   …….(omissis)……...
   Nei contratti relativi a lavori, servizi o forniture, l'importo della garanzia e del suo eventuale rinnovo è ridotto del 15 per cento, anche cumulabile con la riduzione di cui ai periodi primo, secondo, terzo per gli operatori economici che sviluppano un inventario di gas ad effetto serra ai

sensi della norma UNI EN ISO 14064-1 o un'impronta climatica (carbon footprint) di prodotto ai sensi della norma UNI ISO/TS 14067".

2. In caso di cumulo delle riduzioni, la riduzione successiva deve essere calcolata sull'importo che risulta dalla riduzione precedente.
3. Per fruire delle suddette riduzioni, gli operatori economici concorrenti dovranno indicare in sede di offerta il possesso dei relativi requisiti, allegando inoltre alla cauzione copia del documento di certificazione o idonea autocertificazione.
4. In caso di partecipazione alla gara di un Raggruppamento Temporaneo o Consorzio ordinario di concorrenti di tipo orizzontale, per poter usufruire delle suddette riduzioni le relative certificazioni dovranno essere possedute da tutte le imprese partecipanti al Raggruppamento o Consorzio.
5. In caso di partecipazione alla gara di un Raggruppamento Temporaneo o di Consorzio ordinario di concorrenti di tipo verticale le riduzioni sono accordate esclusivamente per le quote di incidenza delle lavorazioni appartenenti alle categorie assunte integralmente da imprese in raggruppamento in possesso delle certificazioni; tale beneficio non è frazionabile tra imprese che assumono lavorazioni appartenenti alla medesima categoria.
4. Il possesso del requisito di cui al comma 1 è comprovato dall'annotazione in calce all'attestazione SOA ai sensi dell'articolo 63, comma 3, del d.P.R. n. 207 del 2010.
5. In deroga al quanto previsto dal precedente comma 4, il possesso del requisito di cui al comma 1 può essere comprovato dalla certificazione rilasciata dall'organismo accreditato qualora l'impresa, in relazione allo specifico appalto, non sia tenuta al possesso dell'attestazione SOA in quanto assuntrice di lavori per i quali, in ragione dell'importo, sia sufficiente la classifica II.

Art. 37. Obblighi assicurativi a carico dell'Appaltatore

1. **Ai sensi dell'articolo 103 comma 7 del Codice dei Contratti, l'Appaltatore è obbligato, contestualmente alla sottoscrizione del contratto e in ogni caso almeno 10 (dieci) giorni prima della data prevista per la consegna dei lavori ai sensi dell'articolo 13 del presente Capitolato, a produrre una polizza assicurativa che tenga indenne la Stazione Appaltante da tutti i rischi di esecuzione e che preveda anche una garanzia di responsabilità civile per danni causati a terzi nell'esecuzione dei lavori. La polizza assicurativa è prestata da un'impresa di assicurazione autorizzata alla copertura dei rischi ai quali si riferisce l'obbligo di assicurazione.**
2. La copertura delle predette garanzie assicurative decorre dalla data di consegna dei lavori e cessa alle ore 24 del giorno di emissione del certificato di collaudo provvisorio e comunque decorsi 12 (dodici) mesi dalla data di ultimazione dei lavori risultante dal relativo certificato; in caso di emissione del certificato di collaudo provvisorio per parti determinate dell'opera, la garanzia cessa per quelle parti e resta efficace per le parti non ancora collaudate; a tal fine l'utilizzo da parte della Stazione Appaltante secondo la destinazione equivale, ai soli effetti della copertura assicurativa, ad emissione del certificato di collaudo provvisorio. Il premio è stabilito in misura unica e indivisibile per le coperture di cui ai commi 3 e 4. Le garanzie assicurative sono efficaci anche in caso di omesso o ritardato pagamento delle somme dovute a titolo di premio da parte dell'esecutore e sono prestate in conformità allo schema-tipo 2.3 allegato al d.m. n. 123 del 2004.

3. La garanzia assicurativa contro tutti i rischi di esecuzione da qualsiasi causa determinati deve coprire tutti i danni subiti dalla Stazione Appaltante a causa del danneggiamento o della distruzione totale o parziale di impianti e opere, anche preesistenti, salvo quelli derivanti da errori di progettazione, insufficiente progettazione, azioni di terzi o cause di forza maggiore; tale polizza deve essere stipulata nella forma «Contractors All Risks» (C.A.R.) e deve:

   a) prevedere una somma assicurata pari ai seguenti importi:

   Partita 1) per le opere oggetto del contratto: importo del contratto;

   Partita 2) per le opere preesistenti: € 500.000,00=;

   Partita 3) per le opere di demolizione e sgombero: € 50.000,00=.

b) essere integrata in relazione alle somme assicurate in caso di approvazione di lavori aggiuntivi affidati a qualsiasi titolo all'Appaltatore.

4. La garanzia assicurativa di responsabilità civile per danni causati a terzi (R.C.T.) deve essere stipulata per una somma assicurata (massimale/sinistro) pari ad euro 500.000,00.

   La garanzia deve prevedere l'indicazione specifica che tra le "persone" si intendono compresi i rappresentanti della Stazione Appaltante autorizzati all'accesso in cantiere, i componenti dell'ufficio di Direzione dei Lavori, il Coordinatore della sicurezza, i collaudatori.

5. Eventuali franchigie o scoperti previsti nel contratto di assicurazione non sono opponibili alla Stazione Appaltante.

6. Le garanzie di cui ai commi 3 e 4, prestate dall'Appaltatore coprono senza alcuna riserva anche i danni causati dalle imprese subappaltatrici e subfornitrici. Se l'Appaltatore è un raggruppamento temporaneo o un consorzio ordinario, giusto il regime delle responsabilità solidale disciplinato dall'articolo 48, comma 5, del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i., la garanzia assicurativa è prestata dall'impresa mandataria in nome e per conto di tutti i concorrenti raggruppati o consorziati. Nel caso di raggruppamenti temporanei o consorzi ordinari di tipo verticale di cui all'articolo 48, comma 6, del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i., le imprese mandanti assuntrici delle lavorazioni appartenenti alle categorie scorporabili, possono presentare apposite garanzie assicurative "pro quota" in relazione ai lavori da esse assunti.

CAPO 7. DISPOSIZIONI PER L'ESECUZIONE

Art. 38. Variazione dei lavori

1. Nessuna variazione può essere introdotta dall'esecutore di propria iniziativa, per alcun motivo, in difetto di autorizzazione della Stazione Appaltante, in persona del RUP. Il mancato rispetto di tale divieto comporta a carico dell'esecutore la rimessa in pristino delle opere nella situazione originale; il medesimo sarà inoltre tenuto ad eseguire, a proprie spese, gli interventi di rimozione e ripristino che dovessero essergli ordinati dalla Stazione Appaltante ed a risarcire tutti i danni per tale ragione sofferti dalla Stazione Appaltante stessa, fermo che in nessun caso può vantare compensi, rimborsi o indennizzi per i lavori medesimi.
2. La Stazione Appaltante si riserva la facoltà di introdurre nelle opere oggetto dell'appalto quelle varianti che a suo insindacabile giudizio ritenga opportune, senza che per questo l'Appaltatore possa pretendere compensi all'infuori del pagamento a conguaglio dei lavori eseguiti in più o in meno.
   Ove necessario, in caso di variazioni in aumento, all'Appaltatore sarà accordato un termine suppletivo, commisurato al tempo necessario all'esecuzione dei lavori oggetto di variante.
3. Ai sensi di quanto previsto dall'art. 149, comma 1 del D.Lgs. n.50/2016 e s.m.i., non sono considerate varianti in corso d'opera gli interventi disposti dal Direttore dei Lavori per risolvere aspetti di dettaglio, finalizzati a prevenire e ridurre i pericoli di danneggiamento o deterioramento dei beni tutelati, che non modificano qualitativamente l'opera e che non comportino una variazione in aumento o in diminuzione superiore al 20% *(venti per cento)* del valore di ogni singola categoria di lavorazione, nel limite del 10% *(dieci per cento*) dell'importo complessivo contrattuale, qualora vi sia disponibilità finanziaria nel quadro economico tra le somme a disposizione della Stazione Appaltante.

   Non sono riconosciute varianti al progetto esecutivo, prestazioni e forniture extra contrattuali di qualsiasi genere, eseguite senza preventivo ordine scritto della direzione lavori, recante anche gli estremi dell'approvazione da parte del RUP..
4. Ai sensi di quanto previsto dall'art. 149, comma 2 del D.Lgs. n. 50/2016 e s.m.i., sono ammesse, nel limite del 20% *(venti per cento)* in più dell'importo contrattuale, le varianti in corso d'opera rese necessarie, posta la natura e la specificità dei beni sui quali si interviene, per fatti verificatisi in corso d'opera, per rinvenimenti imprevisti o imprevedibili nella fase progettuale, per adeguare l'impostazione progettuale qualora ciò sia reso necessario per la salvaguardia del bene e per il perseguimento degli obiettivi dell'intervento, nonché le varianti giustificate dalla evoluzione dei criteri della disciplina del restauro.
5. Qualunque reclamo o riserva che l'Appaltatore si credesse in diritto di opporre, deve essere presentato per iscritto alla direzione lavori e al RUP prima dell'esecuzione dell'opera oggetto della contestazione. Non sono prese in considerazione domande di maggiori compensi su quanto stabilito in contratto, per qualsiasi natura o ragione, se non vi è accordo preventivo scritto prima dell'inizio dell'opera oggetto di tali richieste.
7. La variante deve comprendere, ove ritenuto necessario dal coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione, l'adeguamento del piano di sicurezza e di coordinamento di cui all'articolo 43 del presente Capitolato, con i relativi costi non assoggettati a ribasso, e con i conseguenti adempimenti di cui all'articolo 44, nonché l'adeguamento dei piani operativi di cui all'articolo 45 del presente Capitolato.
8. La perizia di variante o suppletiva è accompagnata da un atto di sottomissione che l'Appaltatore è tenuto a sottoscrivere in segno di accettazione.
9. La Stazione Appaltante potrà sempre ordinare l'esecuzione dei lavori in misura inferiore o superiore, rispetto a quanto previsto nel contratto, nel limite di un quinto dell'importo di contratto stesso, alle condizioni previste nel contratto originario. In tal caso l'Appaltatore non può far valere il diritto alla risoluzione del contratto e nulla gli spetta a titolo di indennizzo.
10. Durante il corso dei lavori l'Appaltatore può proporre alla DL eventuali variazioni migliorative, nell'ambito del limite di cui al comma 4, se non comportano rallentamento o sospensione dei lavori

e non riducono o compromettono le caratteristiche e le prestazioni previste dal progetto. Tali variazioni, previo accoglimento motivato da parte della DL devono essere approvate dal RUP, che ne può negare l'approvazione senza necessità di motivazione diversa dal rispetto rigoroso delle previsioni poste a base di gara.

Art. 39. Varianti per errori od omissioni progettuali

1. Ferma restando la responsabilità dei progettisti esterni, il contratto potrà essere modificato anche a causa di errori o di omissioni del progetto esecutivo, purchè nei limiti di cui al precedente articolo 38.

2. I titolari dell'incarico di progettazione sono responsabili dei danni subiti dalla Stazione Appaltante; si considerano errore od omissione di progettazione l'inadeguata valutazione dello stato di fatto, la mancata od erronea identificazione della normativa tecnica vincolante per la progettazione, il mancato rispetto dei requisiti funzionali ed economici prestabiliti e risultanti da prova scritta, la violazione delle norme di diligenza nella predisposizione degli elaborati progettuali.

Art. 40. Prezzi applicabili ai nuovi lavori e nuovi prezzi

1. Le eventuali variazioni sono valutate mediante l'applicazione dei prezzi di cui all'elenco prezzi contrattuale come determinati ai sensi dell'articolo 3, commi 2 e 3 del presente Capitolato Speciale.
2. Se tra i prezzi di cui all'elenco prezzi contrattuale di cui all'art. 3, comma 2 non sono previsti prezzi per i lavori in variante, si procede alla formazione di nuovi prezzi, in contraddittorio tra la Stazione Appaltante e l'Appaltatore, mediante apposito verbale di concordamento sottoscritto dalle parti e approvato dal RUP; i predetti nuovi prezzi sono desunti, in ordine di priorità:

a) dal prezzario di cui al comma 3, oppure, se non reperibili:

b) ragguagliandoli a quelli di lavorazioni consimili compresi nel contratto;

c) ricavandoli totalmente o parzialmente da nuove regolari analisi effettuate con riferimento ai prezzi elementari di mano d'opera, materiali, noli e trasporti alla data di formulazione dell'offerta.

3. Sono considerati prezzari ufficiali di riferimento

- Prezzario delle Opere Pubbliche della Regione Lombardia 2011 (voci dell'elenco prezzi con codice LO);
- Elenco prezzi per opere di riparazione e consolidamento sismico di edifici esistenti della Regione Emilia Romagna 2015 (voci dell'elenco prezzi con codice ER)
- Prezzario Regione Emilia-Romagna - deliberazione della giunta regionale 23 luglio 2012, n. 1048 - Pubblicazione DEI

Negli altri casi la valutazione economica deriva da analisi prezzi (voci dell'elenco prezzi con codice A)

4. Ove comportino maggiori spese rispetto alle somme previste nel quadro economico, i nuovi prezzi sono approvati dalla Stazione Appaltante su proposta del RUP, prima di essere ammessi nella contabilità dei lavori.
5. Tutti i nuovi prezzi saranno soggetti al ribasso d'asta offerto dall'Appaltatore in sede di gara.

CAPO 8. DISPOSIZIONI IN MATERIA DI SICUREZZA

Art. 41. Adempimenti preliminari in materia di sicurezza

1. Ai sensi dell'articolo 90, comma 9, e dell'allegato XVII al Decreto n. 81 del 2008, l'Appaltatore deve

trasmettere alla Stazione Appaltante, entro il termine prescritto da quest'ultima con apposita richiesta o, in assenza di questa, entro 30 giorni dall'aggiudicazione definitiva e comunque prima della stipulazione del contratto o, prima della redazione del verbale di consegna dei lavori se questi sono iniziati nelle more della stipula del contratto:

a) una dichiarazione dell'organico medio annuo, distinto per qualifica, corredata dagli estremi delle denunce dei lavoratori effettuate all'Istituto nazionale della previdenza sociale (INPS), all'Istituto nazionale assicurazione infortuni sul lavoro (INAIL) e alle casse edili;

b) una dichiarazione relativa al contratto collettivo stipulato dalle organizzazioni sindacali comparativamente più rappresentative, applicato ai lavoratori dipendenti;

c) Visura di iscrizione alla Camera di Commercio, Industria, Artigianato e Agricoltura;

d) il DURC, ai sensi dell'articolo 53, comma 2 del presente Capitolato Speciale;

e) il documento di valutazione dei rischi di cui al combinato disposto degli articoli 17, comma 1, lettera a), e 28, commi 1, 1-bis, 2 e 3, del Decreto n. 81 del 2008. Se l'impresa occupa fino a 10 lavoratori, ai sensi dell'articolo 29, comma 5, primo periodo, del Decreto n. 81 del 2008, la valutazione dei rischi è effettuata secondo le procedure standardizzate di cui al decreto interministeriale 30 novembre 2012 e successivi aggiornamenti.

f) una dichiarazione di non essere destinatario di provvedimenti di sospensione o di interdizione di cui all'articolo 14 del Decreto n. 81 del 2008.

2. Entro gli stessi termini di cui al comma 1, l'Appaltatore deve trasmettere al coordinatore per l'esecuzione il nominativo e i recapiti:

a) del proprio Responsabile del servizio prevenzione e protezione di cui all'articolo 31 del Decreto n. 81 del 2008;

b) del proprio Medico competente di cui all'articolo 38 del Decreto n. 81 del 2008;

c) l'accettazione del piano di sicurezza e di coordinamento di cui al successivo articolo 43, con le eventuali richieste di adeguamento di cui all'articolo 44;

d) il piano operativo di sicurezza di cui al successivo articolo 45.

3. Gli adempimenti di cui ai commi 1 e 2 devono essere assolti:

a) dall'Appaltatore, comunque organizzato anche nelle forme aggregate previste dall'art. 45 del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i., nonché, tramite questi, dai subappaltatori;

b) dal consorzio di cooperative o di imprese artigiane, oppure dal consorzio stabile, di cui all'articolo 45 comma 2, lettere b) e c) del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i., se il consorzio intende eseguire i lavori direttamente con la propria organizzazione consortile;

c) dalla consorziata del consorzio di cooperative o di imprese artigiane, oppure del consorzio stabile, che il consorzio ha indicato per l'esecuzione dei lavori, ai sensi degli articoli 48 comma 7 del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i., se il consorzio è privo di personale deputato alla esecuzione dei lavori; se sono state individuate più imprese consorziate esecutrici dei lavori gli adempimenti devono essere assolti da tutte le imprese consorziate indicate, per quanto di pertinenza di ciascuna di esse, per il tramite di una di esse appositamente individuata, sempre che questa abbia espressamente accettato tale individuazione;

d) da tutte le imprese raggruppate, per quanto di pertinenza di ciascuna di esse, per il tramite dell'impresa mandataria, se l'Appaltatore è un raggruppamento temporaneo di cui all'articolo 45, comma 2, lett. d) del D. Lgs. 50/2016 e s.m.i.; l'impresa affidataria, ai fini dell'articolo 89, comma 1, lettera i), del decreto 81/2008 è individuata nella mandataria, come risultante dell'atto di mandato;

e) da tutte le imprese consorziate, per quanto di pertinenza di ciascuna di esse, per il tramite dell'impresa individuata con l'atto costitutivo o lo statuto del consorzio, se l'Appaltatore è un consorzio ordinario di cui all'articolo 45, comma, 2 lett. e) del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i.; l'impresa affidataria, ai fini dell'articolo 89, comma 1, lettera i), del decreto 81 è individuata con il predetto atto costitutivo o statuto del consorzio;

f) dai lavoratori autonomi che prestano la loro opera in cantiere.

4. Fermo restando quanto previsto al successivo articolo 46, comma 3, l'impresa affidataria comunica alla Stazione Appaltante gli opportuni atti di delega di cui all'articolo 16 del decreto legislativo n. 81 del 2008.

5. L'Appaltatore deve assolvere gli adempimenti di cui ai commi 1 e 2, anche nel corso dei lavori ogni qualvolta nel cantiere operi legittimamente un'impresa esecutrice o un lavoratore autonomo non previsti inizialmente.

Art. 42. Organizzazione dei singoli cantieri e disposizioni per la sicurezza degli operatori

1. Ai sensi dell'articolo 97, comma 1, del Decreto n. 81 del 2008, l'Appaltatore è obbligato:

a) ad osservare le misure generali di tutela di cui agli articoli 15, 17, 18 e 19 del Decreto n. 81 del 2008 e all'allegato XIII allo stesso decreto nonché le altre disposizioni del medesimo decreto applicabili alle lavorazioni previste nel cantiere;

b) a rispettare e curare il pieno rispetto di tutte le norme vigenti in materia di prevenzione degli infortuni e igiene del lavoro e in ogni caso in condizione di permanente sicurezza e igiene, nell'osservanza delle disposizioni degli articolo da 108 a 155 del Decreto n. 81 del 2008 e degli allegati XVII, XVIII, XIX, XX, XXII, XXIV, XXV, XXVI, XXVII, XXVIII, XXIX, XXX, XXXI, XXXII, XXXIII, XXXIV, XXXV e XLI, allo stesso decreto;

c) a verificare costantemente la presenza di tutte le condizioni di sicurezza dei lavori affidati;

d) ad osservare le disposizioni del vigente Regolamento Locale di Igiene, per quanto attiene la gestione del cantiere, in quanto non in contrasto con le disposizioni di cui al comma 1.

2. L'Appaltatore predispone, per tempo e secondo quanto previsto dalle vigenti disposizioni, gli appositi piani per la riduzione del rumore, in relazione al personale e alle attrezzature utilizzate.

3. L'Appaltatore garantisce che le lavorazioni, comprese quelle affidate ai subappaltatori, siano eseguite secondo il criterio «incident and injury free».

4. L'Appaltatore dovrà provvedere, senza alcun compenso aggiuntivo:

- a tutte le opere di difesa del cantiere, con sbarramenti o segnalazioni in corrispondenza dei lavori e dei guasti in sede stradale, da attuarsi con cavalletti, fanali, nonché con i segnali prescritti, oltre a reti, barriere, ecc. .
- ai ripari ed alle armature degli scavi, ed in genere a tutte le opere provvisionali necessarie alla sicurezza dei terzi sia verso l'interno che verso l'esterno delle pertinenze stradali.
- a curare la costruzione dei ponteggi necessari ad assicurare l'esecuzione dei lavori in corrispondenza di ponti, sottovia e muri di sostegno stradali senza interferire con la viabilità delle strade sopra e sottopassanti, con la continuità dei corsi d'acqua ed in genere con l'integrità dei terreni confinanti;
- alle opere di protezione provvisoria per garantire il transito.
  Tali provvedimenti devono essere presi sempre a cura ed iniziativa dell'Appaltatore, ritenendosi impliciti negli ordini di esecuzione dei singoli lavori.
  Nel caso in cui le opere di difesa del cantiere fossero tali da turbare il regolare svolgimento della viabilità, prima dell'inizio dei lavori dovranno essere presi gli opportuni accordi di merito con la Direzione Lavori e con il coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione.
  In caso d'urgenza, l'Appaltatore ha obbligo di prendere ogni misura, anche di carattere eccezionale, per salvaguardare la sicurezza pubblica e/o l'incolumità dei lavoratori presenti, avvertendo nel contempo la Direzione Lavori ed il Coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione.
  In ogni caso l'Appaltatore non avrà diritto a compensi aggiuntivi oltre ai prezzi di contratto, qualunque siano le condizioni effettive nelle quali debbano eseguirsi i lavori.

5. L'Appaltatore resta unico responsabile, sia civilmente che penalmente, dei danni e degli incidenti che eventualmente fossero cagionati agli operatori e a terzi nel caso di non rispetto delle disposizioni

sopra riportate.

6. L'Appaltatore non può iniziare o continuare i lavori se è in difetto nell'applicazione di quanto stabilito all'articolo 41, commi 1, 2 e 5, oppure agli articoli 43, 44, 45 o 46 del presente Capitolato Speciale.

Art. 43. Piano di sicurezza e di coordinamento

1. L'Appaltatore è obbligato ad osservare scrupolosamente e senza riserve o eccezioni il piano di sicurezza e di coordinamento predisposto dal coordinatore per la sicurezza e messo a disposizione da parte della Stazione Appaltante, ai sensi dell'articolo 100 del Decreto n. 81 del 2008, in conformità all'allegato XV, punti 1 e 2, del Decreto n. 81 del 2008, corredato dal computo metrico estimativo dei costi per la sicurezza di cui al punto 4 dello stesso allegato, determinati all'articolo 2, comma 1, lettera b), del presente Capitolato speciale.
2. L'obbligo di cui al comma 1 è esteso altresì:

a) alle eventuali modifiche e integrazioni disposte autonomamente dal coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione in seguito a sostanziali variazioni alle condizioni di sicurezza sopravvenute alla precedente versione del piano di sicurezza e di coordinamento;

b) alle eventuali modifiche e integrazioni approvate o accettate dal coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione ai sensi del successivo articolo 44.

3. Se prima della stipulazione del contratto (a seguito di aggiudicazione ad un raggruppamento temporaneo di imprese) oppure nel corso dei lavori (a seguito di autorizzazione al subappalto o di subentro di impresa ad altra impresa raggruppata estromessa ai sensi dell'articolo 48, commi 17 o 18 del D.Lgs. n. 50/2016 e s.m.i.) si verifica una variazione delle imprese che devono operare in cantiere, il coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione deve provvedere tempestivamente:

a) ad adeguare il PSC, se necessario;

b) ad acquisire i POS delle nuove imprese.

Art. 44. Modifiche e integrazioni al piano di sicurezza e coordinamento

1. L'Appaltatore può presentare al coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione una o più proposte motivate di modificazione o di integrazione al piano di sicurezza e di coordinamento, nei seguenti casi:

a) per adeguarne i contenuti alle proprie tecnologie oppure quando ritenga di poter meglio garantire la sicurezza nel cantiere sulla base della propria esperienza, anche in seguito alla consultazione obbligatoria e preventiva dei rappresentanti per la sicurezza dei propri lavoratori o a rilievi da parte degli organi di vigilanza;

b) per garantire il rispetto delle norme per la prevenzione degli infortuni e la tutela della salute dei lavoratori eventualmente disattese nel piano di sicurezza, anche in seguito a rilievi o prescrizioni degli organi di vigilanza.

2. Il coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione ha l'obbligo di pronunciarsi tempestivamente, con atto motivato da annotare sulla documentazione di cantiere, sull'accoglimento o il rigetto delle proposte presentate dall'Appaltatore; le decisioni del coordinatore sono vincolanti per l'Appaltatore.

3. Se entro il termine di tre giorni lavorativi dalla presentazione delle proposte dell'Appaltatore, prorogabile una sola volta di altri tre giorni lavorativi, il coordinatore per la sicurezza non si pronuncia:

a) nei casi di cui al comma 1, lettera a), le proposte si intendono accolte; l'eventuale accoglimento esplicito o tacito delle modificazioni e integrazioni non può in alcun modo giustificare variazioni in aumento o adeguamenti in aumento dei prezzi pattuiti, né maggiorazioni di alcun genere del corrispettivo;

b) nei casi di cui al comma 1, lettera b), le proposte si intendono accolte se non comportano variazioni in aumento o adeguamenti in aumento dei prezzi pattuiti, né maggiorazioni di alcun genere del

corrispettivo, diversamente si intendono rigettate.

4. Nei casi di cui al comma 1, lettera b), nel solo caso di accoglimento esplicito, se le modificazioni e integrazioni comportano maggiori costi per l'Appaltatore, debitamente provati e documentati, e se la Stazione Appaltante riconosce tale maggiore onerosità, trova applicazione la disciplina delle varianti.

Art. 45. Piano operativo di sicurezza

1. L'Appaltatore, entro 30 giorni dall'aggiudicazione e comunque prima dell'inizio dei lavori, deve predisporre e consegnare al direttore dei lavori o, se nominato, al coordinatore per la sicurezza nella fase di esecuzione, un piano operativo di sicurezza per quanto attiene alle proprie scelte autonome e relative responsabilità nell'organizzazione del cantiere e nell'esecuzione dei lavori. Il piano operativo di sicurezza, redatto ai sensi dell'articolo 89, comma 1, lettera h), del Decreto n. 81 del 2008 e del punto 3.2 dell'allegato XV al predetto decreto, comprende il documento di valutazione dei rischi di cui agli articoli 28 e 29 del citato Decreto n. 81 del 2008, con riferimento allo specifico cantiere e deve essere aggiornato ad ogni mutamento delle lavorazioni rispetto alle previsioni.
2. L'Appaltatore è tenuto ad acquisire i piani operativi di sicurezza, redatti dalle imprese subappaltatrici di cui all'art. 47 del presente Capitolato Speciale.
3. Il POS deve essere redatto da ciascuna impresa operante nel cantiere e consegnato alla Stazione Appaltante, per il tramite dell'Appaltatore, prima dell'inizio dei lavori per i quali esso è redatto.

   In ogni caso trova applicazione quanto previsto dall'articolo 41, comma 5 del presente Capitolato Speciale.
4. Ai sensi dell'articolo 96, comma 1-bis, del Decreto n. 81 del 2008, il piano operativo di sicurezza non è necessario per gli operatori che si limitano a fornire materiali o attrezzature; restano fermi per i predetti operatori gli obblighi di cui all'articolo 26 del citato Decreto n. 81 del 2008.
5. Il piano operativo di sicurezza, fermi restando i maggiori contenuti relativi alla specificità delle singole imprese e delle singole lavorazioni, deve avere in ogni caso i contenuti minimi previsti dall'allegato I al decreto interministeriale 9 settembre 2014 (pubblicato sulla G.U. n. 212 del 12 settembre 2014); esso costituisce piano complementare di dettaglio del PSC di cui al precedente articolo 43.

Art. 46. Osservanza e attuazione dei piani di sicurezza

1. L'Appaltatore è obbligato ad osservare le misure generali di tutela di cui all'articolo 15 del Decreto n. 81 del 2008, con particolare riguardo alle circostanze e agli adempimenti descritti agli articoli da 88 a 104 e agli allegati da XVI a XXV dello stesso decreto.
2. I piani di sicurezza devono essere redatti in conformità all'allegato XV al Decreto n. 81 del 2008, nonché alla migliore letteratura tecnica in materia.
3. L'Appaltatore è obbligato a comunicare tempestivamente prima dell'inizio dei lavori e quindi periodicamente, a richiesta della Stazione Appaltante o del coordinatore, l'iscrizione alla camera di commercio, industria, artigianato e agricoltura, l'indicazione dei contratti collettivi applicati ai lavoratori dipendenti e la dichiarazione circa l'assolvimento degli obblighi assicurativi e previdenziali. L'Appaltatore è tenuto a curare il coordinamento di tutte le imprese operanti nel cantiere, al fine di rendere gli specifici piani redatti dalle imprese subappaltatrici compatibili tra loro e coerenti con il piano presentato dall'Appaltatore. In caso di raggruppamento temporaneo o di consorzio ordinario di imprese detto obbligo incombe all'impresa mandataria; in caso di consorzio stabile o di consorzio di cooperative o di imprese artigiane tale obbligo incombe al consorzio. Il direttore tecnico di cantiere è responsabile del rispetto del piano da parte di tutte le imprese impegnate nell'esecuzione dei lavori.
4. Il piano di sicurezza e di coordinamento ed il piano operativo di sicurezza formano parte integrante del contratto di appalto. Le gravi o ripetute violazioni dei piani stessi da parte dell'Appaltatore, comunque accertate, previa formale costituzione in mora dell'interessato, costituiscono causa di risoluzione del contratto.

5. L’Appaltatore è solidalmente responsabile con i subappaltatori per gli adempimenti, da parte di questi ultimi, degli obblighi di sicurezza.

CAPO 9. DISCIPLINA DEL SUBAPPALTO

Art. 47. Subappalto

Art. 47.1: Subappalti

Il subappalto è il contratto con il quale l'appaltatore affida a terzi l'esecuzione di parte delle prestazioni o lavorazioni oggetto del contratto di appalto. Costituisce comunque subappalto qualsiasi contratto avente ad oggetto attività ovunque espletate che richiedono l'impiego di manodopera, quali le forniture con posa in opera e i noli a caldo, se singolarmente di importo superiore al 2% (*due per cento*) dell'importo delle prestazioni affidate o di importo superiore a € 100.000,00 e qualora l'incidenza del costo della manodopera e del personale sia superiore al 50% (*cinquanta per cento*) dell'importo del contratto da affidare.
Il subappalto è ammesso alle seguenti condizioni:

1. Il subappalto non può superare la **quota del 30% *(trenta per cento)*** dell'importo complessivo del contratto di lavori. Si precisa, inoltre, che per la **categoria scorporabile di lavori OS2-A**, classificata tra le "opere per le quali sono necessari lavori o componenti di notevole contenuto tecnologico o di rilevante complessità tecnica" (S.I.O.S.) l'eventuale subappalto non può superare il ***30% (trenta per cento)* dell'importo della categoria stessa** e, non può essere, senza ragioni obiettive, suddiviso. Ai sensi di quanto disposto dall'art. 1, c.2 del Decreto ministeriale n. 248 del 10/11/2016 il suddetto limite non è computato ai fini del raggiungimento del limite del 30% dell'importo complessivo del contratto di lavori.
2. L'affidamento in subappalto, previa autorizzazione della stazione appaltante subordinata all'acquisizione del Durc dell'Appaltatore e del subappaltatore, è sottoposto alle seguenti condizioni:
   - che l'affidatario del subappalto non abbia partecipato alla procedura per l'affidamento dell'appalto;
   - che il subappaltatore sia qualificato nella relativa categoria;
   - che l'operatore economico concorrente, all'atto dell'offerta, (compilando l'apposita Sezione D della Parte II^ "Informazioni concernenti i subappaltatori sulle cui capacità l'operatore economico non fa affidamento" del D.G.U.E. - Allegato 2) abbia indicato i lavori o le parti di opere che intende eventualmente subappaltare, o concedere in cottimo;
   - che non sussistano, nei confronti del subappaltatore, motivi di esclusione di cui all'art. 80 del D.Lgs. n.50/2016 e s.m.i. né alcuno dei divieti previsti dall'art. 67 del D.Lgs. n. 159/2011.

   Resta inteso che, qualora l'appaltatore non si sia avvalso in sede di offerta della facoltà di ricorrere al subappalto, è fatto divieto di subappaltare le prestazioni oggetto di contratto.

3. L'appaltatore deve provvedere al deposito presso la Stazione Appaltante del contratto di subappalto almeno 20 giorni prima della data di effettivo inizio dell'esecuzione delle prestazioni subappaltate; dal contratto di subappalto devono risultare, pena rigetto dell'istanza o revoca dell'autorizzazione eventualmente rilasciata:
   - la previsione che la validità del contratto di subappalto sia sottoposta alla condizione sospensiva dell'autorizzazione da parte della Committente;
   - l'inserimento delle clausole di tracciabilità finanziaria pena la possibilità di risoluzione del contratto ex art. 1456 c.c., così come disposto dall'Ordinanza del Presidente della Regione Lombardia n. 178/2015;
   - l'inserimento di una clausola risolutiva espressa ai sensi dell'art. 1456 c.c. con la quale si preveda la risoluzione del contratto nell'ipotesi in cui nei confronti della propria controparte venga emessa una informazione prefettizia interdittiva tipica, ovvero nel caso in cui venga espresso il diniego o disposta la cancellazione dell'iscrizione della stessa dagli elenchi prefettizi, nei settori contemplati dall'art. 5 bis, comma 2, del D.L. 74/2012, come disposto dall'Ordinanza del Presidente della Regione Lombardia n. 178/2015;
   - se al subappaltatore o al cottimista sono affidati parte degli apprestamenti, degli impianti o delle altre attività previste dal Piano di sicurezza e coordinamento di cui al punto 4 dell'allegato XV al Decreto n. 81 del 2008, le relative specificazioni e quantificazioni

economiche in coerenza con i costi di sicurezza previsti dal PSC;
- l'individuazione delle categorie, tra quelle previste dagli atti di gara con i relativi importi, al fine della verifica della qualificazione del subappaltatore o del cottimista e del rilascio del certificato di esecuzione lavori di cui all'art. 83 del Regolamento Generale;
- l'individuazione delle lavorazioni affidate, con i riferimenti alle lavorazioni previste dal contratto, in modo da consentire alla DL e al RUP la verifica del rispetto della condizione dei prezzi minimi;
- l'ambito operativo del subappalto sia in termini prestazionali che in termini economici.

4. Al momento del deposito del contratto di subappalto, avvalendosi del modello specificatamente predisposto dalla Stazione Appaltante, l'appaltatore dovrà trasmettere altresì:
   - dichiarazione circa la sussistenza o meno di eventuali forme di controllo o di collegamento, a norma dell'articolo 2359 del codice civile, con l'impresa alla quale è affidato il subappalto o il cottimo; in caso di raggruppamento temporaneo, società di imprese o consorzio, analoga dichiarazione dev'essere fatta da ciascuna delle imprese partecipanti al raggruppamento, società o consorzio;
   - documentazione attestante che il subappaltatore o il cottimista è in possesso dei requisiti prescritti dalla normativa vigente per la partecipazione alle gare di lavori pubblici, in relazione alla categoria e all'importo dei lavori da realizzare in subappalto o in cottimo;
   - una o più dichiarazioni del subappaltatore o del cottimista, rilasciate ai sensi degli articoli 46 e 47 del d.P.R. n. 445 del 2000, attestanti il possesso dei requisiti di ordine generale e assenza della cause di esclusione di cui all'articolo 80 del D.Lgs. n. 50/2016 e s.m.i.;
   - dichiarazione che sussista, nei confronti del subappaltatore o del cottimista, alcuno dei divieti previsti dall'articolo 67 del decreto legislativo n. 159 del 2011; a tale scopo:
     - se l'importo del contratto di subappalto è superiore ad euro 150.000,00, la condizione è accertata mediante acquisizione dell'informazione antimafia di cui all'articolo 91, comma 1, lettera c), del citato decreto legislativo n. 159 del 2011 acquisita con le modalità di cui all'articolo 66, comma 2 del C.S.A.;
     - il subappalto è vietato, a prescindere dall'importo dei relativi lavori, se per l'impresa subappaltatrice è accertata una delle situazioni indicate dagli articoli 84, comma 4, o 91, comma 7, del citato decreto legislativo n. 159 del 2011.
   - dichiarazione attestante la conformità delle macchine e delle attrezzature utilizzate, allegando per ciascuna di esse copia del libretto di assicurazione e di circolazione.

5. L'affidamento in subappalto e/o in cottimo dei lavori o di parti delle opere compresi nell'appalto potrà avvenire, solo a seguito di autorizzazione da rilasciarsi da parte della stazione appaltante, entro 30 (*trenta*) giorni dalla relativa richiesta; tale termine potrà essere prorogato una sola volta per giustificati motivi. Trascorso tale termine, senza che si sia provveduto, l'autorizzazione si intende concessa.
6. Per i subappalti o cottimi di importo inferiore al 2% (*due per cento*) dell'importo dei lavori affidati o di importo inferiore a € 100.000,00, i termini per il rilascio dell'autorizzazione da parte della stazione appaltante sono ridotti della metà.
7. L'appaltatore deve provvedere a sostituire i subappaltatori relativamente ai quali apposita verifica abbia dimostrato la sussistenza dei motivi di esclusione del citato art.80.
8. L'affidamento di lavori in subappalto o in cottimo comporta i seguenti obblighi:

a) L'Appaltatore deve praticare, per i lavori e le opere affidate in subappalto, i prezzi risultanti dall'aggiudicazione ribassati in misura non superiore al 20% (venti per cento), nel rispetto degli standard qualitativi e prestazionali previsti nel contratto di appalto e deve altresì garantire che il costo del lavoro sostenuto dal subappaltatore o dal cottimista non sia soggetto a ribasso;

b) se al subappaltatore o al cottimista sono affidati, in tutto o in parte, gli apprestamenti, gli impianti o le altre attività previste dal Piano di sicurezza e coordinamento di cui al punto 4 dell'allegato XV al Decreto n. 81 del 2008 connessi ai lavori in subappalto, i relativi oneri per la sicurezza sono pattuiti al prezzo originario previsto dal progetto, senza alcun ribasso; la Stazione Appaltante, per il tramite del direttore

dei lavori e sentito il coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione, provvede alla verifica dell'effettiva applicazione della presente disposizione;

c) nei cartelli esposti all'esterno del cantiere devono essere indicati anche i nominativi di tutte le imprese subappaltatrici, completi dell'indicazione della categoria dei lavori subappaltati e dell'importo dei medesimi;

d) Sia l'Appaltatore che le imprese subappaltatrici e i cottimisti devono osservare integralmente il trattamento economico e normativo stabilito dai contratti collettivi nazionale e territoriale in vigore per il settore e per la zona nella quale si svolgono i lavori e sono responsabili, in via tra loro solidale, dell'osservanza delle norme anzidette nei confronti dei loro dipendenti per le prestazioni rese nell'ambito del subappalto;

e) le imprese subappaltatrici, per tramite dell'Appaltatore, devono trasmettere alla Stazione Appaltante, prima dell'inizio dei lavori in subappalto:

e.1) la documentazione di avvenuta denunzia agli enti previdenziali, inclusa la Cassa edile, assicurativi ed antinfortunistici;

e.2) copia del proprio piano operativo di sicurezza in coerenza con i piani di cui agli articoli 43 e 45 del presente Capitolato speciale.

9. Le presenti disposizioni si applicano anche ai raggruppamenti temporanei di imprese e alle società anche consortili, quando le imprese riunite o consorziate non intendono eseguire direttamente i lavori scorporabili.
10. I lavori affidati in subappalto non possono essere oggetto di ulteriore subappalto pertanto il subappaltatore o il cottimista non può subappaltare a sua volta i lavori.
11. Come previsto dall'Ordinanza del Presidente della Regione Lombardia n. 178/2015, l'Appaltatore si impegna a dare immediata comunicazione alla Struttura Commissariale di supporto al Commissario delegato per l'emergenza sisma – Regione Lombardia ed alla Prefettura in caso di eventuale inadempimento della propria controparte degli obblighi di tracciabilità dei flussi finanziari.
12. L'impresa si impegna altresì ad interrompere immediatamente i rapporti di approvvigionamento con i fornitori della filiera che siano colpiti da informazione antimafia interdittiva ovvero da provvedimento di cancellazione da una delle "white list" o di diniego all'iscrizione nelle stesse.
13. L'Appaltatore resta in ogni caso responsabile nei confronti della Stazione Appaltante per l'esecuzione delle opere oggetto di subappalto, sollevando la medesima da ogni pretesa dei subappaltatori o da richieste di risarcimento danni avanzate da terzi in conseguenza all'esecuzione di lavori subappaltati.
14. Il direttore dei lavori e il R.U.P., nonché il coordinatore per l'esecuzione in materia di sicurezza di cui all'articolo 92 del Decreto n. 81 del 2008, provvedono a verificare, ognuno per la propria competenza, il rispetto di tutte le condizioni di ammissibilità e di esecuzione dei contratti di subappalto.
15. Il subappalto non autorizzato comporta inadempimento contrattualmente grave ed essenziale anche ai sensi dell'articolo 1456 del codice civile con la conseguente possibilità, per la Stazione Appaltante, di risolvere il contratto in danno dell'Appaltatore, ferme restando le eventuali sanzioni penali previste dall'articolo 21 della legge 13 settembre 1982, n. 646, come modificato dal decreto-legge 29 aprile 1995, n. 139, convertito dalla legge 28 giugno 1995, n. 246 (ammenda fino a un terzo dell'importo dell'appalto, arresto da sei mesi ad un anno).
16. Ai subappaltatori si applicano il successivo articolo 52, commi 3, 4 e 5, in materia di tessera di riconoscimento.

Art. 47.2 Subaffidamenti

1. I sub-affidamenti che non costituiscono subappalto, devono essere comunicati al R.U.P. e al coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione, entro il giorno feriale antecedente all'ingresso in cantiere dei soggetti sub-affidatari. L'Appaltatore deve comunicare il nome del sub-contraente, l'importo del sub-contratto e l'oggetto del lavoro affidato, utilizzando il modulo appositamente predisposto dalla Stazione Appaltante corredato dalla seguente documentazione:

   - contratto di subaffidamento o atto equivalente;

- dichiarazione del subaffidatario attestante la conformità delle macchine e delle attrezzature utilizzate, allegando per ciascuna di esse copia del libretto di circolazione e dell'assicurazione;

- elenco del personale autorizzato ad accedere al cantiere;

- dichiarazione attestante il rispetto della normativa in materia di sicurezza e salute dei lavoratori;

- dichiarazione del subaffidatario, in ottemperanza agli obblighi di tracciabilità previsti dall'art. 3 del Legge 136/2010.

L'Appaltatore è, altresì, obbligato a comunicare alla Stazione Appaltante eventuali modifiche a tali informazioni avvenute nel corso del sub-contratto.

Art. 48. Obbligo di iscrizione alle White List

1. Ai sensi dell'art. 2 c. 2 del d.P.C.M. 18 aprile 2013, come modificato con d.P.C.M. 24 novembre 2016 (pubblicato nella G.U. n. 25 del 31 gennaio 2017), nei casi di cui all'art. 1 c. 52 della L. n. 190/2012 e s.m.i., la stipula, l'approvazione o l'autorizzazione di contratti e subcontratti relativi a lavori, servizi e forniture pubblici, sono subordinati, ai fini della comunicazione e dell'informazione antimafia liberatoria, all'iscrizione dell'impresa nell'elenco dei fornitori, prestatori di servizi ed esecutori di lavori non soggetti a tentativo di infiltrazione mafiosa, operanti nei settori esposti maggiormente a rischio (cd. White list).

   Nello specifico, ai sensi dell'art. 1 c. 53 della L. n. 190/2012 e s.m.i., sono definite come maggiormente esposte a rischio di infiltrazione mafiosa le seguenti attività:

   a) trasporto di materiali a discarica per conto di terzi;
   b) trasporto, anche transfrontaliero, e smaltimento di rifiuti per conto di terzi;
   c) estrazione, fornitura e trasporto di terra e materiali inerti;
   d) confezionamento, fornitura e trasporto di calcestruzzo e di bitume;
   e) noli a freddo di macchinari;
   f) fornitura di ferro lavorato;
   g) noli a caldo;
   h) autotrasporti per conto di terzi;
   i) guardianìa dei cantieri.

2. La consultazione dell'elenco è la modalità obbligatoria attraverso la quale la stazione appaltante acquisisce la comunicazione e l'informazione antimafia ai fini della stipula, dell'approvazione o dell'autorizzazione di contratti e subcontratti relativi a lavori, servizi e forniture pubblici aventi ad oggetto le attività maggiormente esposte a rischio di infiltrazione mafiosa, indipendentemente dal loro valore.

   Pertanto le attività sopra elencate dovranno subappaltate o subaffidate esclusivamente a fornitori, prestatori di servizi ed esecutori di lavori iscritti nelle white list tenute dalle competenti Prefetture.

   A tal fine è fatto pertanto obbligo all'appaltatore di comunicare alla Diocesi di Mantova l'elenco delle imprese coinvolte nel piano di affidamento e relativi ai settori precedentemente indicati.

4. Per i soggetti che non risultano censiti nella Banca dati nazionale unica e che hanno presentato domanda di iscrizione nell'elenco, si osservano le disposizioni di cui all'art. 92 c. 2 e c. 3 del Codice antimafia.

Art. 49. Pagamento dei subappaltatori, cottimisti e subaffidatari

1. Salvo diverso accordo scritto, la Stazione Appaltante non provvede a corrispondere direttamente ai subappaltatori e ai cottimisti o subcontraenti diversi dai subappaltatori l'importo dei lavori da loro eseguiti.
2. Pertanto, l'Appaltatore è obbligato a trasmettere alla Stazione Appaltante, entro 20 (venti) giorni

dalla data di ciascun pagamento effettuato a proprio favore, copia delle fatture quietanzate relative ai pagamenti da esso corrisposti ai medesimi subappaltatori, cottimisti o subcontraenti con l'indicazione delle eventuali ritenute di garanzia effettuate.

3. Se l'Appaltatore non provvede nei termini agli adempimenti di cui al comma 2, la Stazione Appaltante sospende l'erogazione delle rate di acconto o di saldo fino a che l'Appaltatore non adempie a quanto previsto.

4. La Stazione Appaltante, in corso di esecuzione, si riserva, tuttavia, la facoltà di procedere direttamente al pagamento ai subappaltatori o cottimisti. In tal caso il pagamento sarà subordinato:

a) alla trasmissione da parte dell'Appaltatore entro 20 (venti) giorni dall'emissione di ciascun stato di avanzamento lavori, di una comunicazione che indichi la parte dei lavori eseguiti dai subappaltatori o dai cottimisti, specificando i relativi importi e la proposta motivata di pagamento.

b) all'assenza di contestazioni o rilievi da parte della DL, del RUP o del coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione e formalmente comunicate all'Appaltatore e al subappaltatore o al cottimista, relativi a lavorazioni eseguite dallo stesso subappaltatore o dal cottimista;

c) alla condizione che l'importo richiesto dal subappaltatore o dal cottimista, non ecceda l'importo dello Stato di avanzamento di cui alla lettera) e, nel contempo, sommato ad eventuali pagamenti precedenti, non ecceda l'importo del contratto di subappalto depositato agli atti della Stazione Appaltante;

d) all'acquisizione del DURC e di una autodichiarazione ai sensi dell'art. 29, comma 2 del D.Lgs. n. 276/2003 relativa alla corresponsione ai lavoratori impegnati sul cantiere dei trattamenti retributivi, comprese le quote di fine rapporto, nonché dei contributi previdenziali e i premi assicurativi dovuti in relazione al periodo di esecuzione del contratto di appalto.

e) all'ottemperanza alle prescrizioni di cui al successivo articolo 65 in materia di tracciabilità dei pagamenti;

f) alle limitazioni di cui al successivo articolo 53, comma 4.

In caso di pagamento diretto, la Stazione Appaltante può opporre al subappaltatore o al cottimista le eccezioni al pagamento costituite dall'assenza di una o più d'una delle condizioni di cui al comma 7, nonché l'esistenza di contenzioso formale dal quale risulti che il credito del subappaltatore non è assistito da certezza ed esigibilità, anche con riferimento all'articolo 1262, primo comma, del Codice civile.

CAPO 10. CONTROVERSIE, MANODOPERA, ESECUZIONE D'UFFICIO

Art. 50. Accordo transattivo

1. Insorgendo controversie su disposizioni impartite dal Direttore dei Lavori o sull'interpretazione di clausole contrattuali, l'Appaltatore potrà formulare riserve entro 20 giorni dalla firma del primo atto contabile successivo al verificarsi dei fatti che le motivano.

2. La formulazione delle riserve potrà effettuarsi con iscrizioni nel registro di contabilità oppure mediante lettera raccomandata. Quando i fatti che le motivano abbiano carattere continuativo o siano suscettibili di ulteriori o diversi sviluppi, le riserve stesse potranno limitarsi all'enunciazione degli elementi che le hanno motivate.

3. Le riserve circa le risultanze del collaudo debbono essere formulate entro 15 giorni dalla comunicazione del verbale di collaudazione. La formulazione delle riserve potrà effettuarsi con iscrizione nel verbale di collaudo oppure mediante lettera raccomandata.

4. Entro 15 giorni dalla formulazione delle riserve, il Direttore dei Lavori, nell'ipotesi di cui al primo comma, ovvero il Collaudatore, nell'ipotesi di cui al terzo comma, formulerà le proprie controdeduzioni e ne darà avviso al Responsabile Unico del Procedimento.

5. Le parti effettueranno un tentativo di conciliazione stragiudiziale, che dovrà essere formalizzato in un

accordo scritto, a pena di nullità.

6. Ove non si raggiunga un accordo entro i 30 giorni successivi, si procede a norma dell'articolo seguente.
7. Nelle more della risoluzione stragiudiziale delle controversie l'Appaltatore non può comunque rallentare o sospendere i lavori, né rifiutarsi di eseguire gli ordini impartiti dalla Stazione Appaltante. La sospensione parziale o totale dei lavori potrà peraltro essere autorizzata dal Responsabile Unico del Procedimento in vista di particolari motivi attinenti alle riserve formulate, oppure nei casi previsti dalla legge.

Art. 51. Definizione delle controversie

1. Ove non si raggiunga un accordo transattivo e l'Appaltatore confermi le riserve, la definizione di tutte le controversie derivanti dall'esecuzione del contratto è devoluta al Tribunale ordinario competente presso il Foro di Mantova ed è esclusa la competenza arbitrale.
2. La decisione sulla controversia dispone anche in ordine all'entità delle spese di giudizio e alla loro imputazione alle parti, in relazione agli importi accertati, al numero e alla complessità delle questioni.

Art. 52. Contratti collettivi e disposizioni sulla manodopera

1. L'Appaltatore è tenuto all'esatta osservanza di tutte le leggi, regolamenti e norme vigenti in materia, nonché eventualmente entrate in vigore nel corso dei lavori, e in particolare:

a) nell'esecuzione dei lavori che formano oggetto del presente appalto, l'Appaltatore si obbliga ad applicare integralmente il contratto nazionale di lavoro per gli operai dipendenti dalle aziende industriali edili e affini e gli accordi locali e aziendali integrativi dello stesso, in vigore per il tempo e nella località in cui si svolgono i lavori;

b) i suddetti obblighi vincolano l'Appaltatore anche se non è aderente alle associazioni stipulanti o receda da esse e indipendentemente dalla natura industriale o artigiana, dalla struttura o dalle dimensioni dell'impresa stessa e da ogni altra sua qualificazione giuridica;

c) è responsabile in rapporto alla Stazione Appaltante dell'osservanza delle norme anzidette da parte degli eventuali subappaltatori, cottimisti e subcontraenti, nei confronti dei rispettivi dipendenti, anche nei casi in cui il contratto collettivo non disciplini l'ipotesi del subappalto; il fatto che il subappalto non sia stato autorizzato non esime l'Appaltatore dalla responsabilità, e ciò senza pregiudizio degli altri diritti della Stazione Appaltante;

d) è obbligato al regolare assolvimento degli obblighi contributivi in materia previdenziale, assistenziale, antinfortunistica e in ogni altro ambito tutelato dalle leggi speciali.

2. In ogni momento il Direttore dei Lavori e, per suo tramite, il R.U.P., possono richiedere all'Appaltatore e ai subappaltatori copia del libro unico del lavoro di cui all'articolo 39 del D.L. n. 112/2008 convertito con legge 9 agosto 2008, n. 133, possono altresì richiedere i documenti di riconoscimento al personale presente in cantiere e verificarne la effettiva iscrizione nel predetto libro unico del lavoro dell'Appaltatore o del subappaltatore autorizzato.
3. Ai sensi degli articoli 18, comma 1, lettera u), 20, comma 3 e 26, comma 8, del Decreto n. 81 del 2008, nonché dell'articolo 5, comma 1, primo periodo, della legge n. 136 del 2010, l'Appaltatore è obbligato a fornire a ciascun soggetto occupato in cantiere una apposita tessera di riconoscimento, impermeabile ed esposta in forma visibile, corredata di fotografia, contenente le generalità del lavoratore, i dati identificativi del datore di lavoro e la data di assunzione del lavoratore. L'Appaltatore risponde dello stesso obbligo anche per i lavoratori dipendenti dai subappaltatori, cottimisti e subcontraenti autorizzati; la tessera dei predetti lavoratori deve riportare gli estremi dell'autorizzazione al subappalto. Tutti i lavoratori sono tenuti ad esporre detta tessera di riconoscimento.

4. Agli stessi obblighi devono ottemperare anche i lavoratori autonomi che esercitano direttamente la propria attività nei cantieri e il personale presente occasionalmente in cantiere che non sia dipendente dell'Appaltatore o degli eventuali subappaltatori (soci, artigiani di ditte individuali senza dipendenti, professionisti, fornitori esterni, collaboratori familiari e simili); tutti i predetti soggetti devono provvedere in proprio e, in tali casi, la tessera di riconoscimento deve riportare i dati identificativi del committente ai sensi dell'articolo 5, comma 1, secondo periodo, della legge n. 136 del 2010.
5. La violazione degli obblighi di cui ai commi 3 e 4 comporta l'applicazione, in capo al datore di lavoro, della sanzione amministrativa da euro 100 ad euro 500 per ciascun lavoratore. Il lavoratore munito della tessera di riconoscimento di cui al comma 3 che non provvede ad esporla è punito con la sanzione amministrativa da euro 50 a euro 300. Nei confronti delle predette sanzioni non è ammessa la procedura di diffida di cui all'articolo 13 del decreto legislativo 23 aprile 2004, n. 124.

Art. 53. Documento Unico di Regolarità contributiva (DURC)

1. La stipula del contratto, l'erogazione di qualunque pagamento a favore dell'Appaltatore, la stipula di eventuali atti di sottomissione o di appendici contrattuali, il rilascio delle autorizzazioni al subappalto, il collaudo di cui al successivo articolo 56, sono subordinate all'acquisizione del DURC.
2. Il DURC è acquisito dalla Stazione Appaltante. Qualora la Stazione Appaltante per qualunque ragione non sia abilitata all'accertamento d'ufficio della regolarità del DURC oppure il servizio per qualunque motivo inaccessibile per via telematica, il DURC deve essere presentato alla Stazione Appaltante dall'Appaltatore e, tramite esso, dai subappaltatori, tempestivamente e con data non anteriore a 120 (centoventi) giorni dall'adempimento di cui al comma 1.
3. Ai sensi dell'articolo 31, commi 4 e 5, della legge n. 98 del 2013, dopo la stipula del contratto il DURC è richiesto ogni 120 (centoventi) giorni, oppure in occasione del primo pagamento se anteriore a tale termine; il DURC ha validità di 120 (centoventi) giorni e nel periodo di validità può essere utilizzato esclusivamente per il pagamento delle rate di acconto e per il certificato di collaudo.
4. Ai sensi dell'articolo art. 30 comma 5 del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i. e dell'articolo 31, comma 3, della legge n. 98 del 2013, In caso di ottenimento del DURC che segnali un inadempimento contributivo relativo a uno o più soggetti impiegati nell'esecuzione del Contratto, in assenza di regolarizzazione tempestiva, la Stazione Appaltante:

   a) chiede tempestivamente ai predetti istituti e casse la quantificazione dell'ammontare delle somme che hanno determinato l'irregolarità, se tale ammontare non risulti già dal DURC;

   b) trattiene un importo corrispondente all'inadempimento, sui certificati di pagamento delle rate di acconto e sulla rata di saldo di cui agli articoli 27 e 28 del presente Capitolato Speciale;

   c) corrisponde direttamente agli enti previdenziali e assicurativi, compresa la Cassa edile, quanto dovuto per gli inadempimenti accertati mediante il DURC, in luogo dell'Appaltatore e dei subappaltatori;

   d) provvede alla liquidazione delle rate di acconto e della rata di saldo di cui agli articoli 27 e 28 del presente Capitolato Speciale, limitatamente alla eventuale disponibilità residua.
5. Fermo restando quanto previsto all'articolo 54, comma 2, lettera l), nel caso il DURC relativo al subappaltatore o al cottimista sia negativo per due volte consecutive, la Stazione Appaltante contesta gli addebiti al subappaltatore o al cottimista assegnando un termine non inferiore a 15 (quindici) giorni per la presentazione delle controdeduzioni; in caso di assenza o inidoneità di queste la Stazione Appaltante pronuncia la decadenza dell'autorizzazione al subappalto.

Art. 54. Risoluzione del contratto - Esecuzione d'ufficio dei lavori

1. La Stazione Appaltante ha facoltà di risolvere il contratto, mediante posta elettronica certificata, con messa in mora di 15 giorni, senza necessità di ulteriori adempimenti, oltre alle ipotesi di cui all'articolo 21 del presente Capitolato Speciale, nei seguenti casi:

a) al verificarsi della necessità di modifiche o varianti qualificate come sostanziali, secondo la definizione di cui al comma 4 dell'articolo 106, del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i., definizione che qui si intende richiamata e contrattualmente convenuta, o eccedenti i limiti o in violazione delle condizioni di cui all'articolo 38 del presente Capitolato Speciale;

b) all'accertamento della circostanza secondo la quale l'Appaltatore, al momento dell'aggiudicazione, ricadeva in una delle condizioni ostative all'aggiudicazione previste dall'articolo 80, comma 1, del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i., per la presenza di una misura penale definitiva di cui alla predetta norma.

2. Costituiscono altresì causa di risoluzione del contratto, e la Stazione Appaltante ha facoltà di risolvere il contratto con provvedimento motivato, i seguenti casi:

a) inadempimento alle disposizioni del direttore dei lavori riguardo ai tempi di esecuzione o quando risulti accertato il mancato rispetto delle ingiunzioni o diffide fattegli, nei termini imposti dagli stessi provvedimenti;

b) manifesta incapacità o inidoneità, anche solo legale, nell'esecuzione dei lavori;

c) inadempimento accertato alle norme di legge sulla prevenzione degli infortuni, la sicurezza sul lavoro e le assicurazioni obbligatorie del personale, oppure alla normativa sulla sicurezza e la salute dei lavoratori di cui al Decreto n. 81 del 2008 o ai piani di sicurezza di cui ai precedenti articoli 43 e 45, integranti il contratto, o delle ingiunzioni fattegli al riguardo dalla DL, dal RUP o dal coordinatore per la sicurezza;

d) sospensione dei lavori o mancata ripresa degli stessi da parte dell'Appaltatore senza giustificato motivo;

e) rallentamento dei lavori, senza giustificato motivo, in misura tale da pregiudicare la realizzazione dei lavori nei termini previsti dal contratto;

f) subappalto abusivo, associazione in partecipazione, cessione anche parziale del contratto o violazione di norme sostanziali regolanti il subappalto;

g) non rispondenza dei beni forniti alle specifiche di contratto e allo scopo dell'opera;

h) azioni o omissioni finalizzate ad impedire l'accesso al cantiere al personale ispettivo del Ministero del lavoro e della previdenza sociale o dell'A.S.L., oppure del personale ispettivo degli organismi paritetici, di cui all'articolo 51 del Decreto n. 81 del 2008;

i) applicazione di una delle misure di sospensione dell'attività irrogate ai sensi dell'articolo 14, comma 1, del Decreto n. 81 del 2008 ovvero l'azzeramento del punteggio per la ripetizione di violazioni in materia di salute e sicurezza sul lavoro ai sensi dell'articolo 27, comma 1-bis, del citato Decreto n. 81 del 2008;

l) ottenimento del DURC negativo per due volte consecutive; in tal caso il RUP, acquisita una relazione particolareggiata predisposta dalla DL, contesta gli addebiti e assegna un termine non inferiore a 15 (quindici) giorni per la presentazione delle controdeduzioni;

3. Costituiscono altresì causa di risoluzione del contratto, di diritto e senza ulteriore motivazione:

a) decadenza dell'attestazione SOA dell'Appaltatore per aver prodotto falsa documentazione o dichiarazioni mendaci;

b) il sopravvenire nei confronti dell'Appaltatore di un provvedimento definitivo che dispone l'applicazione di una o più misure di prevenzione di cui al decreto legislativo n. 159 del 2011 in materia antimafia e delle relative misure di prevenzione, oppure sopravvenga una sentenza di condanna passata in giudicato per i reati di cui all'articolo 80, comma 1, del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i.;

c) violazione delle norme sulla tracciabilità finanziaria secondo quanto sancito dall'art. 65 del presente Capitolato Speciale d'Appalto.

d) nullità assoluta, ai sensi dell'articolo 3, comma 8, primo periodo, della legge n. 136 del 2010, in caso di assenza, nel contratto, delle disposizioni in materia di tracciabilità dei pagamenti.

e) emissione a carico dell'Appaltatore di informazione prefettizia interdittiva tipica, come stabilita dagli artt. 91 e ss. del D.Lgs. 6 settembre 2011, n.159, e s.m.i., così come disposto dall'Ordinanza del Presidente di Regione Lombardia n. 178/2015.

4. Ai sensi dell'art. 110 D.Lgs 50/2016 e s.m.i., che deve intendersi richiamato e dalle parti contrattualmente convenuto, nei casi di risoluzione del contratto, come anche in caso di fallimento, di liquidazione coatta e concordato preventivo, ovvero di procedura di insolvenza concorsuale o di liquidazione dell'Appaltatore, o di recesso ai sensi dell'art. 88 , comma 4-ter, del decreto legislativo 6 settembre 2011 n. 159, la Stazione Appaltante interpella progressivamente i soggetti che hanno partecipato all'originaria procedura di gara, risultanti dalla relativa graduatoria, al fine di stipulare un nuovo contratto per l'affidamento dell'esecuzione o del completamento dei lavori, alle medesime condizioni già proposte dall'originario aggiudicatario in sede di offerta.

5. In caso di indisponibilità delle imprese che hanno partecipato all'originaria procedura di gara, la Stazione Appaltante procederà all'esecuzione d'ufficio deli lavori di completamento dei lavori, nel seguente modo:

a) Ponendo a base d'asta del nuovo appalto l'importo lordo dei lavori di completamento e di quelli da eseguire d'ufficio in danno, risultante dalla differenza tra l'ammontare complessivo lordo dei lavori posti a base d'asta nell'appalto originario, eventualmente incrementato per perizie in corso d'opera oggetto di regolare atto di sottomissione o comunque approvate o accettate dalle parti, e l'ammontare lordo dei lavori eseguiti dall'Appaltatore inadempiente medesimo;

b) ponendo a carico dell'Appaltatore inadempiente:

- L'eventuale maggiore costo derivante dalla differenza tra importo netto di aggiudicazione del nuovo appalto per il completamento dei lavori e l'importo netto degli stessi risultante dall'aggiudicazione effettuata in origine all'Appaltatore inadempiente;
- l'eventuale maggiore costo derivato dalla ripetizione della gara di appalto eventualmente andata deserta;
- l'eventuale maggiore onere per la Stazione Appaltante per effetto della tardata ultimazione dei lavori, delle nuove spese di gara e di pubblicità, delle maggiori spese tecniche di direzione, assistenza, contabilità e collaudo dei lavori, dei maggiori interessi per il finanziamento dei lavori, di ogni eventuale maggiore e diverso danno documentato, conseguente alla mancata tempestiva utilizzazione delle opere alla data prevista dal contratto originario.

6. Nei casi di risoluzione del contratto o di esecuzione di ufficio, la comunicazione della decisione assunta dalla Stazione Appaltante è comunicata all'Appaltatore con almeno 15 (quindici) giorni di anticipo rispetto all'adozione del provvedimento di risoluzione, nella forma dell'ordine di servizio o della raccomandata con avviso di ricevimento, anche mediante posta elettronica certificata, con la contestuale indicazione della data alla quale avrà luogo l'accertamento dello stato di consistenza dei lavori. Alla data comunicata dalla Stazione Appaltante si fa luogo, in contraddittorio fra la DL e l'Appaltatore o suo rappresentante oppure, in mancanza di questi, alla presenza di due testimoni, alla redazione dello stato di consistenza dei lavori, all'inventario dei materiali, delle attrezzature e dei mezzi d'opera esistenti in cantiere, nonché, nel caso di esecuzione d'ufficio, all'accertamento di quali materiali, attrezzature e mezzi d'opera debbano essere mantenuti a disposizione della Stazione Appaltante per l'eventuale riutilizzo e alla determinazione del relativo costo.

7. Nel caso l'Appaltatore sia un raggruppamento temporaneo di operatori, oppure un consorzio ordinario o un consorzio stabile, se una delle condizioni di cui agli art. 84, comma 4 o 91, comma 7 del D.Lgs. 159/2011 ricorre per un'impresa mandante o comunque diversa dall'impresa capogruppo, le cause di divieto o di sospensione di cui all'articolo 67 del predetto D.Lgs. 159/2011 non operano nei confronti delle altre imprese partecipanti se la predetta impresa è estromessa o sostituita entro trenta giorni dalla comunicazione delle informazioni del prefetto.

CAPO 11. DISPOSIZIONI PER L'ULTIMAZIONE

Art. 55. Ultimazione dei lavori e gratuita manutenzione

1. Al termine dei lavori e in seguito a richiesta scritta dell'Appaltatore il direttore dei lavori redige, entro 20 giorni dalla richiesta, il certificato di ultimazione; entro trenta giorni dalla data del certificato di ultimazione dei lavori il direttore dei lavori procede all'accertamento sommario della regolarità delle opere eseguite.
2. In sede di accertamento sommario, senza pregiudizio di successivi accertamenti, sono rilevati e verbalizzati eventuali vizi e difformità di costruzione che l'Appaltatore è tenuto a eliminare a sue spese nel termine fissato e con le modalità prescritte dal direttore dei lavori, fatto salvo il risarcimento del danno alla Stazione Appaltante. In caso di ritardo nel ripristino, si applica la penale per i ritardi prevista dall'articolo 18 del presente Capitolato Speciale, in proporzione all'importo della parte di lavori che direttamente e indirettamente traggono pregiudizio dal mancato ripristino e comunque non inferiore all'importo dei lavori di ripristino.
3. Dalla data del verbale di ultimazione dei lavori decorre il periodo di gratuita manutenzione; tale periodo cessa con l'approvazione finale del certificato di collaudo da parte della Stazione Appaltante, da effettuarsi entro i termini previsti dal successivo art. 56 del presente Capitolato Speciale.
4. La Stazione Appaltante si riserva di prendere in consegna parzialmente o totalmente le opere con apposito verbale immediatamente dopo l'accertamento sommario se questo ha avuto esito positivo, oppure nel termine assegnato dalla direzione lavori ai sensi dei commi precedenti.
5. Sino a che non sia intervenuto, con esito favorevole, l'approvazione del certificato di collaudo, la manutenzione delle stesse resta a carico dell'Appaltatore che la eseguirà nel rispetto delle norme di legge a tutela dell'incolumità pubblica, seguendo le eventuali prescrizioni fissate dal Committente, restando a suo carico ogni responsabilità sia civile che penale.
6. Per il periodo intercorrente tra l'esecuzione e l'approvazione del certificato di collaudo e salve le maggiori responsabilità sancite all'art. 1669 del Codice Civile, l'Appaltatore è garante delle opere e delle forniture eseguite, restando a suo esclusivo carico le riparazioni, sostituzioni e ripristini che si rendessero necessari.
7. L'Appaltatore deve eseguire la manutenzione delle opere con tempestività e cautela, provvedendo, di volta in volta, alle riparazioni necessarie, previo accordo con la Direzione Lavori. Nel caso in cui l'Appaltatore non provveda nei termini prescritti dalla Direzione Lavori con invito scritto, si procederà d'ufficio e la spesa, maggiorata del 10% per spese generali, sarà addebitata all'Appaltatore stesso.
8. Gli ammaloramenti o i dissesti delle opere oggetto dell'appalto, che si verificassero per fatto estraneo all'Appaltatore, nel periodo compreso tra l'ultimazione dei lavori e la redazione del certificato di collaudo, devono essere notificati alla Stazione Appaltante entro 5 (cinque) giorni dalla data dell'evento. Previa autorizzazione della Stazione Appaltante, l'Appaltatore sarà tenuto a provvedere tempestivamente alle riparazioni ed i relativi lavori verranno contabilizzati applicando i prezzi contrattuali.

Art. 56. Termini per il collaudo dei lavori regolare esecuzione

1. **Ai sensi dell'art. 1 comma 3 del D. Lgs 50/2016 e s.m.i., in relazione alla fase di esecuzione del contratto, si applica esclusivamente le norme che disciplinano il collaudo, di cui al D. Lgs 50/2016 e s.m.i.** Conseguentemente, ai sensi dell'art. 102 del D. Lgs. 50/2016 e s.m.i., il certificato di collaudo provvisorio è emesso entro il termine perentorio di sei mesi dall'ultimazione dei lavori ed ha carattere provvisorio. Esso assume carattere definitivo trascorsi due anni dalla data dell'emissione. Decorso tale termine, il certificato di collaudo si intende tacitamente approvato anche se l'atto formale di approvazione non sia intervenuto entro i successivi due mesi.
2. Trova applicazione la disciplina relativa al collaudo di cui al D.P.R. 207/2010 limitatamente agli articoli in vigore alla data di pubblicazione del bando della presente gara.

3. In particolare, ai sensi dell'articolo 234, comma 2, del Regolamento generale, la Stazione Appaltante, preso in esame l'operato e le deduzioni dell'organo di collaudo e richiesto, quando ne sia il caso, i pareri ritenuti necessari all'esame, effettua la revisione contabile degli atti e determina con apposito provvedimento, entro 60 (sessanta) giorni dalla data di ricevimento degli atti, sull'ammissibilità del certificato di collaudo, sulle domande dell'Appaltatore e sui risultati degli avvisi ai creditori
4. Fermo quanto previsto ai commi precedenti, ai sensi dell'art. 150 del D. Lgs. 50/2016 e s.m.i., per i lavori oggetto del presente appalto è obbligatorio il collaudo in corso d'opera.
5. Ai sensi dell'art. 102 comma 2 del Dlg. 50/2016 e s.m.i., il certificato di collaudo, nei casi espressamente individuati dal decreto di cui al comma 8 dell'art. 102, può essere sostituito dal certificato di regolare esecuzione rilasciato per i lavori dal direttore dei lavori.
6. Pertanto, fatti salvi i casi di diversa successiva determinazione della Stazione Appaltante o del verificarsi delle condizioni che rendano necessario o anche solo opportuno il collaudo dei lavori, in tutti i casi nei quali nel presente Capitolato speciale si fa menzione del "collaudo" si può intendere il "Certificato di regolare esecuzione" di cui all'articolo 102, comma 2, secondo periodo, e comma 8, del D.Lgs. n. 50/2016 e s.m.i. e all'articolo 237 del Regolamento generale.

Art. 57. Presa in consegna dei lavori ultimati

1. La Stazione Appaltante si riserva di prendere in consegna parzialmente o totalmente le opere appaltate anche nelle more degli adempimenti di cui al precedente articolo 56, con apposito verbale immediatamente dopo l'accertamento sommario di cui all'articolo 55, comma 1, oppure nel diverso termine assegnato dalla direzione lavori.
2. Se la Stazione Appaltante si avvale di tale facoltà, comunicata all'Appaltatore per iscritto, lo stesso Appaltatore non si può opporre per alcun motivo, né può reclamare compensi di sorta.
3. L'Appaltatore può chiedere che il verbale di cui al comma 1, o altro specifico atto redatto in contraddittorio, dia atto dello stato delle opere, onde essere garantito dai possibili danni che potrebbero essere arrecati alle opere stesse.
4. La presa di possesso da parte della Stazione Appaltante avviene nel termine perentorio fissato dalla stessa per mezzo del direttore dei lavori o per mezzo del R.U.P., in presenza dell'Appaltatore o di due testimoni in caso di sua assenza.
5. Se la Stazione Appaltante non intende o non si trova nella condizione di prendere in consegna le opere dopo l'ultimazione dei lavori, l'Appaltatore non può reclamare la consegna ed è altresì tenuto alla gratuita manutenzione fino ai termini previsti dall'articolo 55, comma 3 del presente Capitolato speciale d'appalto.

CAPO 12. NORME FINALI

Art. 58. Oneri e obblighi a carico dell'Appaltatore

1. Oltre a quanto già previsto nel presente Capitolato speciale, nonché a quanto previsto da tutti i piani per le misure di sicurezza fisica dei lavoratori, sono a carico dell'Appaltatore anche gli oneri e gli obblighi che seguono:

1.1 L'esecuzione di tutte le opere e provviste occorrenti per l'approntamento del cantiere con l'adozione di tutti i provvedimenti e le cautele necessarie per garantire l'incolumità degli operai e delle persone, sia addette ai lavori, sia terze comunque presenti o passanti sul luogo di lavoro e per evitare danni ai beni pubblici o di interesse pubblico o privato.
È fatto obbligo all'Appaltatore di smaltire tutti i rifiuti prodotti nell'ambito del cantiere secondo le attuali normative in materia (D.Lgs. 03/04/06 n.152 e s.m.i.) solo previa autorizzazione da parte della Direzione lavori e con presentazione alla stessa dei documenti giustificativi dello smaltimento (formulari, ecc.).

1.2 L'installazione e l'impiego di tutte le attrezzature e i mezzi d'opera adeguati, in relazione all'entità delle opere, tali da garantire il buon funzionamento e la celerità del cantiere, nonché la compatibilità dei mezzi impiegati con il tipo di lavoro da eseguirsi e con la sicurezza per gli operai.

1.3 **Esauriente ed esaustiva documentazione fotografica delle diverse fasi dei lavori e della fase conclusiva: in particolar modo, nel corso del cantiere dovranno essere redatte schede tecniche di intervento, ad opera di restauratore di beni culturali abilitato ai sensi della normativa vigente (art. 29, comma 6 del D. Lgs 42/2004 e s.m.i), e tavole grafiche di mappatura delle opere, allegando alla documentazione le schede tecniche dei prodotti impiegati.**

1.4 Redazione dei disegni e schemi "As Built" di tutte le opere realizzate (carpenterie metalliche, lignee, opere murarie, impiantistiche, ecc.) e dei restauri eseguiti, da consegnare in triplice copia in formato digitale (Dwg – Pdf e Jpeg) alla Stazione appaltante unitamente alle dichiarazioni di conformità degli impianti previste dal Decreto 22/01/2008 n° 37 – Regolamento concernente l'attuazione dell'art. 11 – quaterdiecies comma 13 lett. a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici, oltre alla corrispondente versione su file in formato Word e Dwg;

1.5 Redazione, alla fine delle opere di miglioramento sismico e restauro, della documentazione tecnica di **Consuntivo Scientifico** ai sensi dell'art. 250 del D.P.R. 207/2010, contenente una relazione sullo svolgimento e sull'esito dei lavori e ampia documentazione fotografica per la documentazione delle varie fasi dei lavori (es. aggiornamento elaborati di rilievo esecutivo – AS Built e mappatura degli interventi strutturali e di tutte le superfici con gli interventi eseguiti comprensivi delle carpenterie metalliche, opere lignee, murarie), e come prescritto anche dalla nota della competente Soprintendenza del 24 febbraio 2014 – Protocollo Cancelleria Vescovile n. 329/14, da consegnare in triplice copia alla Stazione appaltante, oltre alla corrispondente versione su file in formato digitale (Dwg – Pdf – Jpeg);

1.6 **Al termine dei lavori, e previa modifica dell'area di cantiere da part della Direzione Lavori, trasferimento, a cura e spesa dell'appaltatore, delle opere artistiche e degli elementi di arredo, attualmente collocate nella struttura provvisoria adiacente alla chiesa.**

1.7 Il ricevimento, lo scarico e il trasporto nei luoghi di deposito o nei punti di impiego secondo le disposizioni della direzione lavori, comunque all'interno del cantiere, dei materiali e dei manufatti esclusi dal presente appalto e approvvigionati o eseguiti da altre ditte per conto della Stazione Appaltante e per i quali competono a termini di contratto all'Appaltatore le assistenze alla posa in opera; i danni che per cause dipendenti dall'Appaltatore fossero apportati ai materiali e manufatti suddetti devono essere ripristinati a carico dello stesso Appaltatore;

1.8 La concessione, su richiesta della direzione lavori, a qualunque altra impresa alla quale siano affidati lavori non compresi nel presente appalto, l'uso parziale o totale dei ponteggi di servizio, delle impalcature, delle costruzioni provvisorie e degli apparecchi di sollevamento per tutto il tempo necessario all'esecuzione dei lavori che la Stazione Appaltante intenderà eseguire direttamente oppure a mezzo di altre ditte dalle quali, come dalla Stazione Appaltante, l'Appaltatore non potrà

pretendere compensi di sorta, tranne che per l'impiego di personale addetto ad impianti di sollevamento; il tutto compatibilmente con le esigenze e le misure di sicurezza;

1.9 La pulizia del cantiere e delle vie di transito e di accesso allo stesso, compreso lo sgombero dei materiali di rifiuto lasciati da altre ditte;

1.10 La pulizia, prima dell'uscita dal cantiere, dei propri mezzi e/o di quelli dei subappaltatori e l'accurato lavaggio giornaliero delle aree pubbliche in qualsiasi modo lordate durante l'esecuzione dei lavori;

1.11 Le spese, i contributi, i diritti, i lavori, le forniture e le prestazioni occorrenti per gli allacciamenti provvisori di acqua, energia elettrica, gas e fognatura, necessari per il funzionamento del cantiere e per l'esecuzione dei lavori, nonché le spese per le utenze e i consumi dipendenti dai predetti servizi; l'Appaltatore si obbliga a concedere, con il solo rimborso delle spese vive, a carico delle altre ditte che ne facciano uso, l'uso dei predetti servizi alle altre ditte che eseguono forniture o lavori per conto della Stazione Appaltante, sempre nel rispetto delle esigenze e delle misure di sicurezza;

1.12 Esecuzione, presso gli Istituti autorizzati, di tutte le prove che verranno ordinate dalla direzione lavori, sui materiali e manufatti impiegati o da impiegarsi nella costruzione, compresa la confezione dei campioni e l'esecuzione di prove di carico che siano ordinate dalla stessa direzione lavori su tutte le opere in calcestruzzo semplice o armato e qualsiasi altra struttura portante, nonché sulle opere in muratura, in legno, malte strutturali, fibre, acciaio, etc, previste nel computo metrico e/o impiegate e impiegabili in fase di cantiere e qualsiasi altra struttura portante, nonché prove di tenuta per le tubazioni e i materiali impiegati per la esecuzione di tutti gli impianti;

1.13 L'esecuzione di un'opera campione delle singole categorie di lavoro ogni volta che questo sia previsto specificatamente dal presente capitolato o sia richiesto dalla direzione dei lavori, per ottenere il relativo nullaosta alla realizzazione delle opere simili, nonché la fornitura al Direttore Lavori, prima della posa in opera di qualsiasi materiale o l'esecuzione di una qualsiasi tipologia di lavoro, della campionatura dei materiali, dei dettagli costruttivi e delle schede tecniche relativi alla posa in opera;

1.14 **Esecuzione di campionatura dei corpi illuminanti finalizzata a garantire la corretta luce artificiale di tutto lo spazio liturgico, come richiesto dal parere autorizzativo prot. n 227 del 18 gennaio 2017 rilasciato dalla competente Soprintendenza;**

1.15 **Esecuzioni di rilievi e restituzione grafica, durante il cantiere al fine di verificare lo stato di degrado dell'edificio così da garantire un supporto grafico in formato digitale, attraverso l'utilizzo di laser scanner, permettendo ai tecnici l'aggiornamento degli elaborati progettuali; tale necessità potrà ripetersi anche durante i successivi sopralluoghi in fase di cantiere richiesti dalla Soprintendenza., i rilievi dovranno essere eseguiti entro 15 giorni dalla richiesta formulata dalla Direzione Lavori;**

1.16 **Tutte le opere di scavo dovranno essere effettuate con l'assistenza di operatori archeologi operanti sotto la direzione scientifica della Soprintendenza Archeologia, Belle Art e paesaggio per le Province di Cremona, Lodi e Mantova (sezione Archeologia) ai sensi dell'art. 88 del D. Dlg. 42/2004. In particolare dovrà essere oggetto di assistenza archeologica lo scavo per la posa dei sottoservizi all'esterno dell'abside. Per quanto riguarda gli scavi all0interno della navata, si chiede di specificarne la profondità ai fini di una più completa valutazione dell'incidenza sui depositi stratigrafici di interesse archeologico.**

1.17 La fornitura e manutenzione dei cartelli di avviso, fanali di segnalazione notturna nei punti prescritti e quanto altro indicato dalle disposizioni vigenti a scopo di sicurezza, nonché l'illuminazione notturna del cantiere;

1.18 In caso di lavori puntuali, la costruzione e la manutenzione entro il recinto del cantiere di spazi idonei ad uso ufficio; in particolare dovranno essere messi a disposizione, dalla consegna dei lavori fino all'emissione del Certificato di Collaudo nell'ambito del cantiere principale, in posizione da concordare con il Direttore Lavori, adeguati locali ad uso ufficio per il personale di Direzione Lavori e d'assistenza e per il Coordinatore per l'Esecuzione dei Lavori, arredati, illuminati e riscaldati, oltre ad idonei servizi igienico-sanitari. I locali suddetti dovranno essere dotati di telefono ed avere la disponibilità di fax, fotocopiatrice, tavolo da disegno e Personal Computer. A carico dell'Appaltatore saranno, inoltre, le spese per la custodia, la pulizia, l'illuminazione e il riscaldamento, la manutenzione ordinaria e il canone telefonico fino a consegna dell'opera ultimata nel suo complesso.

L'impianto di adeguati edifici per l'alloggio del personale addetto ai lavori e per la loro mensa, dimensionati in relazione alle esigenze, dotati di servizi igienico - sanitari, con docce, debitamente illuminati e riscaldati, con allacciamenti idrico, elettrico e di smaltimento dei liquami, conformi alle normative vigenti. Tali fabbricati dovranno essere in un'idonea zona del cantiere, o in prossimità di esso, in modo da consentire l'accesso libero dall'esterno e la separazione dall'area destinata a cantiere vero e proprio. A riguardo degli alloggi e della mensa è consentito, in alternativa, stipulare apposite convenzioni con strutture alberghiere e/o locali dotati di idonea capacità d'accoglienza.

1.19 La predisposizione del personale e degli strumenti necessari per tracciamenti, rilievi, misurazioni, prove e controlli dei lavori tenendo a disposizione del direttore dei lavori i disegni e le tavole per gli opportuni raffronti e controlli, con divieto di darne visione a terzi e con formale impegno di astenersi dal riprodurre o contraffare i disegni e i modelli avuti in consegna;

1.20 La consegna, prima della smobilitazione del cantiere, di un certo quantitativo di materiale usato, per le finalità di eventuali successivi ricambi omogenei, previsto dal presente capitolato o precisato da parte della direzione lavori con ordine di servizio e che viene liquidato in base al solo costo del materiale;

1.21 Idonea protezione dei materiali impiegati e messi in opera a prevenzione di danni di qualsiasi natura e causa, nonché la rimozione di dette protezioni a richiesta della direzione lavori; nel caso di sospensione dei lavori deve essere adottato ogni provvedimento necessario ad evitare deterioramenti di qualsiasi genere e per qualsiasi causa alle opere eseguite, restando a carico dell'Appaltatore l'obbligo di risarcimento degli eventuali danni conseguenti al mancato od insufficiente rispetto della presente norma;

1.22 L'adozione, nel compimento di tutti i lavori, dei procedimenti e delle cautele necessarie a garantire l'incolumità degli operai, delle persone addette ai lavori stessi e dei terzi, nonché ad evitare danni ai beni pubblici e privati, osservando le disposizioni contenute nelle vigenti norme in materia di prevenzione infortuni; con ogni più ampia responsabilità in caso di infortuni a carico dell'Appaltatore, restandone sollevati la Stazione Appaltante, nonché il personale preposto alla direzione e sorveglianza dei lavori.

1.23 La dimostrazione dei pesi, a richiesta del Direttore Lavori, presso le pubbliche o private stazioni di pesatura.

1.24 Gli adempimenti della legge n. 1086 del 1971, al deposito della documentazione presso l'ufficio comunale competente e quant'altro derivato dalla legge sopra richiamata;

1.25 Il divieto pubblicare direttamente, ovvero di autorizzare terzi alla pubblicazione di notizie, fotografie, disegni e documenti cinematografici delle opere oggetto dell'appalto salvo esplicita autorizzazione scritta della Stazione Appaltante;

1.26 L'ottemperanza alle prescrizioni previste dal DPCM del 1 marzo 1991 e successive modificazioni in materia di esposizioni ai rumori;

1.27 Il completo sgombero del cantiere entro 15 giorni dal positivo collaudo provvisorio delle opere con perfetta pulizia del cantiere e delle sue pertinenze e ripristino dello stato dei luoghi antecedente l'esecuzione dei lavori.

1.28 La richiesta tempestiva dei permessi, sostenendo i relativi oneri, per l'eventuale chiusura al transito veicolare e pedonale (con l'esclusione dei residenti) delle strade urbane interessate dalle opere oggetto dell'appalto;

1.29 L'installazione di idonei dispositivi e/o attrezzature per l'abbattimento della produzione delle polveri durante tutte le fasi lavorative.

1.30 La fornitura degli operai e dei tecnici qualificati, nonché degli strumenti occorrenti per rilievi, tracciamenti e misurazioni relativi alle operazioni di consegna, verifica, contabilità e verifica della regolare esecuzione dei lavori, nonché le prestazioni occorrenti per le prove, le misurazioni e gli assaggi previsti nel Capitolato Speciale d'Appalto e di tutte quelle ulteriori che la Direzione Lavori ritenga opportuno effettuare.

1.31 La consegna, alla Stazione Appaltante, della documentazione prevista dalla normativa vigente in materia di sicurezza dei cantieri. Gli oneri e le responsabilità derivanti dall'inosservanza dei tempi stabiliti dalla Stazione Appaltante per l'incompletezza dei documenti di cui sopra, sono esclusivamente a carico dell'Appaltatore.

1.32 L'osservanza alle norme derivanti dalle vigenti leggi e dai decreti relativi alla prevenzione infortuni sul lavoro, all'igiene del lavoro, alle assicurazioni contro gli infortuni sul lavoro, alle previdenze varie per la disoccupazione involontaria, l'invalidità e la vecchiaia, per la tubercolosi e le altre

malattie professionali e di ogni altra disposizione in vigore, o che potrà intervenire in corso di appalto, per la tutela materiale e morale dei lavoratori.

1.33 L'organizzazione delle lavorazioni anche in orario notturno e/o nei giorni festivi, su specifica richiesta della D.L., nel rispetto delle norme previste dal CCNL applicato ai lavoratori, alle medesime condizioni e prezzi previsti in appalto.

1.34 Sono a carico dell'Appaltatore tutte le pratiche e gli oneri per l'occupazione temporanea o definitiva delle aree pubbliche o private per le strade di servizio, per l'accesso ai vari cantieri, per l'impianto dei cantieri stessi, per la loro illuminazione durante il lavoro notturno, per deviazioni o conservazioni provvisorie di strade ed acque pubbliche e private, per cave di prestito, per il conferimento in discariche autorizzate di materiali dichiarati inutilizzabili dalla Direzione Lavori e d'eventuali rifiuti anche speciali, nel rispetto della normativa vigente; per tutto quanto altro necessario all'esecuzione dei lavori resta in proposito precisato che l'Appaltatore, oltre ad essere tenuto ad eseguire a propria cura e spese le opere di consolidamento delle discariche che fossero ritenute necessarie, risponderà sempre e direttamente nei confronti dei terzi, per le succitate occupazioni, obbligandosi a sollevare da ogni corrispondente richiesta il Committente che pertanto, ed in ogni caso, rimane del tutto estraneo.

1.35 Ogni altro onere derivante dalla necessità di eseguire i lavori anche in presenza, nella zona dell'intervento, di cavidotti, impianti interrati di vario genere e linee aeree in esercizio, la cui individuazione, protezione ed eventuale rimozione, anche provvisoria, nel corso dei lavori rimane ad esclusivo carico dell'Appaltatore. L'Appaltatore resta peraltro totalmente responsabile degli eventuali danni causati a detti servizi, anche qualora la loro ubicazione, profondità, altezza non sia conforme e/o non indicata nel Progetto Definitivo-Esecutivo. Ogni intervento dovrà essere effettuato d'intesa con la Direzione Lavori ed in conformità alle prescrizioni fornite dai vari Enti Gestori dei servizi.

1.36 La comunicazione, nei giorni che saranno stabiliti dalla Direzione Lavori, di tutte le notizie relative all'impiego della mano d'opera. Per ogni giorno di ritardo, rispetto alla data fissata dalla Direzione Lavori, per l'invio delle suddette notizie, sarà applicata una multa pari al 10% della penalità prevista dal precedente art. 18, restando salvi, bene inteso, i più gravi provvedimenti che potranno essere adottati a suo carico, in analogia a quanto sanciscono il Regolamento e il Capitolato Generale relativamente all'irregolarità di gestione e per le più gravi inadempienze contrattuali, nonché la sospensione dell'erogazione dei pagamenti.

1.37 Le spese per l'acquisizione di tutte le certificazioni relative alle caratteristiche tecniche e di qualità di tutti i materiali utilizzati dall'Appaltatore per la realizzazione delle opere, da presentare alla Direzione Lavori contestualmente alla provvista dei materiali.

1.38 La fornitura di fotografie delle opere in corso nei vari periodi del loro sviluppo, nel numero e nelle dimensioni che saranno richieste dalla Direzione Lavori.

1.39 L'Appaltatore è tenuto ad informare tempestivamente la Stazione Appaltante, il Coordinatore Sicurezza per l'Esecuzione dei lavori e la Direzione Lavori di eventuali infortuni occorsi al proprio personale o ad Imprese terze all'interno del cantiere.

1.40 Nel caso venga prevista la possibilità di lavoro in contemporanea con altre Imprese presenti sui luoghi dei lavori in oggetto, ciò deve essere eseguito senza alcuna dilazione nei tempi o richiesta d'oneri aggiuntivi, anche qualora l'eventualità dovesse essere stata imposta dalla Stazione Appaltante medesima, e in tutti i casi previa approvazione da parte della Direzione Lavori e, comunque, nel pieno rispetto delle normative in materia di Sicurezza.

1.41 Fornire alla Direzione Lavori ed al Coordinatore Sicurezza per l'Esecuzione dei lavori, il numero del telefono fisso e mobile del Responsabile di Cantiere o dell'Appaltatore per il loro reperimento sollecito 24 ore su 24.

1.42 L'Appaltatore, inoltre, ai fini dell'applicazione delle normative sulla sicurezza e sulla salute sul luogo del lavoro, di cui al D.Lgs. n. 81/2008 e successive modificazioni ed integrazioni, dovrà formare e informare il proprio personale sui rischi specifici nell'ambiente in cui andrà ad operare. In ogni caso, l'Appaltatore si obbliga a far partecipare, prima dell'inizio dei lavori, il Direttore del Cantiere ed altri tecnici responsabili operativi dei lavori e/o il Responsabile della Sicurezza a riunioni di coordinamento ai fini di una reciproca informazione sui rischi specifici dell'appalto. In caso di sostituzione del Responsabile di Cantiere, l'incaricato dovrà essere sottoposto ad analogo incontro informativo. A tali incontri vi è l'obbligo di partecipare, pena la sospensione o, in caso di reiterato rifiuto, la risoluzione contrattuale.

1.43 I materiali in provvista dovranno essere trasportati in cantiere utilizzando di norma le strade provinciali, evitando, salvo cause di forza maggiore, la viabilità locale, al fine di arrecare il minor disagio possibile alla cittadinanza residente e per non danneggiare le strade comunali.

1.44 Se risulterà necessario ricorrere alla chiusura di alcune strade interessate dalle lavorazioni, l'Appaltatore dovrà fornire mezzi e personale in quantità adeguate alla tipologia delle lavorazioni da eseguire, al fine di limitare i tempi di chiusura delle strade allo stretto indispensabile. Prima della suddetta chiusura l'Appaltatore dovrà concordare con la Direzione Lavori, se non già previsto nel progetto, la segnaletica da apporre sui percorsi di deviazione del traffico veicolare e la durata delle lavorazioni. La comunicazione della chiusura dovrà avvenire con congruo anticipo, in modo da poter consentire agli Enti interessati l'emissione delle opportune Ordinanze e per darne conoscenza agli Organismi preposti alla sicurezza ed alla tutela della incolumità pubblica.

1.45 All'Appaltatore spettano tutti gli oneri per l'allontanamento dal cantiere dei materiali di risulta degli scavi in genere e delle demolizioni, dei quali non è previsto dal progetto il riutilizzo in cantiere, o nel caso in cui la Direzione Lavori accerti la non idoneità al riutilizzo, sempre nel rispetto della normativa vigente in materia di rifiuti. È fatto obbligo all'Appaltatore di smaltire tutti i rifiuti prodotti nell'ambito del cantiere secondo le attuali normative in materia (D.Lgs. 03/04/06 n.152 e s.m.i.) solo previa autorizzazione da parte della Direzione lavori e con presentazione alla stessa dei documenti giustificativi dello smaltimento (formulari, ecc.).

1.46 L'Appaltatore è tenuto a richiedere, prima della realizzazione dei lavori, presso tutti i soggetti diversi dalla Stazione Appaltante (Consorzi, privati, Provincia, gestori di servizi a rete e altri eventuali soggetti coinvolti o competenti in relazione ai lavori in esecuzione) interessati direttamente o indirettamente ai lavori, tutti i permessi necessari e a seguire tutte le disposizioni emanate dai suddetti per quanto di competenza, in relazione all'esecuzione delle opere e alla conduzione del cantiere, con esclusione dei permessi e degli altri atti di assenso aventi natura definitiva e afferenti il lavoro pubblico in quanto tale.

1.47 In caso di danni causati da forza maggiore a opere e manufatti nessun indennizzo è dovuto quando a determinare il danno abbia concorso la colpa dell'Appaltatore, del subappaltatore, subaffidatario o delle persone delle quali egli è comunque tenuto a rispondere.

1.48 L'Appaltatore è tenuto a prendere, tempestivamente ed efficacemente, tutte le misure preventive atte ad evitare i danni innanzi detti; in tutti i casi è tenuta alla loro riparazione a sua cura e spese.

1.49 La fedele esecuzione del progetto e degli ordini impartiti per quanto di competenza, dalla DL, in conformità alle pattuizioni contrattuali, in modo che le opere eseguite risultino a tutti gli effetti collaudabili, esattamente conformi al progetto e a perfetta regola d'arte, richiedendo alla DL tempestive disposizioni scritte per i particolari che eventualmente non risultassero da disegni, dal capitolato o dalla descrizione delle opere. In ogni caso l'Appaltatore non deve dare corso all'esecuzione di aggiunte o varianti non ordinate per iscritto ai sensi dell'articolo 1659 del codice civile;

1.50 Le responsabilità sulla non rispondenza degli elementi eseguiti rispetto a quelli progettati o previsti dal capitolato;

1.51 L'assunzione in proprio, tenendo indenne la Stazione Appaltante, di ogni responsabilità risarcitoria e delle relative obbligazioni comunque connesse all'esecuzione delle prestazioni dell'Appaltatore a termini di contratto;

1.52 Il mantenimento, fino all'emissione del collaudo della continuità degli scoli delle acque e del transito sugli spazi, pubblici e privati, adiacenti le opere da eseguire;

1.53 Installare e mantenere funzionante per tutta la necessaria durata dei lavori la cartellonista a norma del codice della strada atta ad informare il pubblico in ordine alla variazione della viabilità cittadina connessa con l'esecuzione delle opere appaltate. L'appaltatore dovrà preventivamente concordare tipologia, numero e posizione di tale segnaletica con il locale comando di polizia municipale e con il coordinatore della sicurezza;

1.54 Obbligo di attuazione di ogni misura di sicurezza integrativa e/o migliorativa rispetto a quelle già previste nei diversi piani di sicurezza (PSC – PSS – POS - PIMUS) su insindacabile richiesta del Coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione o del Responsabile dei Lavori / Procedimento che ne convalida la necessità per sopravvenute esigenze per obblighi di legge o per imprevisti;

1.55 La gratuita assistenza medica agli operai.

1.56 La stretta osservanza di quanto disposto dal D.Lgs 09/04/2008 n° 81 Attuazione dell'art. 1 della legge 3 agosto 2007 n° 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza dei luoghi di lavoro, dal Piano Operativo di Sicurezza e dall'eventuale PIMUS.

1.57 Ogni responsabilità in caso di infortuni ricadrà pertanto sul direttore tecnico di cantiere e sull'Esecutore restandone sollevata l'Amministrazione, nonché il suo personale preposto alla direzione e sorveglianza.

1.58 **Esecuzioni di tutti gli ulteriori saggi stratigrafici ed indagini, richiesti dalla Direzione Lavori, da eseguirsi entro 15 giorni dalla richiesta.**

2. Ai sensi dell'articolo 4 della legge n. 136 del 2010 la proprietà degli automezzi adibiti al trasporto dei materiali per l'attività del cantiere deve essere facilmente individuabile; a tale scopo la bolla di consegna del materiale deve indicare il numero di targa dell'automezzo e le generalità del proprietario nonché, se diverso, del locatario, del comodatario, dell'usufruttuario o del soggetto che ne abbia comunque la stabile disponibilità.

3. In caso di danni causati da forza maggiore a opere e manufatti, i lavori di ripristino o rifacimento sono eseguiti dall'Appaltatore ai prezzi di contratto decurtati della percentuale di incidenza dell'utile determinata con le modalità di cui all'articolo 24, comma 3 del presente Capitolato Speciale.

4. L'Appaltatore è altresì obbligato:

a) ad intervenire alle misure, le quali possono comunque essere eseguite alla presenza di due testimoni se egli, invitato, non si presenta;

b) a firmare i libretti delle misure, i brogliacci e gli eventuali disegni integrativi, sottopostogli dalla DL, subito dopo la firma di questi;

c) a consegnare alla DL, con tempestività, le fatture relative alle lavorazioni e somministrazioni previste dal presente Capitolato speciale e ordinate dalla DL che per la loro natura si giustificano mediante fattura;

d) a consegnare alla DL le note relative alle giornate di operai, di noli e di mezzi d'opera, nonché le altre provviste somministrate, per gli eventuali lavori previsti e ordinati in economia nonché a firmare le relative liste settimanali sottopostegli dalla DL.

5. L'Appaltatore deve produrre alla DL un'adeguata documentazione fotografica relativa alle lavorazioni di particolare complessità, o non più ispezionabili o non più verificabili dopo la loro esecuzione oppure a richiesta della DL. La documentazione fotografica, a colori e in formati riproducibili agevolmente, reca in modo automatico e non modificabile la data e l'ora nelle quali sono state fatte le relative riprese.

6. L'Appaltatore infine si obbliga, a far tempo dalla data del collaudo provvisorio, e per il numero di anni interi offerti in sede di gara, ad eseguire tutte le operazioni rientranti nella "conservazione programmata", così come dettagliatamente descritte nel Disciplinare di Gara al paragrafo 18 "Criterio di aggiudicazione" e qui richiamate:

- Operazioni di monitoraggio (*monitoraggio strutturale, controllo tirantature, controllo strutture lignee, ispezione generale stato murature*);
- Pulizia e verifica della lattoneria e delle impermeabilizzazioni realizzate;
- Manutenzione annuale programmata delle campane;
- Verifica annuale dell'impianto volatili;
- Manutenzione delle opere lignee restaurate;
- Manutenzione ordinaria delle vetrate
- Verifica degli impianti di illuminazione e conseguente manutenzione ordinaria e straordinaria;
- Verifica Messa a Terra e controllo periodico;
- Verifica degli impianti speciali e conseguente manutenzione ordinaria e straordinaria, se necessaria.
- Eventuale Certificazione linea vita

Le suddette operazioni dovranno essere accompagnate da una relazione tecnica annuale. A garanzia di detti interventi di conservazione programmata, l'Appaltatore è tenuto a prestare la fideiussione, prevista all'art. 28 comma 6 del presente Capitolato Speciale di Appalto.

Art. 59. Proprietà dei materiali di scavo e di demolizione

1. I materiali provenienti dalle escavazioni e dalle demolizioni sono di proprietà della Stazione Appaltante.
2. I materiali provenienti dalle escavazioni devono essere trasportati e regolarmente accatastati in cantiere secondo indicazioni di progetto o del direttore dei lavori, a cura e spese dell'Appaltatore, intendendosi quest'ultimo compensato degli oneri di trasporto e di accatastamento con i corrispettivi contrattuali previsti per gli scavi, mentre i materiali provenienti dalle demolizioni devono essere trasportati e regolarmente accatastati in discarica autorizzata, secondo le indicazioni del Direttore dei Lavori, a cura e spese dell'Appaltatore, intendendosi quest'ultimo compensato degli oneri di trasporto e di accatastamento con i corrispettivi contrattuali previsti per le demolizioni.
3. I materiali eventualmente riutilizzabili, potranno essere ceduti all'Appaltatore al prezzo ad essi convenzionalmente attribuito. Qualora di essi non esistesse la voce di reimpiego ed il relativo prezzo, questo verrà desunto dai prezzi di mercato per fornitura di materiali a piè d'opera, diviso per il coefficiente 1,10.
4. Al rinvenimento di oggetti di valore, beni o frammenti o ogni altro elemento diverso dai materiali di scavo e di demolizione, o per i beni provenienti da demolizione ma aventi valore scientifico, storico, artistico, archeologico o simili, si applica l'articolo 35 del capitolato generale d'appalto, fermo restando quanto previsto dall'articolo 91, comma 2, del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42.
5. E' fatta salva la possibilità, se ammessa, di riutilizzare i materiali di cui ai commi 1, 2 e 3, ai fini di cui al successivo articolo 60.

Art. 60. Utilizzo di materiali recuperati o riciclati

1. In attuazione del decreto del ministero dell'ambiente 8 maggio 2003, n. 203 e dei relativi provvedimenti attuativi di natura non regolamentare, la realizzazione di manufatti e la fornitura di beni di cui al comma 3, purché compatibili con i parametri, le composizioni e le caratteristiche prestazionali stabiliti con i predetti provvedimenti attuativi, deve avvenire mediante l'utilizzo di materiale riciclato utilizzando rifiuti derivanti dal post-consumo, nei limiti in peso imposti dalle tecnologie impiegate per la produzione del materiale medesimo.
2. I manufatti e i beni di cui al comma 1 sono i seguenti: (i)

a) coppi o laterizi recuperati per integrare il manto di copertura e ripristinare cornici decorative

3. L'Affidatario è obbligato a richiedere le debite iscrizioni al Repertorio del Riciclaggio per i materiali riciclati e i manufatti e beni ottenuti con materiale riciclato, con le relative indicazioni, codici CER, quantità, perizia giurata e ogni altra informazione richiesta dalle vigenti disposizioni.
4. L'Affidatario deve comunque rispettare le disposizioni in materia di materiale di risulta e rifiuti, di cui agli articoli da 181 a 198 e agli articoli 214, 215 e 216 del decreto legislativo n. 152 del 2006.

Art. 61. Terre e rocce da scavo

1. Sono a carico e a cura dell'Appaltatore tutti gli adempimenti imposti dalla normativa ambientale, compreso l'obbligo della tenuta del registro di carico e scarico dei rifiuti, indipendentemente dal numero dei dipendenti e dalla tipologia dei rifiuti prodotti. L'Appaltatore è tenuto in ogni caso al rispetto del decreto ministeriale 10 agosto 2012, n. 161.
2. E' altresì a carico e a cura dell'Appaltatore il trattamento delle terre e rocce da scavo (TRS) e la relativa movimentazione, ivi compresi i casi in cui terre e rocce da scavo:

a) siano considerate rifiuti speciali ai sensi dell'articolo 184 del decreto legislativo n. 152 del 2006;

b) siano sottratte al regime di trattamento dei rifiuti nel rispetto di quanto previsto dagli articoli 185 e 186 dello stesso decreto legislativo n. 152 del 2006 e di quanto ulteriormente disposto dall'articolo 20, comma 10-sexies della legge 28 gennaio 2009, n. 2.

3. Sono infine a carico e cura dell'Appaltatore gli adempimenti che dovessero essere imposti da norme sopravvenute.

Art. 62. Custodia del cantiere

1. Sono a carico e a cura dell'Appaltatore la custodia e la tutela del cantiere, di tutti i manufatti e dei materiali in esso esistenti, anche se di proprietà della Stazione Appaltante e ciò anche durante periodi di sospensione dei lavori e fino alla presa in consegna dell'opera da parte della Stazione Appaltante.
2. L'Appaltatore è tenuto a provvedere al mantenimento a deposito presso il cantiere, in perfetto stato di conservazione, del materiale consegnato dalle ditte fornitrici per tutto il tempo necessario, fino al momento dell'installazione in opera con relativa guardiania continuativa. In caso di sottrazione o furto nessuna responsabilità potrà essere imputata in capo al Committente.

Art. 63. Cartello di cantiere

1. L'Appaltatore deve predisporre ed esporre in sito numero 1 esemplari del cartello indicatore, con le dimensioni di almeno cm. 200 di base e 300 di altezza, recanti le descrizioni di cui alla Circolare del Ministero dei LL.PP. dell'1 giugno 1990, n. 1729/UL, nonché, se del caso, le indicazioni di cui all'articolo 12 del d.m. 22 gennaio 2008, n. 37, e comunque secondo quanto indicato dalla Direzione Lavori.
2. Il cartello di cantiere deve essere aggiornato periodicamente, in relazione all'eventuale mutamento delle condizioni ivi riportate.

Art. 64. Eventuale sopravvenuta inefficacia del contratto

1. Se il contratto è dichiarato inefficace in seguito ad annullamento dell'aggiudicazione per gravi violazioni, trova applicazione l'articolo 121 dell'allegato 1 al decreto legislativo n. 104 del 2010 (Codice del processo amministrativo).
2. Se il contratto è dichiarato inefficace in seguito ad annullamento dell'aggiudicazione per motivi diversi dalle gravi violazioni di cui al comma 1, trova applicazione l'articolo 122 dell'allegato 1 al decreto legislativo n. 104 del 2010.
3. Trovano in ogni caso applicazione, ove compatibili e in seguito a provvedimento giurisdizionale, gli articoli 123 e 124 dell'allegato 1 al decreto legislativo n. 104 del 2010.

Art. 65. Tracciabilità dei pagamenti

1. Ai sensi dell'articolo 3, commi 1 e 8, della legge n. 136 del 2010, gli operatori economici titolari dell'appalto, nonché i subappaltatori e i subcontraenti, devono comunicare all'Ente committente gli estremi identificativi dei conti correnti dedicati, anche se non in via esclusiva, accesi presso banche o presso Poste italiane S.p.A., entro 7 (sette) giorni dalla stipula del contratto oppure entro 7 (sette) giorni dalla loro accensione se successiva, comunicando altresì negli stessi termini le generalità e il codice fiscale delle persone delegate ad operare sui predetti conti. L'obbligo di comunicazione è esteso anche alle modificazioni delle indicazioni fornite in precedenza. In assenza delle predette comunicazioni l'Ente committente sospende i pagamenti e non decorrono i termini legali per l'applicazione degli interessi di cui all'articolo 29, commi 1 e 2, e 30 del presente Capitolato Speciale.
2. Tutti i movimenti finanziari relativi all'intervento:
   a) per pagamenti a favore dell'Appaltatore, dei subappaltatori, dei sub-contraenti, dei sub-fornitori

o comunque di soggetti che eseguono lavori, forniscono beni o prestano servizi in relazione all'intervento, devono avvenire mediante bonifico bancario o postale, ovvero altro mezzo che sia ammesso dall'ordinamento giuridico in quanto idoneo ai fini della tracciabilità;

b) i pagamenti di cui alla precedente lettera a) devono avvenire in ogni caso utilizzando i conti correnti dedicati di cui al comma 1;

c) i pagamenti destinati a dipendenti, consulenti e fornitori di beni e servizi rientranti tra le spese generali nonché quelli destinati all'acquisto di immobilizzazioni tecniche devono essere eseguiti tramite i conti correnti dedicati di cui al comma 1, per il totale dovuto, anche se non riferibile in via esclusiva alla realizzazione dell'intervento.

3. I pagamenti in favore di enti previdenziali, assicurativi e istituzionali, nonché quelli in favore di gestori e fornitori di pubblici servizi, ovvero quelli riguardanti tributi, possono essere eseguiti anche con strumenti diversi da quelli ammessi dal comma 2, lettera a), fermo restando l'obbligo di documentazione della spesa. Per le spese giornaliere, di importo inferiore o uguale a 1.500 euro possono essere utilizzati sistemi diversi da quelli ammessi dal comma 2, lettera a), fermi restando il divieto di impiego del contante e l'obbligo di documentazione della spesa.
4. Ogni pagamento effettuato con bonifico bancario o postale deve riportare, in relazione a ciascuna transazione, il CIG e il CUP di cui all'articolo 1, comma 5, i riferimenti al contratto e allo stato di avanzamento lavori e la dicitura "Emergenza Sisma 2012 Lombardia";
5. Fatte salve le sanzioni amministrative pecuniarie di cui all'articolo 6 della legge n. 136 del 2010:

   a) la violazione delle prescrizioni di cui al comma 2, lettera a), costituisce causa di risoluzione del contratto ai sensi dell'articolo 3, comma 9-bis, della citata legge n. 136 del 2010;

   b) la violazione delle prescrizioni di cui al comma 2, lettere b) e c), o ai commi 3 e 4, se reiterata per più di una volta, costituisce causa di risoluzione del contratto ai sensi dell'articolo 54 del presente Capitolato speciale.
6. I soggetti di cui al comma 1 che hanno notizia dell'inadempimento della propria controparte agli obblighi di tracciabilità finanziaria, di cui all'art. 3 della citata legge n. 136 del 2010, richiamati ai commi da 1 a 3, ne danno immediata comunicazione alla Stazione Appaltante, alla prefettura-ufficio territoriale del Governo territorialmente competente e alla Struttura Commissariale di supporto al Commissario delegato per l'emergenza sisma – Regione Lombardia.
7. Le clausole di cui al presente articolo devono essere obbligatoriamente riportate nei contratti sottoscritti con i subappaltatori e i subcontraenti della filiera delle imprese a qualsiasi titolo interessate all'intervento ai sensi del comma 2, lettera a); in assenza di tali clausole i predetti contratti sono nulli senza necessità di declaratoria.
8. Il mancato utilizzo del bonifico bancario o postale ovvero degli altri strumenti idonei a consentire la piena tracciabilità delle operazioni costituisce causa di risoluzione del contratto.

Art. 66. Disciplina antimafia

1. Ai sensi del decreto legislativo n. 159 del 2011, per l'Appaltatore non devono sussistere gli impedimenti all'assunzione del rapporto contrattuale previsti dagli articoli 6 e 67 del citato decreto legislativo, in materia antimafia; a tale fine devono essere assolti gli adempimenti di cui al comma 2. In caso di raggruppamento temporaneo o di consorzio ordinario, tali adempimenti devono essere assolti da tutti gli operatori economici raggruppati e consorziati; in caso di consorzio stabile, di consorzio di cooperative o di imprese artigiane, devono essere assolti dal consorzio e dalle consorziate indicate per l'esecuzione.
2. Prima della stipula del contratto deve essere acquisita la comunicazione antimafia di cui all'articolo 87 del decreto legislativo n. 159 del 2011, mediante la consultazione della Banca dati ai sensi degli articoli 96 e 97 del citato decreto legislativo.
3. Qualora in luogo della documentazione di cui al comma 2, in forza di specifiche disposizioni dell'ordinamento giuridico, possa essere sufficiente l'idonea iscrizione nella white list tenuta dalla competente prefettura (Ufficio Territoriale di Governo) nella sezione pertinente, la stessa

documentazione è sostituita dall'accertamento della predetta iscrizione, che deve essere consegnata dall'Appaltatore.

4. Ai sensi dell'art. 2 c. 2 del D.P.C.M. 18 aprile 2013, come modificato con D.P.C.M. 24 novembre 2016 (pubblicato nella G.U. n. 25 del 31 gennaio 2017), nei casi di cui all'art. 1 c. 52 della L. n. 190/2012 e s.m.i., la stipula, l'approvazione o l'autorizzazione di contratti e sub-contratti relativi a lavori, servizi e forniture pubblici, sono subordinati, ai fini della comunicazione e dell'informazione antimafia liberatoria, all'iscrizione dell'impresa nell'elenco dei fornitori, prestatori di servizi ed esecutori di lavori non soggetti a tentativo di infiltrazione mafiosa, operanti nei settori esposti maggiormente a rischio (cd. White list).

   Nello specifico, ai sensi dell'art. 1 c. 53 della L. n. 190/2012 e s.m.i., sono definite come maggiormente esposte a rischio di infiltrazione mafiosa le seguenti attività:
   a) trasporto di materiali a discarica per conto di terzi;
   b) trasporto, anche transfrontaliero, e smaltimento di rifiuti per conto di terzi;
   c) estrazione, fornitura e trasporto di terra e materiali inerti;
   d) confezionamento, fornitura e trasporto di calcestruzzo e di bitume;
   e) noli a freddo di macchinari;
   f) fornitura di ferro lavorato;
   g) noli a caldo;
   h) autotrasporti per conto di terzi;
   i) guardiania dei cantieri.

Art. 67. Normativa regionale

1. In considerazione del fatto che l'intervento in oggetto è inserito nell'allegato A dell'Ordinanza n. 209/2016 del Presidente della Regione Lombardia, con l'ID n. 105, le parti si impegnano al rispetto delle disposizioni regionale che disciplinano tali interventi.

2. In particolare, le parti si impegnano a rispettare quanto previsto:

- nell'Ordinanza del Presidente della Regione Lombardia n. 178/2015 e s.m.i.;
- nell'Ordinanza del Presidente della Regione Lombardia n. 209/2016 e s.m.i;
- nell'Ordinanza del Presidente della Regione Lombardia n. 263/2016 e s.m.i.;
- nell'Ordinanza del Presidente della Regione Lombardia n. 266/2016 e s.m.i..

Art. 68. Spese contrattuali, imposte, tasse

1. Sono a carico dell'Appaltatore senza diritto di rivalsa:

a) le spese contrattuali comprendenti le eventuali imposte di registro e di bollo, nonché le ulteriori che si rendessero eventualmente necessarie;

b) le tasse e gli altri oneri per l'ottenimento di tutte le licenze tecniche occorrenti per l'esecuzione dei lavori e la messa in funzione degli impianti;

c) le tasse e gli altri oneri dovuti ad enti territoriali (occupazione temporanea di suolo pubblico, passi carrabili, permessi di scarico, canoni di conferimento a discarica ecc.) direttamente o indirettamente connessi alla gestione del cantiere e all'esecuzione dei lavori;

2. Sono altresì a carico dell'Appaltatore tutte le spese di bollo per gli atti occorrenti per la gestione del lavoro, dalla consegna alla data di emissione del certificato di collaudo provvisorio.

3. Se, per atti aggiuntivi o risultanze contabili finali sono necessari aggiornamenti o conguagli delle somme per spese contrattuali, imposte e tasse di cui ai commi 1 e 2, le maggiori somme sono comunque a carico dell'Appaltatore.

4. A carico dell'Appaltatore restano inoltre le imposte e gli altri oneri, che, direttamente o indirettamente gravino sui lavori e sulle forniture oggetto dell'appalto.

5. Il contratto è soggetto all'imposta sul valore aggiunto (I.V.A.); l'I.V.A. è regolata dalla legge; tutti gli importi citati nel presente Capitolato speciale si intendono I.V.A. esclusa.

Allegato «A»	**CATEGORIA PREVALENTE (articoli 4 e 47 Capitolato speciale)**

n.	*lavori*	*Categoria ex allegato A D.P.R. n. 207 del 2010*	***Euro (al lordo della sicurezza)***		*Incidenza % manodopera*
1	Intervento di restauro e consolidamento strutturale volti al ripristino dell'agibilità della Chiesa Parrocchiale "San Tommaso Apostolo" in Bondeno – Comune di Gonzaga (MN) RESTAURO E MANUTENZIONE DEI BENI IMMOBILI SOTTOPOSTI A TUTELA AI SENSI DELLE DISPOSIZIONI IN MATERIA DI BENI CULTURALI E AMBIENTALI	**Prevalente**	**OG2**	**€ 2.218.847,66**	**46,75%**
2	Intervento di restauro e consolidamento strutturale volti al ripristino dell'agibilità della Chiesa Parrocchiale "San Tommaso Apostolo" in Bondeno – Comune di Gonzaga (MN) SUPERFICI DECORATE DI BENI IMMOBILI DEL PATRIMONIO CULTURALE E BENI CULTURALI MOBILI DI INTERESSE STORICO ARTISTICO ARCHEOLOGICO E ETNOANTROPOLOGICO		**OS2A**	**€ 1.116.123,78**	**76,65%**

Allegato «B»	GRUPPI DI LAVORAZIONI OMOGENEE - CATEGORIE CONTABILI ai fini della contabilità dei lavori e delle varianti in corso d'opera (articolo 5 del Capitolato speciale)	
n.	*Descrizione dei gruppi di lavori omogenee*	*In euro*
	OPERE STRUTTURALI - ARCHITETTONICHE - DI FINITURA E DI COMPLETAMENTO	
	OPERE DI CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE	
1	A) Opere preventive di rimozione	36.842,69
2	B) interventi sulle volte	375.852,79
3	C) interventi sulle murature della chiesa	331.478,18
4	D) Interventi sulla copertura ed incatenamenti	536.170,60
5	E) Interventi sul campanile	65.209,68
6	F) Interventi sul prospetto principale intonacato (parte architettonica)	17.642,08
7	G) Interventi su prospetti in laterizio a vista e locale caldaia (parte architettonica)	21.388,76
8	H) Restauro pavimentazioni (parte architettonica)	42.521,10
9	I) Assistenza impianti (parte architettonica)	18.655,80
10	L) Serramenti (parte architettonica)	4.859,57
11	M) Opere di finitura e completamento	41.213,81
	OPERE DI RESTAURO	
12	A) Interventi sul prospetto principale intonacato (parte di restauro)	168.102,65
13	B) Interventi su prospetti in laterizio a vista e locale caldaia (parte di restauro)	27.418,32
14	C) Interventi di restituzione integrità delle volte	198.515,30
15	D) Interventi di restituzione integrità dei paramenti murari	195.171,15
16	E) Interventi di restituzione integrità di cornici e stucchi	126.455,78
17	F) Intervento sulla zoccolatura in pietra tipo botticino	29.824,80
18	G) Intervento sulle decorazioni a fresco dell'abside	61.948,41
19	H) Restauro pavimentazioni (parte di restauro)	27.481,95
20	I) Restauro altari, balaustra, pulpito e pala abside (parte di restauro)	127.389,54
21	L) Assistenza impianti (parte di restauro)	6.143,00
22	M) Restauro elementi lignei	91.800,00
23	N) Serramenti(parte di restauro)	36.497,88
24	O) Restauro campane	19.375,00
	IMPIANTI	
25	A) Impianto di riscaldamento	57.115,94
26	B) Impianto elettrico	149.745,10
	ONERI DELLA SICUREZZA	520.151.56
	TOTALE IMPORTO LAVORI DA APPALTARE	***3.334.971,44***
	LAVORI A MISURA (L)	***2.814.819,88***
	Di cui:	
	Costo del personale (CP)	***1.368.274,92***
	Costi di sicurezza aziendale (CS)	***19.140,77***
	Lavori al netto di CP e CS	***1.427.404,19***
	ONERI DELLA SICUREZZA (OS)	***520.151,56***
	IMPORTO TOTALE DELL'APPALTO (L + OS)	***3.334.971,44***

Allegato «C»	ELENCO DEGLI ELABORATI INTEGRANTI IL PROGETTO (articolo 7, comma 1, lettera c)

PROGETTO ARCHITETTONICO-STRUTTURALE

Relazioni

A.R01 RELAZIONE GENERALE, STORICA E CRITICO-MORFOLOGICA
A.R02 ANALISI DEI FENOMENI DI DEGRADO E PROPOSTA INTERVENTO DI RESTAURO CON SCHEDE SINTETICHE DI INTERVENTO
A.R03 RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA ED ANALISI DEL QUADRO FESSURATIVO E INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO
A.R04 RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE E VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA, RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA, PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA
A.R04.1 RELAZIONE SUI MATERIALI
A.R05 RELAZIONE GEOGNOSTICA SULLE INDAGINI ESEGUITE IN SITO, MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO E CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA DEI TERRENI, ANALISI SISMICA DEL SITO RIPORTANTE LA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE
A.R06 RAPPORTO DI PROVA PER INDAGINI IN SITO RELATIVE A VIDEO-ENDOSCOPIE E INDAGINI SONICHE SULLE MURATURE
A.R07 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
A.R08 COMPUTO METRICO ESTIMATIVO CON INCIDENZA DELLA MANODOPERA
A.R09 ANALISI PREZZI

Elaborati grafici

A.01 INQUADRAMENTO INTERVENTO
A.02 RILIEVO ARCHITETTONICO - PIANTE
A.03 RILIEVO ARCHITETTONICO – SEZIONI LONGITUDINALI
A.04 RILIEVO ARCHITETTONICO – SEZIONI TRASVERSALI
A.05 RILIEVO ARCHITETTONICO – PROSPETTI
A.06 RILIEVO ARCHITETTONICO – CAMPANILE
A.07 RILIEVO CRITICO-MORFOLOGICO - PIANTE
A.08 RILIEVO CRITICO-MORFOLOGICO - SEZIONI
A.09 RILIEVO CRITICO-MORFOLOGICO - PROSPETTI
A.10 RILIEVO CRITICO-MORFOLOGICO - CAMPANILE
A.11 ANALISI DEL QUADRO FESSURATIVO E DEFORMATIVO E DEI FENOMENI DI DEGRADO - PIANTE
A.12 ANALISI DEL DEGRADO E QUADRO FESSURATIVO-DEFORMATIVO – SEZ. LONGITUDINALI
A.13 ANALISI DEL DEGRADO E QUADRO FESSURATIVO-DEFORMATIVO – SEZIONI TRASVERSALI
A.14 ANALISI DEL DEGRADO E QUADRO FESSURATIVO-DEFORMATIVO – PROSPETTI
A.15 ANALISI DEL DEGRADO E QUADRO FESSURATIVO-DEFORMATIVO – CAMPANILE
A.16 CARATTERIZZAZIONE MATERICA
A.17 INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO - PIANTE
A.18 INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO – SEZIONI LONGITUDINALI
A.19 INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO – SEZIONI TRASVERSALI
A.20 INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO – PROSPETTI
A.21 INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO – CAMPANILE
A.22 INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO – PARTICOLARI COSTRUTTIVI
A.23 INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO – PARTICOLARI COSTRUTTIVI

A.23.1 SCHEMA TIPOLOGICO PER RIPOSIZIONAMENTO IN ASSE DELLA FACCIATA PRINCIPALE
A.24 PROPOSTA DI INTERVENTO DI RESTAURO – PROSPETTI
A.25 PROPOSTA DI INTERVENTO DI RESTAURO – PIANTE E SEZIONI
A.26 SIMULAZIONE GRAFICA DELLE COLORAZIONI DELLE FINITURE
A.27 PLANIMETRIA DEI SISTEMI ANTICADUTA

PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI

E01 DISTRIBUZIONE ENERGIA ELETTRICA quota -0,00 +6,00 - PIANTE
E02 DISTRIBUZIONE SECONDARIA SPECIALI – FM E LUCE quota -0,00 – 6,00 - PIANTE
E03 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE GENERALE PIANTE – POSIZIONE E PUNTAMENTI APPARECCHI + 10,90
E04 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE ENERGIA E SPECIALI CAMPANILE
E05 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE CLIMATIZZAZIONE SISTEMA DI GESTIONE
E06 SCHEMA QUADRI ELETTRICI DI DISTRIBUZIONE
E07 RELAZIONE TECNICA VERIFICA SCARICHE ATMOSFERICHE
E08 RELAZIONE CALCOLI ILLUMINOTECNICI
E09 ELENCO PREZZI UNITARI
E10 COMPUTO METRICO ESTIMATIVO
E11 CAPITOLATO TECNICO SPECIALE
E12 RELAZIONE TECNICA IMPIANTI ELETTRICI, SPECIALI E ILLUMINAZIONE

PROGETTO IMPIANTI MECCANICI

M1 RILIEVO IMPIANTO ESISTENTE
M2 DISTRIBUZIONE IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE INVERNALE
M3 SCHEMA FUNZIONALE IMPIANTO MECCANICO
M4 COMPUTO METRICO

ALTRI ELABORATI

AUT.18/01/2017 AUTORIZZAZIONE SOP. BB.AA. 18/01/2017 n°0000227
S.01 PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO
Z.01 QUADRO ECONOMICO – INCIDENZA MANODOPERA
Z.02 RELAZIONE TECNICA E PREVENTIVO DI SPESA PER NUOVO ORGANO

PARTE SECONDA

Specificazione delle prescrizioni tecniche

CAPO I

Premesse e caratteristiche generali dell'opera

A seguito degli eventi sismici del 20 e 29 maggio 2012, la Chiesa di San Tommaso Apostolo di Bondeno di Gonzaga (MN) ha subito gravissimi danni al corpo principale, in particolar modo alla porzione superiore della facciata e alle strutture portanti delle pareti della navata principale e delle volte.
Per riportare l'area circostante l'edificio ad idonee condizioni di sicurezza, nel mese di luglio 2012 è stato redatto un progetto di "INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA DOPO GLI EVENTI SISMICI DEL 20/05/2012 E 29/05/2012 DELLA CHIESA DI S. TOMMASO APOSTOLO DI BONDENO DI GONZAGA", i cui lavori sono iniziati in data 26/09/2012 e terminati in data 18/02/2013.
Si riportano di seguito le opere previste e realizzate con il suddetto progetto e con la realizzazione di ulteriori lavorazioni di messa in sicurezza, resesi necessarie visto il grave degrado riscontrato nella parte alta della struttura:

- intervento sistematico di tirantatura della facciata su più livelli per cercare di bloccare, o almeno rallentare, il fenomeno di ribaltamento;
- rimozione dei due grandi cornicioni in prossimità della facciata completamente staccati ed in posizione estremamente precaria;
- posizionamento di un ponteggio di controspinta come ulteriore presidio temporaneo antiribaltamento;
- parziale rimozione del manto di copertura e riposizionamento di parte della struttura di copertura con realizzazione di una struttura temporanea di chiusura tra murature e copertura;
- sbadacchiatura delle finestre con elementi lignei;
- cinturazione dell'abside con appoggi verticali in legno e funi d'acciaio per contrastare il ribaltamento fuori piano delle murature stesse;
- tirantatura con cavi metallici ed appoggi verticali in legno dei piedritti della cella campanaria e della base ottagonale della cuspide del campanile.
- Sbadacchiature della aperture della cella campanaria e della base della cuspide, rimozione della guglia sommitale
- Messa in sicurezza degli arredi con la realizzazione di ponteggi di protezione degli altari al fine di poter procedere in sicurezza all'interno della Chiesa nello sviluppo dei rilievi e delle ulteriori fasi progettuali

INTERVENTI DEL PROGETTO STRUTTURALE
In base al quadro fessurativo emerso si sono valutate diverse tecniche di consolidamento per la riparazione dei danni causati dal sisma al fine di ottenere il rafforzamento della struttura, garantire le condizioni minime richieste dalla Normativa vigente per i carichi e sovraccarichi sulle strutture portanti (D.M.14/01/08) ed effettuare una serie di Interventi di Miglioramento Sismico specifici per edifici storici di carattere monumentale come quello in oggetto.
Gli interventi sono concepiti in modo tale da evitare l'inutile dispersione di risorse economiche e raggiungere l'ottimizzazione dei risultati del consolidamento con il minimo coinvolgimento della struttura originale.
Come per il quadro fessurativo, per semplificare la definizione degli interventi di consolidamento, si suddivide la realizzazione delle opere per livelli, fermo restando che operativamente in diversi casi si dovrà intervenire in un'unica soluzione o secondo priorità per ottimizzare la gestione delle risorse economiche.
Sulla base del quadro fessurativo descritto in precedenza, si è sviluppato un progetto di consolidamento che interessasse l'intero immobile andando a risolvere localmente e di volta in volta le vulnerabilità, ottenendo così un miglioramento di insieme che coinvolgesse il comportamento globale della costruzione.

INTERVENTI SULLE MURATURE
Per quanto possibile, in linea con il concetto di evitare l'inutile dispersione di risorse economiche, si effettuerà l'intervento "minimo" di risarcitura con malta a base calce idraulica per tutte le lesioni rilevate, riservando solo ai danneggiamenti di maggiore entità gli interventi strutturali di seguito descritti.
Il metodo di intervento di riparazione delle lesioni di minore ampiezza nelle murature portanti prevede l'intagliolamento delle stesse con cunei in acciaio inox e risarcitura con malta a base calce.
Nei casi in cui le murature presentano lesioni di ampiezza maggiore che hanno intaccato in modo grave la tessitura muraria e con ampiezze superiori ai 3 cm, per le quali non si può intervenire con un semplice intervento

di intagliolamento, si procederà con l'inserimento di conci in muratura in laterizio e malta a chiusura della lesione e l'eventuale asportazione, per piccole parti, degli elementi murari dissestati per sostituirli con elementi nuovi e ricostituire l'unitarietà della struttura.
Tale intervento si completa, ove necessario, con l'iniezione di miscele leganti a base di calce ed inerti frantumati all'interno della muratura utili a colmare i vuoti interni che le lesioni gravi di tipo passante hanno generato.
Data la particolarità e la gravità del quadro fessurativo riscontrato, è necessario procedere con interventi sistematici dove le lesioni sono di tipo passante e la tessitura muraria risulta particolarmente frammentata e disomogenea. Seguendo le indicazioni delle istruzioni tecniche si estenderà l'intervento a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, ossia anche altre aperture apparentemente poco lesionate.
Altri interventi improcrastinabili sono le ricostruzioni di tutte le murature che sono state soggette a crolli; tali porzioni saranno ricostruite con muratura in mattoni pieni e malta di calce avendo cura di riprodurre in modo fedele le geometrie esistenti, rispettando spessori e dimensioni dell'elemento murario prima del crollo.
La ricostruzione della parte sommitale del timpano sarà effettuata con mattoni pieni in laterizio semiartigianali tipo "antico" che verranno fissati alle murature esistenti con cuciture verticali a passo prestabilito (1 m) in modo da rinforzare il paramento murario.
La facciata principale ha subito gravi danneggiamenti in seguito agli eventi sismici del 20 e 29 maggio 2012, si rilevano spostamenti e rotazioni importanti della parte sommitale della facciata che in parte risulta crollata.
E' previsto il riposizionamento in asse della parte superiore della facciata, mediante l'utilizzo di un sistema di tiranti e martinetti, utilizzando le murature esistenti perimetrali a contrasto. Le lavorazioni devono essere eseguite utilizzando spessori in neoprene o legno e ogni presidio per non danneggiare la muratura. Allo stato attuale, data l'inagibilità dell'area di intervento relativa al posizionamento di facciata, non è possibile ipotizzare una soluzione costruttiva dettagliata in quanto le condizione al contorno rilevate in loco influiranno in modo sostanziale sui dispositivi di ancoraggio e sulle modalità di realizzazione esecutiva dell'intervento.
Per contrastare l'innesco del meccanismo di ribaltamento dell'abside è previsto, a ridosso del cornicione interno, un sistema antiribaltamento composto da piatti metallici ancorati alle murature mediante barre filettate e piastre esterne a vista.
Per garantire l'ancoraggio efficace del piatto metallico si opererà dall'interno della Chiesa creando dei fori nello spessore della muratura in cui posizionare le barre filettate utili a fissare le piastre esterne di contrasto a vista all'esterno dell'abside.
A completamento dei presidi antiribaltamento è previsto, per la facciata principale, l'inserimento di catene metalliche posizionate al di sotto degli archi delle cappelle laterali ed ammorsate alle murature mediante piastre metalliche lisce senza dado e nervature, posizionate sotto intonaco sulla facciata principale e sul muro di confine tra presbiterio e navata centrale della Chiesa.
Per comprendere meglio le caratteristiche delle catene e del sistema antiribaltamento dell'abside, sono stati realizzati alcuni particolari costruttivi, allegati al presente progetto, che chiariscono geometria e posizionamento dei presidi che non producono nessuna interferenza con elementi architettonici o pittorici.

INTERVENTI SULLE STRUTTURE VOLTATE
Le porzioni crollate delle volte della navata centrale verranno ricostruite con lo stesso materiale di cui erano originariamente costituite (muratura di mattoni pieni in laterizio posizionati di costa e malta di calce per ripristinare la continuità materica su tutto il piano).
In seguito alla ricostruzione delle porzioni crollate, l'intero sistema voltato della navata principale verrà rinforzato in estradosso attraverso l'applicazione di una cappa collaborante a tutta superficie composte da rete in fibra PBO in matrice inorganica ecocompatibile come di seguito descritto.
Il sistema di rinforzo delle volte consiste nel consolidamento estradossale delle volte con fasce di reti in fibra PBO in matrice di calce idraulica, metodologia di intervento utile a contrastare i meccanismi di rottura classici delle volte (flessionale e a taglio).
Il sistema costruttivo si suddivide in diverse fasi riportate di seguito:
- pulizia estradossale delle volte con rimozione di lacerti di finitura non ammorsati e degli eventuali rifianchi;
- consolidamento estradossale della superficie della volta attraverso l'applicazione di fasce posizionate in senso verticale ed orizzontale di rete bidirezionale in fibra PBO (poliparafenilenbenzobisoxazolo) a matrice inorganica con malta di calce idraulica, e quindi traspirante, risvoltata sulle pareti perimetrali ed a ridosso degli archi.
- realizzazione dei rinfianchi in matrice a base di calce idraulica con inerti di perlite.

Il procedimento descritto in precedenza si completa mediante il riempimento degli spazi tra le colonne del sottotetto, appoggiate sugli archi in muratura, utilizzando muratura di mattoni pieni in laterizio e malta di calce,

ammorsati ai pilastri esistenti, in modo da eliminare carichi puntuali trasferiti dagli elementi di copertura agli archi e irrigidire ulteriormente la struttura creando frenelli trasversali.
Il procedimento che concorre al miglioramento sismico delle volte e degli archi si completa con l'intagliolamento delle lesioni passanti operando all'intradosso delle volte stesse. Questo procedimento avviene previa pulizia dei lembi della lesione con la rimozione delle porzioni di intonaco pericolanti, la messa in vista della lesione stessa ed il successivo inserimento di cunei in acciaio e malta di calce idraulica fortemente adesiva fino a rifiuto. Il ripristino dello strato di intonaco di finitura completa il processo di consolidamento.
In fase di cantiere sono previste ulteriori indagini conoscitive tra cui la verifica dell'efficacia e dello stato tensionale delle catene in acciaio esistenti, in quella occasione si valuterà come procedere in tal senso. Verranno sicuramente sostituiti tutti i capochiave danneggiati mentre la sostituzione delle catene, con altre di identica sezione, avverrà solo a causa dell'avvenuto snervamento dell'acciaio o in caso di danneggiamento grave che ne pregiudichi l'efficacia.

INTERVENTI SULLE COPERTURE
Per quanto riguarda le coperture è necessario premettere che, visto il grave stato di degrado delle volte, sarà necessario procedere alla totale rimozione della struttura di copertura al fine di poter operare in sicurezza negli interventi di consolidamento. Dal punto di vista strutturale si ha la necessità di prevedere un intervento di irrigidimento con la capacità di creare, a fronte di limitati incrementi di carichi permanenti, un diaframma rigido di copertura che raccolga l'azione sismica del tetto e delle pareti caricate fuori piano e la trasferisca alle pareti verticali resistenti al taglio.
La soluzione proposta prevede la realizzazione di uno strato di pannelli multistrato in legno sovrapposto al tavolato di copertura (di nuova fornitura o esistente ove recuperabile); i pannelli saranno mutuamente connessi mediante fasce coprigiunto chiodate, e in corrispondenza dei lati perimetrali (lati lunghi di gronda e lati corti sui timpani di testata) e sugli archi, verranno collegati dei correnti perimetrali costituiti rispettivamente da profili a sezione piatta (per i lati di gronda e sui frenelli degli archi) e correnti di testata ad L posizionati in prossimità dell'appoggio del tetto (per i timpani di testata).
I collegamenti tra i suddetti dispositivi metallici e la muratura sottostante saranno realizzati con cuciture armate verticali nei paramenti in mattoni pieni, di varie lunghezze ed interassi.
Tale intervento è realizzabile previo lo smontaggio totale del tetto, la verifica della qualità e dell'essenza degli elementi lignei, mediante indagini specialistiche previste in corso d'opera, e l'eventuale sostituzione degli elementi ammalorati o non idonei. I criteri secondo cui verrà indagata la qualità del legname esistente è stata indicata nella proposta di saggi ed indagini inviata in Soprintendenza ed autorizzata per passi successivi.
L'intervento si completa con il rimontaggio della struttura lignea e del tavolato, la realizzazione dell'irrigidimento della copertura precedentemente descritto, l'inserimento di ondulina fibrobituminosa e ganci fermacoppo in rame ed il riposizionamento del manto di copertura in coppi.

INTERVENTI SUL CAMPANILE
Per il campanile sono previsti interventi di risarcitura delle lesioni, il restauro degli elementi in laterizio e delle cornici presenti con eventuale sostituzione/integrazione degli elementi ammalorati.
In ogni orizzontamento ligneo del campanile, è previsto l'inserimento di quattro catene circolari, adiacenti ai muri perimetrali ed ammorsate alle murature esterne mediante paletti capochiave, utili ad irrigidire i piani ed a conferire un comportamento scatolare al fabbricato.
l gravi danneggiamenti delle aperture presenti nella cella campanaria saranno consolidati con cerchiature metalliche composte da piatti metallici saldati a U che seguono la sagoma dei vani.
Il consolidamento della cuspide sommitale verrà effettuato mediante l'installazione di un castello metallico piramidale composto da 8 piatti metallici piegati a V che seguono gli spigoli della piramide ottagonale e tassellati alle murature con passo prestabilito; a ridosso dei due archi esistenti in muratura presenti all'interno della cuspide, verrà realizzata una cerchiatura perimetrale composta da profili UPN240 tassellati alle murature, dove termineranno 4 degli 8 piatti metallici a V per la presenza degli archi in muratura che ne impediscono il passaggio.
Il sistema è in grado di sopportare le sollecitazioni sismiche prodotte dal peso dell'intera cuspide ed utile ad aumentare sensibilmente la sua resistenza a taglio.
L'intervento di consolidamento della parte superiore della cella campanaria si completa con l'inserimento di n°3 cerchiature metalliche perimetrali collegate tra loro mediante tiranti inclinati progettati per resistere all'azione sismica da normativa considerando le masse in gioco della porzione considerata.
Le cerchiature di piano saranno realizzate con profili UPN140 irrigidite da profili IPE 140 e collegate alle murature perimetrali con tassellature metalliche.

L'intervento si completa con il riposizionamento del pinnacolo sommitale rimosso dalla sua posizione in fase di messa in sicurezza. Il fissaggio della guglia con croce apicale verrà realizzato sfruttando il piatto metallico provvisto di barra filettata saldato in sommità del castello metallico descritto in precedenza, fissandola con malta a base di calce idraulica.
La progettazione dei consolidamenti descritti in precedenza è stata effettuata rispettando quanto indicato nell'Autorizzazione della Sop. BB.AA. prot. n° 227 del 19/01/2017. Infatti rispetto al progetto proposto in precedenza, sono state eliminate le cerchiature esterne e parte delle tirantature interne in modo da rendere tali consolidamenti compatibili con i prospetti esterni del campanile e non limitare la percezione interna della cuspide, inoltre il castello metallico rinforza tutta la struttura della cuspide compresa la parte sommitale che sarà da ricomporre. Le scelte progettuali sono supportate da calcoli specifici riportati nella relazione di calcolo strutturale A.R04.
Tutte le operazioni precedentemente descritte dovranno essere eseguite con particolare attenzione dal punto di vista del rispetto delle normative della sicurezza sul lavoro e per tale motivo si ritiene fin d'ora corretto procedere alla realizzazione di un vasto ponteggio interno alla Chiesa e altri presidi che risulteranno utili sia per l'esecuzione delle lavorazioni che per la sicurezza anticaduta degli operatori.
La scelta di intervenire su alcuni specifici meccanismi di collasso è legata principalmente alle risorse attualmente a disposizione dando la priorità ai meccanismi di maggiore importanza per i quali è già attivo un danneggiamento e lasciando a successivi interventi la risoluzione delle problematiche legate ai meccanismi rimanenti.

INTERVENTI DEL PROGETTO DI RESTAURO
I principali fenomeno di degrado riscontrati, oltre quelli prettamente strutturali, sono i seguenti:
DEPOSITO SUPERFICIALE: presenza di materiale estraneo di varia natura, es. polvere, ragnatele
DISTACCO: degradazione di porzione di intonaco anche rilevanti che può consistere in:
- Perdita della totalità degli strati con messa in lice del supporto murario;
- Perdita di una parte degli strati con messa in luce dello strato a contatto con il supporto muratrio;
- Tendenza al distacco con processi di sollevamento di porzioni di forma irregolare dello strato superficiale.

UMIDITÀ DI RISALITA: presenza di periodica di umidità per risalita capillare. A tele fenomeno si associano distacchi ed erosione di intonaco, efflorescenze e rigonfiamenti di decorazioni a scagliola dei basamenti delle paraste interne e degli altari.
PATINE BIOLOGICHE: presenza di muschi, licheni e altre patine biologiche per il ristagno di umidità
Inoltre a seguito di saggi stratigrafici eseguiti sui paramenti murari si è verificata lo stato conservativo dello strato di finitura a tempera non originale, che risulta essere indebolito e allo stato pulverulento.

DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PROPOSTI
A fronte delle analisi morfologico-critica e delle patologie di degrado e del quadro fessurativo si è considerato di proporre una serie di interventi localizzati e distinti per macro aree, omogenee dal punto di vista di stato di degrado delle superfici e qualità delle relative finiture, specificate in schede sintetiche in calce alla presente relazione.
Le proposte analizzate di seguito si considerano come valutazione da perfezionare e/o concordare con le Autorità competenti in corso d'opera, fase in cui sarà possibile a ponteggi montati e con le adeguate opere per poter lavorare in sicurezza, effettuare ulteriori saggi, indagini conoscitive e scientifiche dei materiali e dello stato di degrado presenti.

RICOSTRUZIONE FEDELE DI CORNICI E CAPITELLI COMPOSITI DEL SECONDO ORDINE DEL PROSPETTO PRINCIPALE E DEI CORNICIONI DEI PROSPETTI LATERALI
Previa verifica a ponteggi montati del rilievo delle modanature del cornicione e dei capitelli compositi ancora esistenti, si prevede la ricostruzione in muratura delle porzioni crollate, realizzando la sagomatura dei laterizi che andranno successivamente intonacati con intonaco a base di calce a ricreare le modanature originali; per i capitelli compositi del secondo ordine si verifica il recupero di elementi smontati in fase di messa in sicurezza del fabbricato e/o ricostruzione degli elementi perduti realizzando calchi o rilievi degli elementi esistenti.

RICOSTRUZIONE DI FRONTONE E CIMASA
Utilizzando le immagini a disposizione dello stato dei luoghi ante sisma 2012, si ipotizza la ricostruzione del frontone della facciata e della relativa cimasa circolare. Allo stesso modo si prevede la ricostruzione del timpano triangolare e relativa cimasa della finestratura centrale. Tali elementi potranno essere perfezionati in fase esecutiva in accordi con le Autorità competenti a ponteggi montati e previa ulteriore verifica di letteratura o altro materiale d'archivio che possa emergere in corso d'opera.

Con il crollo del frontone è andato perduto il medaglione centrale in stucco con la scritta "D.O.M." per il quale, non essendoci rilievi o immagini ad alta definizione per poterne ricostruire le dimensioni originali, si propone la non ricostruzione.

RICOSTRUZIONE DI FRONTONE E CIMASA
Utilizzando le immagini a disposizione dello stato dei luoghi ante sisma 2012, si ipotizza la ricostruzione del frontone della facciata e della relativa cimasa circolare. Allo stesso modo si prevede la ricostruzione del timpano triangolare e relativa cimasa della finestratura centrale. Tali elementi potranno essere perfezionati in fase esecutiva in accordi con le Autorità competenti a ponteggi montati e previa ulteriore verifica di letteratura o altro materiale d'archivio che possa emergere in corso d'opera.
Con il crollo del frontone è andato perduto il medaglione centrale in stucco con la scritta "D.O.M." per il quale, non essendoci rilievi o immagini ad alta definizione per poterne ricostruire le dimensioni originali, si propone la non ricostruzione.

RESTAURO PROSPETTO PRINCIPALE CON FINITURA AD INTONACO
Premesso che a seguito dello smontaggio delle opere provvisionali sarà possibile definire lo stato di degrado del prospetto principale, si prevedono in linea di massima le seguenti lavorazioni:
- consolidamento di tutti gli elementi aggettanti quali cornici, cimase, stucchi, capitelli realizzati in intonaco presumibilmente a base di calce con iniezioni di malte adeguatamente fluide e se necessario inserimento di piccoli perni metallici;
- rimozione di porzioni di intonaco distaccato e a base cementizia, consolidamento di porzioni di intonaco originale, rifacimento di intonaco a base di malta di calce naturale;
- pulitura da materiale incoerente attraverso spazzolatura e utilizzo di biocida tipo "Preventol" su elementi aggettanti e soggetti a patine biologiche;
- trattamento antisalino sulla porzione del basamento soggetto ad umidità di risalita;
- rimozione delle pellicole pittoriche incoerenti, distaccate e pulverolenti e integrazione cromatica a calce seguendo la cromia esistente e concordata previa campionature con le Autorità competenti.
A tal proposito si allega alla presente il progetto di restauro redatto poco prima dell’evento sismico del 20-29 maggio 2012 e autorizzato con Autorizzazione prot.n°25674 del 17.11.2011. Tale documentazione testimonia lo stato di degrado del prospetto principale, ora completamente coperto da ponteggi e puntellature provvisionali, e può dare delle indicazioni di massima sulle lavorazioni previste sulle superfici.

RESTAURO PROSPETTI IN LATERIZIO A VISTA
In fase esecutiva sarà possibile valutare, a consolidamenti eseguiti e a ricostruzioni murarie attuate, l'integrità dei prospetti in laterizio a vista per i quali si propongono le seguenti lavorazioni:
- pulitura da patine biologiche con biocida tipo "Preventol" e successiva spazzolatura da materiali incoerenti e detriti;
- sostituzione puntuale di laterizi ammalorati per la presenza di umidità di risalita e per risarciture con "cuci scuci" dovute alla demolizione della adiacente canonica;
- rimozione di intonaci fino al vivo della muratura, compresa pulitura del mattone ed eventuale stilatura di giunti ammalorati;

RESTITUZIONE INTEGRITÀ DI VOLTE IN LATERIZIO INTONACATO
La ricostruzione delle volte prevede l'utilizzo di materiali tradizionali sia nelle malte di allettamento che in quelle degli intonaci, a base di calce idraulica e sabbia. Le volte presentano numerose lesioni, cavillature e distacchi di stucchi e intonachi, ma soprattutto per ricostruirne le porzioni crollate, sarà necessaria un’importante opera di puntellatura che, per quanto possano essere messe protezioni, aggraverà ulteriormente lo stato di danno delle superfici.
Pertanto per la restituzione della loro integrità si propongono le seguenti fasi di lavorazioni di massima:
- consolidamenti dell'intonaco e fissaggio delle pellicole pittoriche a fresco presenti sui pinnacoli della volta dell'altare e relativo restauro verificando a ponteggi montati la gravità del degrado; per le porzioni distaccate per le quali non si sarà in grado di recuperare o ricostruire il soggetto dipinto attraverso il ricollocamento dei lacerti precedentemente catalogati, si propone una rasatura a neutro di intonaco eventualmente tonalizzata.
- rimozione di vecchie stuccature o intonaco fortemente distaccato, stuccature delle numerose cavillature, rasature e rifacimenti di porzioni di intonaco con impasto di malta di calce anche miscelata a sabbie di fiume o polveri di marmo similare nella composizione all'intonaco esistente;
- ricostruzione di elementi decorativi, modanature, cornici, medaglioni come esistenti se recuperabili e parzialmente crollati;

- non ricostruzione di medaglioni andati perduti se non ricostruendoli attraverso la ricomposizione dei frammenti catalogati;
- rimozione dello strato a tempera superficiale con spugnature con acqua deionizzata e riordino cromatico sulla base delle originali cromie riscontrate, previa campionature e in accordo con le Autorità competenti un fase esecutiva attraverso la preparazione di campionature.

RESTITUZIONE INTEGRITÀ DEI PARAMENTI MURARI
I paramenti murari hanno subito minori perdite di materiale a causa dell'evento sismico, ma presentano profonde lesioni passanti in corrispondenza di elementi architettonici decorati come il dipinto a fresco sul presbiterio.
Si propongono le seguenti fasi di lavorazioni:
- consolidamenti dell'intonaco e fissaggio delle pellicole pittoriche a fresco presenti in corrispondenza del presbiterio; ulteriori considerazioni di restauro si potranno attuare a ponteggi montati verificandone la gravità del degrado; per le porzioni distaccate per le quali non si sarà in grado di recuperare o ricostruire il soggetto dipinto attraverso il ricollocamento dei lacerti precedentemente catalogati, si propone una rasatura a neutro di intonaco eventualmente tonalizzata;
- rimozione di vecchie stuccature o intonaco fortemente distaccato, stuccature delle numerose cavillature, rasature e rifacimenti di porzioni di intonaco con impasto di malta di calce anche miscelata a sabbie di fiume o polveri di marmo similare nella composizione all'intonaco esistente;
- ricostruzione di elementi decorativi, modanature, cornici, medaglioni come esistenti se recuperabili e parzialmente crollati, e non ricostruzione degli elementi perduti;
- rimozione dello strato a tempera superficiale con spugnature con acqua deionizzata e riordino cromatico sulla base delle originali cromie riscontrate, previa campionature e in accordo con le Autorità competenti un fase esecutiva attraverso la preparazione di campionature;
- restauro di intonaco nella porzione più bassa della muratura con rimozione di malte cementizie e/o fortemente decoese, rifacimento di malte compatibili e similari alle esistenti e stesura di tinteggiatura a velature di calce previa completa asciugatura delle murature precedentemente trattate.

RESTITUZIONE INTEGRITÀ DI CORNICIONI E CAPITELLI
Si propone di riposizionare gli elementi recuperati, consolidare gli elementi ammalorati anche con l'inserimento di piccoli perni metallici o in resina e ricostruire fedelmente gli elementi frantumati.
Il recupero della cromia esistente avverrà per velature di calce nelle cromie da concordare con le Autorità competenti previa campionature.

RESTAURO PAVIMENTAZIONI
A seguito del crollo degli elementi delle volte hanno subito danneggiamenti anche le pavimentazioni in terrazzo veneziano presenti nella chiesa. Se ne prevede pertanto il ripristino dell’integrità realizzando inserti di pavimentazione a terrazzo nella cromia esistente anche in corrispondenza di alcuni limitati tagli necessari alla realizzazione del nuovo impianto di riscaldamento a pedane radianti. In corrispondenza dei locali secondari pavimentati a piastrelle si prevede l’incollaggio di nuova pavimentazione in pietra tipo botticino.
In corrispondenza della pavimentazione della cappella in cornu evangeli si prevede la sostituzione della pavimentazione esistente in legno con altra lignea su sottofondo realizzato per il passaggio di serpentina del riscaldamento a pavimento. In fase esecutiva in accordi con le Autorità competenti si potrà valutare il restauro di tale pavimentazione.

RESTAURO OPERE ARCHITETTONICHE
A seguito del crollo degli elementi delle volte hanno subito danneggiamenti anche le opere artistiche presenti per le quali si forniscono le seguenti schede sintetiche di intervento.

INTERVENTI COMPLEMENTARI

Organo
L'organo della parrocchiale di S. Tommaso a Bondeno di Gonzaga, si presenta in condizioni di degrado generale sia nella parte fonica che in quella meccanica, ciò nonostante conserva ancora buona parte degli elementi d'origine che permettono di individuare una realizzazione piuttosto singolare in particolar modo per la presenza di un corpo d'organo racchiuso in una piccola cassa espressiva e per la dotazione al pedale di un ripieno completo di almeno 6 file.
L'intervento di restauro prevede, oltre al restauro conservativo delle componenti che si dimostreranno originali e attribuibili all'autore, la ricostruzione di tutti quegli elementi che attualmente sono stati sostituiti da componenti non compatibili con il quadro generale delle caratteristiche dell'opera.

Si prevede lo smontaggio, il restauro dei somieri, la ricostruzione della consolle ed i comandi dei registri, il restauro della manticeria, della trasmissione, del materiale fonico e delle canne di legno, la ricostruzione dei registri mancanti, il restauro della struttura portante, il montaggio e l'intonazione ed accordatura.

Impianto elettrico
L'impianto elettrico e di illuminazione interna è andato completamente perduto ed è necessario il rifacimento secondo le normative vigenti, secondo un progetto esecutivo specifico da autorizzare.

Impianto di riscaldamento
L'impianto di riscaldamento è andato completamente perduto ed è necessario il rifacimento secondo le normative vigenti, secondo un progetto esecutivo specifico da autorizzare.

RISPETTO DI LEGGI, DECRETI, REGOLAMENTI, ecc.
L'Appaltatore nella realizzazione delle opere in progetto osserverà tassativamente e inderogabilmente tutte le norme in vigore di ambito nazionale, regionale o locale, attinenti l'opera in oggetto, siano esse leggi, decreti, regolamenti, circolari, normative, istruzioni e prescrizioni di qualunque tipo, nonché usi e consuetudini che, a qualsiasi titolo, possano creare obbligazioni o costituire oneri.
La Appaltatore si impegna ad applicare le suddette normative di legge in vigore, sia nella fase progettuale, che in quella realizzativa e fino al definitivo collaudo e presa in consegna da parte dell' Appaltante di tutte le opere e di tutti gli impianti meccanici.
La Appaltatore si impegna :
a tenere sollevato l' Appaltante da oneri di qualsivoglia natura, derivanti dall'osservanza delle norme di cui sopra o conseguenti al mancato rispetto delle medesime, in qualunque modo riconducibili alla realizzazione dell'opera, limitatamente alle opere comprese nella fornitura della Appaltatore.
a segnalare all'Appaltante, durante la esecuzione dei lavori, con la massima tempestività, qualunque mutamento nel quadro normativo che, in qualunque modo, possa avere conseguenze sull'esecuzione o sulla condotta dei lavori, limitatamente alle opere comprese nella fornitura della Appaltatore.
Le opere eventualmente eseguite in contrasto con la normativa di legge in vigore, saranno ovviamente demolite e rifatte a totale carico dell'Appaltatore.

CAMPIONATURE
I materiali che l'Appaltante indicherà alla Appaltatore dovranno essere campionati a cura e spese dell'Appaltatore stessa per l'approvazione dell'Appaltante.
L'Appaltatore eseguirà a suo rischio le opere non conformi a quanto indicato nelle tavole del progetto esecutivo, sottoscritto per accettazione dall'Appaltante.

CONTROLLO LAVORI
L'Appaltatore, al fine di consentire all'Appaltante di controllare l'andamento dei lavori ed il rispetto delle caratteristiche progettuali, s'impegna a:
consentire o far consentire l'ingresso in cantiere dei tecnici dell'Appaltante o dallo stesso designati in qualsiasi momento richiesto;
preavvertire o far preavvertire l'Appaltante di ogni collaudo, sia statico che degli impianti meccanici, che sia eseguito nel corso dell'opera, con facoltà per l'Appaltante di presenziare a mezzo di propri tecnici (o di tecnici dallo stesso designati) a detti collaudi e di esporre eventuali osservazioni.
Su richiesta saranno fornite copie complete di tutti gli elaborati tecnici costruttivi delle opere realizzate.

CERTIFICAZIONI E DOCUMENTAZIONI
Al momento della consegna dell'immobile, l' Appaltatore dovrà collaborare con la DL, per quanto di competenza, al fine di ottenere e fornire all'Appaltante copia dei seguenti certificati e documenti:
Denuncia C.A. con deposito al Comune per opere strutturali;
Collaudo opere strutturali (sarà onere dell'Appaltatore l'esecuzione delle prove sui materiali e l'assistenza ad eventuali prove di carico)
Documentazione tecnica dei materiali utilizzati – marchiatura CE
Relazione finale del restauratore sia per quanto riguarda i restauri architettonici (pareti e volte con interventi su intonaci e dipinti, interventi su stucchi e cornici, su apparati lignei fissi e mobili, vetrate, ecc).
I certificati di conformità di impianti elettrici e meccanici.
Le certificazioni necessarie per la chiusura della pratica di prevenzione incendi.

Tutta la documentazione necessaria al fine di certificare l'esecuzione a regola d'arte dei lavori.

Per quanto riguarda gli impianti elettrici e gli impianti meccanici, i collegamenti impiantistici l'Appaltatore fornirà i disegni "as-built" completi delle opere realizzate (copia cartacea e cd/rom con disegni in formato DWG).

CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI – SCADENZE TEMPORALI

TEMPISTICA DEL CANTIERE
L'Appaltatore dovrà organizzare il proprio programma lavori sulla base del Cronoprogramma indicativo proposto dalla D.L. Si consideri che:
l'inizio lavori è programmato per il ……..;
il tempo utile è stimato in 540 giorni;
la fine lavori è programmata per il ……..

CAPO II

Norme per la misurazione e la valutazione dei lavori

Art. 1 - Lavori a misura

1. Qualora in corso d'opera debbano essere introdotte variazioni ai lavori ai sensi degli articoli 44 o 45 del presente capitolato, e per tali variazioni ricorrano le condizioni di cui all'art. 45, comma 9, del Reg. 554/19999, per cui risulti eccessivamente oneroso individuarne in maniera certa e definita le quantità e pertanto non sia possibile la loro definizione nel lavoro "a corpo", esse possono essere preventivate a misura. Le relative lavorazioni sono indicate nel provvedimento di approvazione della perizia con puntuale motivazione di carattere tecnico e con l'indicazione dell'importo sommario del loro valore presunto e della relativa incidenza sul valore complessivo del contratto.

2. Nei casi di cui al comma 1, qualora le stesse variazioni non siano valutabili mediante i prezzi unitari rilevabili dagli atti progettuali o di gara, si procede mediante la formazione dei nuovi prezzi ai sensi dell'art. 46 del presente Capitolato, fermo restando che le stesse variazioni possono essere predefinite, sotto il profilo economico, con atto di sottomissione "a corpo".

3. Non sono comunque riconosciuti nella valutazione delle opere ingrossamenti o aumenti dimensionali di alcun genere non rispondenti ai disegni di progetto se non saranno stati preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori.

4. Nel corrispettivo per l'esecuzione degli eventuali lavori a misura s'intende sempre compresa ogni spesa occorrente per dare l'opera compiuta sotto le condizioni stabilite dal Capitolato Speciale d'Appalto e secondo i tipi indicati e previsti negli atti progettuali.

5. La contabilizzazione delle opere e delle forniture verrà effettuata applicando alle quantità eseguite i prezzi unitari netti desunti dall'elenco dei prezzi unitari di cui all'art. 9 del presente Capitolato Speciale.

6. Gli eventuali oneri per la sicurezza che fossero individuati a misura in relazione alle variazioni di cui al comma 1, sono valutati sulla base dei relativi prezzi di elenco, ovvero formati ai sensi del comma 2, con le relative quantità.

Art. 2 - Lavori a corpo

1. La valutazione del lavoro a corpo è effettuata secondo le specificazioni date nell'enunciazione e nella descrizione del lavoro a corpo, nonché secondo le risultanze degli elaborati grafici e di ogni altro allegato progettuale; il corrispettivo per il lavoro a corpo resta fisso e invariabile senza che possa essere invocata dalle parti contraenti alcuna verifica sulla misura o sul valore attribuito alla quantità di detti lavori.

2. Nel corrispettivo per l'esecuzione dei lavori a corpo s'intende sempre compresa ogni spesa occorrente per dare l'opera compiuta sotto le condizioni stabilite dal Capitolato Speciale d'Appalto e secondo i tipi indicati e previsti negli atti progettuali. Pertanto nessun compenso può essere richiesto per lavori, forniture e prestazioni che, ancorché non esplicitamente specificati nella descrizione dei lavori a corpo, siano rilevabili dagli elaborati grafici o viceversa. Lo stesso dicasi per lavori, forniture e prestazioni che siano tecnicamente e intrinsecamente indispensabili alla funzionalità, completezza e corretta realizzazione dell'opera appaltata secondo le regola dell'arte.

3. La contabilizzazione dei lavori a corpo è effettuata applicando all'importo netto di aggiudicazione le percentuali convenzionali relative alle singole categorie di lavoro indicate nella tabella «B», contenuta all'art. 2 comma 1 del presente Capitolato Speciale per farne parte integrante e sostanziale, di ciascuna delle quali va contabilizzata la quota parte in proporzione al lavoro eseguito.

4. L'elenco dei prezzi unitari e il computo metrico hanno validità ai soli fini della determinazione del prezzo a base d'asta in base al quale effettuare l'aggiudicazione.

5. Gli oneri per la sicurezza di cui all'art. 2, comma 1 (colonna b) della Tabella «A») del presente Capitolato, come evidenziato al rigo 20) della tabella «B», contenuta nel medesimo art. 2, sono valutati in base all'importo previsto separatamente dall'importo dei lavori negli atti progettuali e sul bando di gara, secondo la percentuale stabilita nella predetta tabella «B», intendendosi come eseguita e liquidabile la quota parte proporzionale a quanto eseguito.

Art. 3 - Lavori in economia

1. La contabilizzazione dei lavori in economia, di cui all'art. 2 comma 1 (Tabella «A») del presente Capitolato, è effettuata secondo i prezzi unitari contrattuali per l'importo delle prestazioni e delle somministrazioni fatte dall'impresa stessa, con le modalità previste dall'art. 153 del Reg. 554/1999.

2. Gli oneri per la sicurezza, di cui all'art. 2, comma 1 (colonna b) Tabella «A») del presente Capitolato, come evidenziato al rigo 20) della tabella «B», contenuta nel medesimo art. 2, per la parte eseguita in economia, sono contabilizzati separatamente con gli stessi criteri.

3. I lavori in economia saranno eseguiti:

– -in amministrazione diretta o per cottimi, se la spesa complessiva;

– -non è superiore a 50.000 e (art. 125, comma 5 del DLgs 163/2006);

– -per cottimi, se la spesa complessiva è pari o superiore a 40.000 e e fino a 200.000 e; in tal caso l'affidamento avverrà previa consultazione di almeno cinque operatori economici (se sussiste un numero tale di soggetti idonei), individuati sulla base di indagini di mercato ovvero tramite elenchi di operatori economici predisposti dalla stazione appaltante (art. 125, comma 8, del DLgs 163/2006);

– -con affidamento diretto da parte del responsabile del procedimento, senza cioè che venga predisposta neanche una gara informale, per lavori di importo inferiore a 40.000 e (art. 125, comma 8, del DLgs 163/2006).

Art. 4 - Valutazione dei manufatti e dei materiali a piè d'opera

1. In sede di contabilizzazione delle rate di acconto di cui all'art. 29 del presente Capitolato, all'importo dei lavori eseguiti è aggiunta la metà di quello dei materiali provvisti a piè d'opera, destinati ad essere impiegati in opere definitive facenti parte dell'appalto ed accettati dal Direttore dei Lavori, da valutarsi a prezzo di contratto o, in difetto, ai prezzi di stima.

2. I materiali e i manufatti portati in contabilità rimangono a rischio e pericolo dell'appaltatore, e possono sempre essere rifiutati dal Direttore dei Lavori ai sensi dell'art. 18, comma 1 del Cap. Gen. 145/2000.

Art. 5 - Norme per la misurazione e valutazione dei lavori

Le norme di misurazione per la contabilizzazione sono le seguenti.

Scavi in genere

In aggiunta ai particolari obblighi emergenti dal presente articolo, con i prezzi di elenco per gli scavi in genere, l'Appaltatore dovrà ritenersi compensato per tutti gli oneri che dovrà affrontare:

– per taglio di piante, estirpazione di ceppaie, radici ecc.;

– -per il taglio e lo scavo con qualsiasi mezzo delle materie sia asciutte che bagnate, di qualsiasi consistenza ed anche in presenza d'acqua;

– -per paleggi, innalzamento, carico, trasporto e scarico a rinterro od a rifiuto entro i limiti previsti in elenco prezzi, sistemazione delle materie di rifiuto, deposito provvisorio e successiva ripresa;

– -per la regolazione delle scarpate o pareti, per lo spianamento del fondo, per la formazione di gradoni, attorno e sopra le condotte di acqua od altre condotte in genere, e sopra le fognature o drenaggi secondo le sagome definitive di progetto;

– -per puntellature, sbatacchiature ed armature di qualsiasi genere ed entità, secondo tutte le prescrizioni contenute nel presente Capitolato compresi, le composizioni, scomposizioni, estrazioni ed allontanamento, nonché sfridi, deterioramenti, perdite parziali o totali del legname o dei ferri;

– -per impalcature, ponti e costruzioni provvisorie, occorrenti sia per il trasporto delle materie di scavo sia per la formazione di rilevati, per passaggi, attraversamenti ecc.;

– per ogni altra spesa necessaria per l'esecuzione completa degli scavi.

La misurazione degli scavi dovrà essere effettuata nei seguenti modi:

a) -il volume degli *scavi di sbancamento* dovrà essere determinato col metodo delle sezioni ragguagliate, in base ai rilevamenti eseguiti in contraddittorio con l'Appaltatore, prima e dopo i relativi lavori;

b) -gli *scavi di fondazione* (di sbancamento, a sezione obbligata o a sezione ristretta) saranno computati, per un volume uguale a quello risultante dal prodotto della base di fondazione per la sua profondità sotto il piano degli scavi di sbancamento; oppure dal terreno naturale, quando lo scavo di sbancamento non verrà effettuato. Al volume così calcolato si applicheranno i vari prezzi fissati nell'elenco per tali scavi; vale a dire che essi saranno valutati sempre come eseguiti a pareti verticali poiché, ogni maggiore scavo, si riterrà già compreso e compensato col prezzo unitario di elenco. Nel caso di scampanature messe in opera nella parte inferiore degli scavi, i relativi volumi dovranno essere valutati geometricamente, suddividendoli in figure elementari semplici ovvero, applicando il metodo delle sezioni ragguagliate; inoltre, per gli scavi di fondazione da eseguire con impiego di sbatacchiature, paratie o simili strutture, sarà incluso nel volume di scavo per fondazione anche lo spazio occupato dalle strutture stesse. I prezzi di elenco, relativi agli scavi di fondazione, saranno applicabili unicamente e rispettivamente ai volumi di scavo compresi fra piani orizzontali consecutivi, stabiliti per diverse profondità, nello stesso elenco dei prezzi. Pertanto la valutazione dello scavo risulterà definita, per ciascuna zona, dal volume ricadente nella zona stessa e dall'applicazione ad esso del relativo prezzo di elenco;

c) -*scavi subacquei*: i sovrapprezzi per questo tipo di scavi, in aggiunta al prezzo degli scavi di fondazione dovranno essere pagati al metro cubo secondo le precedenti modalità (lett. b) con appositi sovrapprezzi relativamente alle zone sommerse, a partire dal piano orizzontale posto a quota 0,20 m sotto il livello normale dell'acqua, procedendo verso il basso. Il nolo della motopompa, utilizzata al fine di eseguire i prosciugamenti, sarà pagato all'Appaltatore a parte;

d) -*scavi archeologici*: i sovrapprezzi per questo tipo di scavi, in aggiunta al prezzo degli scavi di fondazione dovranno essere pagati al metro cubo secondo le modalità indicate alla lett. b) del presente articolo con opportuni sovrapprezzi relativi alla specifica morfologia del sito. L'onere del vaglio del terriccio e la custodia dei reperti in appositi contenitori, sarà compreso nel prezzo indicato.

RILEVATI E RINTERRI

Il volume dei rilevati o rinterri dovrà essere determinato con il metodo delle sezioni ragguagliate, in base a rilevamenti eseguiti come per gli scavi di sbancamento. I rinterri di scavi a sezione ristretta saranno valutati a m³ per il loro volume effettivo misurato in opera. Nei prezzi di elenco sono previsti tutti gli oneri per il trasporto dei terreni da qualsiasi distanza e per gli eventuali indennizzi a cave di prestito.

RIEMPIMENTO CON MISTO GRANULARE A SECCO

Il riempimento con misto granulare a ridosso delle murature per drenaggi, vespai ecc., sarà valutato a metro cubo per il suo volume effettivo misurato in opera.

PALIFICAZIONI

Il diametro (o la sezione) dei pali dovrà essere computato nel mezzo della loro lunghezza; per i pali lignei la misurazione avverrà previa operazione di scorzatura. La lunghezza di infissione si otterrà dalla differenza tra la lunghezza complessiva del palo, prima della messa in opera, e la lunghezza della parte affiorante dal terreno dopo l'infissione. Per gli elementi in legno, sarà compreso nel prezzo la lavorazione della punta del palo e la messa in opera della puntazza escluso il costo del ferro[1].

PARATIE DI CALCESTRUZZO ARMATO

Saranno valutate per la loro superficie misurata tra le quote di imposta delle paratie stesse e la quota di testata della trave superiore di collegamento.

Il prezzo comprenderà tutti gli oneri per la trivellazione, la fornitura ed il getto del calcestruzzo, la fornitura e posa del ferro d'armatura, la formazione e successiva demolizione delle corree di guida nonché la scapitozzatura, la formazione della trave superiore di collegamento, l'impiego di fanghi bentonitici, l'allontanamento dal cantiere di tutti i materiali di risulta e gli spostamenti delle attrezzature.

PARATIE E CASSERI IN LEGNAME

Saranno calcolate in riferimento alla loro superficie effettiva; nel relativo prezzo di elenco si intenderà rimunerata ogni fornitura necessaria di legname, ferramenta, ogni sfrido nonché ogni spesa per la lavorazione, la messa in opera e quanto altro occorra per fornire le opere complete e finite a regola d'arte.

[1] Nel caso si dovessero adottare palificazioni speciali sarà necessario riportare in calce a suddetto articolo il relativo sistema di valutazione.

RIMOZIONI E DEMOLIZIONI

I prezzi relativi ai lavori che ammettono demolizioni, anche parziali, dovranno intendersi sempre compensati di ogni onere per il recupero del materiale riutilizzabile e per il carico e trasporto a rifiuto di quello non riutilizzabile.

a) -*Demolizione di murature:* verrà, in genere, pagata a volume di muratura concretamente demolita, comprensiva di intonaci e rivestimenti a qualsiasi altezza; tutti i fori, pari o superiori a 2 m², verranno sottratti. Potrà essere accreditata come demolizione in breccia quando il vano utile da ricavare non supererà la superficie di 2 m², ovvero, in caso di demolizione a grande sviluppo longitudinale, quando la larghezza non supererà i 50 cm.

-L'appaltatore potrà reimpiegare i materiali di recupero, valutandoli come nuovi, in sostituzione di quelli che egli avrebbe dovuto approvvigionare ossia, considerando lo stesso prezzo fissato per quelli nuovi oppure, in assenza del prezzo, utilizzando il prezzo commerciale detratto, in ogni caso, del ribasso d'asta. L'importo complessivo dei materiali così valutati verrà detratto dall'importo netto dei lavori.

b) -*Demolizione di tramezzi*: dovrà essere valutata secondo l'effettiva superficie (m²) dei tramezzi, o delle porzioni realmente demolite, comprensive degli intonaci o rivestimenti; detraendo eventuali aperture dimensionalmente pari o superiori a 2 m².

c) -*Demolizione di intonaci e rivestimenti*: la demolizione, a qualsiasi altezza, degli intonaci dovrà essere computata secondo l'effettiva superficie (m²) asportata detraendo, eventuali aperture dimensionalmente pari o superiori a 2 m², misurata la luce netta, valutando a parte la riquadratura solo nel caso in cui si tratti di murature caratterizzate da uno spessore maggiore di 15 cm.

d) -*Demolizione di pavimenti*: dovrà essere calcolata, indipendentemente dal genere e dal materiale del pavimento per la superficie compresa tra le pareti intonacate dell'ambiente; la misurazione comprenderà l'incassatura dei pavimenti nell'intonaco. Il prezzo sarà comprensivo dell'onere della, eventuale, demolizione dello zoccolino battiscopa indipendentemente dalla natura.

e) -*Rimozione e/o demolizione dei solai*: questa operazione dovrà essere valutata a superficie (m²) in base alle luci nette delle strutture. Nel prezzo delle rimozioni e/o demolizioni dei solai saranno comprese:

– -la demolizione del tavolato con sovrastante cretonato o sottofondo e dell'eventuale soffitto su arellato o rete se si tratta di struttura portante in legno;

– -la demolizione completa del soffitto e dei pavimento, salvo che non risulti prescritta e compensata a parte la rimozione accurata del pavimento, se si tratta di struttura portante in ferro;

– -la demolizione del pavimento e del soffitto, salvo che non risulti prescritta la rimozione accurata del pavimento se si tratta del tipo misto in c.a. e laterizio.

f) -*Rimozione della grossa orditura del tetto*: dovrà essere computata al metro quadrato misurando geometricamente la superficie delle falde del tetto senza detrarre eventuali fori. Nel caso la rimozione interessi singoli elementi o parti della grossa orditura, verrà computata solamente la parte interessata; nel prezzo dovrà essere compensato anche l'onere della rimozione di eventuali dormienti.

MURATURE IN GENERE

Tutte le murature in genere, salvo le eccezioni di seguito specificate, dovranno essere misurate geometricamente, a volume od a superficie, in riferimento alla specifica categoria e in base a misure prese sul vivo ovvero escludendo gli intonaci. Dovranno essere detratti tutti i vuoti di luce superiore a 1,00 m² e i vuoti di canne fumarie, canalizzazioni ecc., caratterizzati da una sezione superiore a 0,25 m², in quest'ultimo caso rimarrà all'Appaltatore, l'onere della loro eventuale chiusura con materiale in cotto. Dovrà, inoltre, essere detratto il volume corrispondente alla parte incastrata di pilastri, piattabande ecc., di strutture diverse, nonché di pietre naturali od artificiali, da pagarsi con altri prezzi di tariffa.

I prezzi unitari delle murature di qualsiasi genere, qualora non debbano essere eseguite con paramento di faccia vista, s'intenderanno comprensivi di rinzaffo delle facce visibili dei muri. Il rinzaffo dovrà essere sempre eseguito e sarà compreso nel prezzo unitario, anche nel caso di muri che dovranno essere poi caricati a terrapieni; per questi ultimi dovrà, inoltre, essere compresa la, eventuale, formazione di feritoie regolari e regolarmente disposte per lo scolo delle acque ed in generale quella delle ammorsature e la costruzione di tutti gli incastri per la posa in opera della pietra da taglio od artificiale. I prezzi della muratura di qualsiasi specie si intenderanno compresi di ogni onere per la formazione di spalle, sguinci, canne, spigoli, strombature, incassature per imposte di archi, volte e piattabande.

Le murature, qualunque sia la loro curvatura in pianta o in sezione anche se costruite sotto raggio, non potranno essere comprese nella categoria delle volte; dovranno essere pertanto, valutate con i prezzi delle murature rotte senza alcuna maggiorazione di compenso.

Le ossature di cornici, cornicioni, lesene, pilastri ecc., di aggetto superiore a 5 cm sul filo esterno del muro, dovranno essere valutate per il loro volume effettivo in aggetto con l'applicazione dei prezzi di tariffa stabiliti per le murature.

Per le ossature di aggetto inferiore a 5 cm non verrà applicato alcun sovrapprezzo.

Quando la muratura in aggetto è diversa da quella del muro sul quale insiste, la parte incastrata dovrà essere considerata della stessa natura della muratura.

Le murature di mattoni ad una testa od in foglio dovranno essere misurate a vuoto per pieno, al rustico, deducendo soltanto le aperture di superficie uguale o superiore a 1 m², intendendo nel prezzo compensata la formazione di sordini, spalle, piattabande ecc., nonché eventuali intelaiature in legno che la D.L. ritenga opportuno di ordinare allo scopo di fissare i serramenti al telaio, anziché alla parete.

Le volte, gli archi e le piattabande, in conci di pietra o mattone in spessore superiore ad una testa, dovranno essere pagati a volume (m³) e, a secondo del tipo, struttura e provenienza dei materiali impiegati, con i prezzi di elenco con i quali si intendono remunerate tutte le forniture, e le lavorazioni per fornire la struttura voltata finita con tutti i giunti delle facce viste frontali e dell'intradosso profilati e stuccati. Le volte, gli archi e le piattabande in mattoni in foglio o ad una testa dovranno essere liquidate a superficie (m²), come le analoghe murature.

MURATURE IN PIETRA DA TAGLIO

La pietra da taglio da pagarsi a volume dovrà essere sempre valutata al metro cubo in base al volume del primo parallelepipedo retto rettangolare, circoscrivibile a ciascun pezzo. Le lastre, i lastroni e gli altri pezzi da pagarsi a superficie (m²), dovranno essere valutati in base al minimo rettangolo circoscrivibile.

Per le pietre di cui una parte viene lasciata grezza, si comprenderà anche questa nella misurazione, non tenendo però alcun conto delle eventuali maggiori sporgenze della parte non lavorata in confronto delle dimensioni assegnate dai tipi prescritti.

Nei prezzi relativi di elenco si intenderanno sempre compresi tutti gli oneri specificati nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione.

PARAMENTI IN FACCIA-VISTA

I prezzi stabiliti per le lavorazioni faccia a vista, da pagare separatamente dalle murature, comprendono il compenso per i piani di posa e di connessura, per la lavorazione faccia vista e qualunque altro eventuale costo del pietrame di rivestimento allorché questo sia previsto di qualità e provenienza differente da quello del materiale impiegato per la costruzione della muratura interna.

La misurazione dei paramenti in pietrame e delle cortine in mattoni verrà eseguita per la loro superficie effettiva (m²), dedotti i vuoti e le parti occupate da pietra da taglio o artificiale.

CENTINATURE DELLE VOLTE

Nel caso in cui dovessero essere liquidate separatamente dalle volte, i prezzi stabiliti in elenco per le centinature, dovranno contenere anche la spesa relativa all'armatura, ai castelli o mensole di appoggio, nonché quella per la rimozione delle centinature relative ai sostegni. Qualunque sia la foggia, l'apparecchio e lo spessore della volta, sia essa costruita in mattoni o in materiale lapideo ovvero in cls, le centinature dovranno essere pagate al metro quadro di superficie d'intradosso delle volte stesse.

CALCESTRUZZI

I calcestruzzi per fondazioni, murature, volte, ecc. e le strutture costituite da getto in opera, dovranno essere in genere pagati a metro cubo e misurati in opera in base alle dimensioni prescritte, esclusa quindi ogni eccedenza, ancorché inevitabile, dipendente dalla forma degli scavi aperti e dal modo di esecuzione dei lavori.

Nei relativi prezzi oltre agli oneri delle murature in genere, s'intenderanno compensati tutti gli oneri specificati nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione.

CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO

Il conglomerato per opere in cemento armato di qualsiasi natura e spessore sarà valutato per il suo volume effettivo, senza detrazione del volume del ferro che verrà pagato a parte.

Quando si tratta di elementi a carattere ornamentale gettati fuori opera (pietra artificiale), la misurazione dovrà essere effettuata in ragione del minimo parallelepipedo retto a base rettangolare circoscrivibile a ciascun pezzo, e il relativo prezzo dovrà intendersi compreso, oltre che del costo dell'armatura metallica, di tutti gli oneri specificati nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione, nonché la posa in opera, sempreché non sia pagata a parte.

I casseri, le casseforme e le relative armature di sostegno, se non comprese nei prezzi di elenco del conglomerato cementizio, dovranno essere computati separatamente con i relativi prezzi di elenco. Pertanto, per il compenso di tali opere, bisognerà attenersi a quanto previsto nell'Elenco dei Prezzi Unitari.

Nei prezzi del conglomerato saranno inoltre compresi tutti gli oneri derivanti dalla formazione di palchi provvisori di servizio, dall'innalzamento dei materiali, qualunque sia l'altezza alla quale l'opera di cemento armato dovrà essere eseguita, nonché per il getto e la vibratura.

Il ferro tondo per armature di opere di cemento armato di qualsiasi tipo (nonché la rete elettrosaldata) sarà valutato secondo il peso effettivo; nel prezzo, oltre alla lavorazione e allo sfrido, sarà compreso l'onere della legatura dei singoli elementi e la posa in opera dell'armatura stessa.

SOLAI (ORIZZONTAMENTI)

I solai interamente di cemento armato (senza laterizi) dovranno essere valutati al metro cubo come ogni altra opera di cemento armato.

Ogni altro tipo di solaio, qualunque sia la forma, dovrà invece essere pagato al metro quadrato di superficie netta misurato al rustico delle murature perimetrali (ovvero all'interno di eventuali cordoli e/o travi di calcestruzzo) esclusi, quindi, la presa e l'appoggio sulle murature portanti o cordoli perimetrali o travi di calcestruzzo.

Nei prezzi dei solai in genere risulterà compreso l'onere per lo spianamento superiore della caldana, nonché ogni opera e materiale occorrente per dare il solaio completamente finito, come prescritto nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione. Nel prezzo dei solai misti in cemento armato e laterizio, o tipo prefabbricato (anche predalles) saranno escluse la fornitura, lavorazione e posa in opera del ferro occorrente, sarà, al contrario, compreso il noleggio delle casseforme e delle impalcature di sostegno di qualsiasi entità, con tutti gli oneri specificati per le casseforme dei cementi armati.

Il prezzo al metro quadrato dei solai suddetti verrà applicato senza alcuna maggiorazione anche a quelle porzioni in cui, per resistere a momenti negativi, il laterizio viene sostituito da calcestruzzo; in questo caso però dovranno essere pagati a parte tutti i cordoli perimetrali relativi ai solai stessi.

Nel prezzo dei solai con profilati in ferro e voltine od elementi in laterizio (tavelle, tavelloni, volterrane ecc.) dovrà essere inclusa l'incombenza per ogni armatura provvisoria per il rinfianco, nonché per ogni opera e materiale necessario per fornire il solaio completamente finito e pronto per la pavimentazione e per l'intonaco intradossale; resteranno esclusi i profilati di ferro che dovranno essere pagati a parte (vedi lavori in metallo).

Nel prezzo dei solai lignei resta fuori il legname per le travi principali che dovrà essere liquidato a parte sarà invece compreso ogni onere per fornire il solaio completo e finito a regola d'arte.

COPERTURE A FALDA (SOLAI INCLINATI)

I solai inclinati (ossia le coperture in genere) dovranno essere computati al metro quadrato, determinando le dimensioni della proiezione orizzontale della superficie delle falde del tetto senza sottrarre i vani adibiti a comignoli, abbaini, lucernari o ad altre parti sporgenti dalla copertura, purché non eccedenti, ciascuno di essi, la superficie di 1 m²; in questo caso dovranno essere sottratti per intero. Non dovranno essere considerate sovrapposizioni ed adiacenze dei giunti. Nel prezzo delle coperture saranno compresi tutti gli oneri specificati nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione salvo la grossa armatura (capriate, puntoni, arcarecci, terzere, colmi ecc.), l'isolamento termico, l'impermeabilizzazione, le gronde ed i pluviali che verranno valutati a parte.

MANTO DI COPERTURA

Il manto di copertura dovrà essere computato al metro quadrato, misurando geometricamente le superfici delle falde del tetto, senza sottrarre i vani adibiti a comignoli, abbaini, lucernari ed altre parti sporgenti dalla copertura, purché non eccedenti, ciascuno di essi, la superficie di 1 m²; in questo caso dovranno essere sottratti per intero. Le eventuali lastre di piombo, zinco o ferro messe in opera sulla copertura per i compluvi ovvero all'estremità delle falde, intorno ai lucernari, agli abbaini, ai comignoli ecc., saranno pagate a parte coi prezzi fissati in elenco per questi materiali.

CONTROSOFFITTI

I controsoffitti piani dovranno essere pagati in base alla superficie (m²) della loro proiezione orizzontale; nel prezzo, sarà compreso e compensato anche il raccordo con eventuali muri perimetrali curvi. I controsoffitti a finta volta, di qualsiasi forma e monta, saranno valutati per una volta e mezzo la superficie della loro proiezione orizzontale. Nel prezzo dei controsoffitti saranno comprese e compensate tutte le forniture, magisteri e mezzi d'opera per realizzare le strutture finite in opera così come prescritto nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione, risulterà esclusa e compensata a parte l'orditura portante principale.

VESPAI

Nei prezzi dei vespai è compreso ogni onere per la fornitura di materiali e posa in opera come prescritto nelle norme sui modi di esecuzione. La valutazione dovrà essere effettuata al metro cubo, di materiali in opera se si tratterà di vespai di ciottoli o pietrame; in metri quadrati di superficie dell'ambiente se si tratterà di vespai in laterizio (gattaiolati).

MASSETTI

L'esecuzione di massetti in calce idraulica naturale o cemento a vista ovvero massetti di sottofondo normali o speciali (alleggeriti, strutturali ecc.) dovrà essere computata secondo i metri cubi effettivamente realizzati e computati a lavoro eseguito. Il prezzo comprenderà il conglomerato, le sponde per il contenimento del getto, l'eventuale rete elettrosaldata prescritta, la preparazione e compattazione delle superfici sottostanti, la lisciatura finale con mezzi meccanici, la creazione di giunti nonché tutte le lavorazioni necessarie per l'esecuzione dei lavori richiesti.

PAVIMENTI

I pavimenti, indipendentemente dalla tipologia, dovranno essere valutati per la superficie (m²) vista tra le pareti intonacate dell'ambiente; la misura non comprenderà l'incassatura dei pavimenti nell'intonaco.

I prezzi di elenco per ciascun genere di pavimento comprenderanno l'onere per la fornitura dei materiali e per ogni lavorazione intesa a dare i pavimenti stessi completi e rifiniti come prescritto nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione, escluso il sottofondo che verrà invece pagato a parte, per il suo volume effettivo (m³) in opera, in base al corrispondente prezzo di elenco.

Ogni prezzo relativo ai pavimenti, anche nel caso di sola posa in opera, si intenderà compreso degli oneri, delle opere di ripristino e di raccordo con gli intonaci, qualunque sia l'entità delle opere stesse.

RIVESTIMENTI DI PARETI

I rivestimenti di piastrelle o di mosaico dovranno essere misurati per la superficie effettiva (m²) qualunque sia la sagoma e la posizione delle pareti da rivestire. Nel prezzo al metro quadrato saranno comprese e computate nella misurazione la fornitura e la posa in opera di tutti i pezzi speciali di raccordo, gusci, angoli ecc., nonché l'onere per la preventiva preparazione con malta delle pareti da rivestire, la stuccatura finale dei giunti, la fornitura di collante per rivestimenti e, infine, la pulizia da eseguirsi dopo la sigillatura dei giunti.

POSA IN OPERA DEI MARMI, PIETRE NATURALI ED ARTIFICIALI

I prezzi della posa in opera dei marmi e delle pietre naturali od artificiali, previsti in elenco, saranno applicati alle superfici ovvero ai volumi effettivi, dei materiali in opera, determinati con i criteri descritti per le "murature in pietra da taglio".

Ogni onere derivante dall'osservanza delle norme, prescritte nel presente Capitolato, si intenderà compreso nei prezzi.

Nello specifico detti prezzi, comprenderanno gli oneri per la fornitura, lo scarico in cantiere, il deposito e la relativa provvisoria protezione, la ripresa, il successivo trasporto ed il sollevamento dei materiali a qualunque altezza, con eventuale protezione, copertura o fasciatura; per ogni successivo sollevamento e per ogni ripresa con boiacca di cemento od altro materiale, per la fornitura di lastre di piombo, di grappe, staffe, regolini, chiavette, perni occorrenti per il fissaggio; per ogni occorrente scalpellamento delle strutture murarie e per la successiva chiusura e ripresa delle stesse, per la stuccatura dei giunti, per la pulizia accurata e completa, per la protezione a mezzo di opportune opere provvisorie delle pietre già collocate in opera, e per tutti i lavori che risultassero necessari per la perfetta rifinitura dopo la posa in opera. Resteranno escluse, dal suddetto prezzo, le prestazioni dello scalpellino e del marmista per gli eventuali ritocchi agli elementi da montare allorché le pietre e/o i marmi non fossero forniti dall'appaltatore stesso.

I prezzi di elenco risultano comprensivi dell'onere dell'imbottitura dei vani dietro i pezzi, fra i pezzi stessi o comunque tra i pezzi e le opere murarie da rivestire, in modo da ottenere un buon collegamento, e, dove richiesto, un incastro perfetto.

Il prezzo previsto per la suddetta posa in opera dei marmi e pietre, anche se la fornitura sarà affidata all'Appaltatore, comprenderà altresì l'onere dell'eventuale posa in opera in periodi di tempo diversi, a prescindere dall'ordine di arrivo in cantiere dei materiali forniti all'Appaltatore dalla stazione appaltante compreso, inoltre, ogni eventuale onere per spostamento di ponteggi e di apparecchiature di sollevamento.

INTONACI

I prezzi degli intonaci dovranno essere applicati alla superficie effettivamente intonacata, procedendo quindi alla detrazione delle aperture per porte e finestre superiori a 1 m², senza tener conto delle superfici laterali di risalti, lesene, cornici, parapetti, architravi ecc.; tali superfici laterali, sia piane che curve, dovranno essere valutate quando la loro larghezza supera i 5 cm. L'esecuzione di gusci di raccordo, se richiesti negli angoli fra pareti e soffitto e fra pareti e pareti, con raggio non superiore a 15 cm, risulterà compresa nel prezzo; anche in questo caso gli intonaci verranno misurati alla stregua degli spigoli vivi.

Il prezzo degli intonaci comprenderà l'onere della ripresa, dopo la chiusura, di tracce di qualunque genere, della muratura di eventuali ganci al soffitto e delle riprese contropavimenti, zoccolature e serramenti.

I prezzi dell'elenco varranno anche per intonaci applicati su murature di mattoni forati dello spessore di una testa, essendo essi comprensivi dell'onere dell'intasamento dei fori dei laterizi.

Gli intonaci interni sui muri di spessore superiore a 15 cm saranno computati a vuoto per pieno, a compenso dell'intonaco nelle riquadrature dei vani, che non saranno perciò sviluppate; tuttavia, per i vani di superficie superiore a 4 m², dovranno essere detratti i vuoti e le zone mancanti valutando a parte la riquadratura di detti vani.

Gli intonaci interni su tramezzi in foglio o ad una testa saranno computati per la loro superficie effettiva; dovranno essere, pertanto, detratti tutti i vuoti di qualunque dimensione essi siano, ed aggiunte le loro riquadrature.

La superficie di intradosso delle volte, di qualsiasi forma e monta, verrà determinata moltiplicando la superficie della loro proiezione orizzontale per il coefficiente 1,20. Nessun compenso speciale sarà dovuto per gli intonaci eseguiti a piccoli tratti anche in corrispondenza di spalle e mazzette di vani di porte e finestre.

L'intonaco dei pozzetti di ispezione delle fognature dovrà essere computato per la superficie di pareti senza detrarre la superficie di sbocco delle fogne, in compenso delle profilature e dell'intonaco sulle grossezze dei muri.

TINTEGGIATURE, COLORITURE E VERNICIATURE

Nei prezzi delle tinteggiature, coloriture e verniciature in genere risulteranno compresi tutti gli oneri prescritti nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione del presente Capitolato oltre a quelli per mezzi d'opera, trasporto, sfilatura e rinfilatura d'infissi ecc.

Le tinteggiature interne ed esterne per pareti e soffitti saranno, di norma, misurate con le stesse norme sancite per gli intonaci.

L'esecuzione di coloritura o verniciatura degli infissi dovrà ottemperare alle seguenti norme:

a) -*le porte, bussole e simili*, (x 2) dovranno essere computate due volte la luce netta dell'infisso, oltre alla mostra o allo sguincio, se presenti, non detraendo l'eventuale superficie del vetro. Così facendo, risulterà compresa anche la verniciatura del telaio per muri grossi o del cassonetto tipo romano per tramezzi e dell'imbotto tipo lombardo, sempre per tramezzi. La misurazione della mostra e dello sguincio sarà eseguita in proiezione su piano verticale parallelo a quello medio della bussola (chiusa) senza tener conto di sagome, risalti o risvolti;

b) *le finestre senza persiane*, (x 3) ma con controsportelli, dovranno essere computate tre volte la luce netta dell'infisso, in questo modo risulterà compensata anche la coloritura dei controsportelli e del telaio (o cassettone);

c) -*le finestre senza persiane e senza controsportelli,* (x 1) dovranno essere computate una volta sola la luce netta dell'infisso, in questo modo risulterà compresa anche la coloritura della soglia e del telaio (o cassettone);

d) -*le persiane comuni*, (x 3) dovranno essere computate tre volte la luce netta dell'infisso, in questo modo risulterà compresa anche la coloritura del telaio;

e) - *le persiane avvolgibili*, (x 2,50) dovranno essere computate due volte e mezzo la luce netta dell'infisso, in questo modo risulterà compresa anche la coloritura del telaio ed apparecchio a sporgere, ad eccezione del pagamento della coloritura del cassonetto coprirullo che dovrà essere fatta a parte;

f) -*il cassettone completo tipo romano*, (x 6) ovvero con controsportelli e persiane, montati su cassettone, dovrà essere computato sei volte la luce netta dell'infisso, in questo modo risulterà compresa anche la coloritura del cassettone e della soglia;

g) -*le opere in ferro semplici e senza ornati*, (x 0,75) quali finestre grandi a vetrate e lucernari, serrande avvolgibili a maglia, infissi per vetrine di negozi, dovranno essere computati i tre quarti della loro superficie complessiva, misurata sempre in proiezione, in questo modo potrà essere ritenuta compensata la coloritura dei sostegni, grappe e simili accessori, dei quali non si terrà conto alcuno nella misurazione;

h) -*le opere in ferro di tipo normale a disegno*, (x 1) quali ringhiere, cancelli anche riducibili, inferriate e simili, dovranno essere computate una volta per l'intera loro superficie, misurata con le norme e con le conclusioni di cui alla lettera precedente;

i) -*le opere in ferro ornate*, (x 1,5) cioè come alla lettera precedente, ma con ornati ricchissimi, nonché per le pareti metalliche e le lamiere stirate, dovranno essere computate una volta e mezzo la loro superficie misurata come sopra;

j) *le serrande da bottega*, (x 3) in lamiera ondulata o ad elementi di lamiera, dovranno essere computate due volte e mezzo la luce netta del vano, in altezza, tra la soglia e la battitura della serranda, in questo modo risulterà compensata anche la coloritura della superficie non in vista;

k) *i radiatori dei termosifoni* dovranno essere pagati ad elemento, indipendentemente dal numero delle colonne di ogni elemento e dalla loro altezza.

Tutte le coloriture o verniciature s'intenderanno eseguite su ambo le facce con i rispettivi prezzi di elenco; inoltre si intenderà compensata la coloritura, o verniciatura di nottole, braccioletti e simili accessori.

APPARATI DECORATIVI

Per gli apparati decorativi, trattandosi di interventi specialistici che interesseranno il reale sviluppo superficiale del manufatto, andranno esclusi i sistemi di misurazione che implicheranno proiezioni in piano o valutazioni vuoto per pieno. Si procederà, pertanto come di seguito specificato:

a) *manufatti da valutare a corpo*: tutti quei manufatti complessi, costituiti da materiali di natura diversa, di dimensioni ridotte, di forma complessa o che presentino finiture particolarmente e finemente lavorate;

b) *manufatti da valutare a misura*: secondo le seguenti prescrizioni.

– -*Cornici, fasce, mostre modanature, balaustre di altari* per manufatti di fattura complessa e fortemente lavorati dovrà essere calcolata la superficie inscrivibile in forma geometrica regolare moltiplicata per la lunghezza. Per manufatti semplici dovrà essere calcolata la superficie effettiva tramite lo sviluppo del profilo per la lunghezza della loro membratura più sporgente. Il prezzo dovrà comprendere il compenso per la lavorazione degli spigoli. A compenso della maggiore forma dei risalti, la misura di lunghezza verrà aumentata di 0,40 m per ogni risalto. Saranno considerati risalti quelli determinati da lesene, pilastri e linee di distacco architettonico che impongano un doppio profilo.

– -*Bugnati, anteridi e cassettoni*: i bugnati e le anteridi comunque gettati, ed i cassettonati, qualunque sia la loro profondità, verranno misurati secondo la loro proiezione su di un piano parallelo al paramento di fondo, senza tenere conto dell'incremento di superficie prodotto dall'aggetto delle bugne ovvero dei cassettoni. I prezzi dei bugnati resteranno validi ed immutabili qualunque sia la grandezza, la configurazione delle bozze e la loro disposizione in serie (continua o discontinua).

– - -*Sculture a tutto tondo*: per le sculture a tutto tondo dovrà essere misurata la superficie laterale del cilindro medio circoscrivibile incrementato del 20% per sculture di decoro semplice, del 40% per sculture di decoro complesso. Il cilindro medio dovrà essere misurato rilevando la circonferenza in almeno quattro punti significativi escludendo quelle minime (collo, caviglia, polso ecc.). Le parti molto aggettanti non dovranno essere incluse nel cilindro medio, ma calcolate con gli stessi criteri e ad esso sommate. Nel caso di sculture cave, la valutazione sarà da esprimersi a corpo.

– -*Rilievi, fregi*: il manufatto andrà inquadrato in una o più forme geometriche piane e regolari. Lo sviluppo della superficie sarà incrementato del 20% per *bassorilievi*, del 40% per *rilievi medi*, del 60% per *altorilievi*. Per altorilievi molto aggettanti l'incremento andrà valutato a seconda del caso. Potranno eventualmente essere assimilabili a sculture a tutto tondo o richiedere incrementi sino al 100%.

– -*Dipinti*: se non riconducibili in forme geometriche semplici e di facile valutazione si dovrà ricorrere al calcolo della loro superficie effettiva con le formule più idonee della geometria.

– -*Manufatti archeologici*: i manufatti (sia oggetti integri sia frammenti) riconducibili a semplici forme geometriche, saranno inquadrati nella suddetta forma di riferimento. Per tutti gli altri manufatti, la superficie verrà computata moltiplicando lo sviluppo del loro profilo per la circonferenza del minimo cilindro circoscrivibile. Gli elementi applicati dovranno essere valutati con gli stessi criteri e sommati. Il computo metrico dovrà comprendere anche la misura della superficie interna misurabile.

Nel prezzo di tutte le decorazioni dovrà essere compreso l'onere per l'ossatura (nei casi in cui gli elementi non superino l'aggetto di 5 cm), per l'abbozzatura dei bugnati, per l'arricciatura della malta, per l'intonaco di stucco perfettamente profilato ed eventualmente levigato, per le *modine*, i calchi, le forme, per l'esecuzione dei campioni-modello nonché tutto quanto occorra a condurre le opere in stucco perfettamente a termine.

Per lavorazioni particolarmente disagevoli potranno essere valutati i seguenti incrementi:

– -*Interventi su volte, soffitti, settori circolari* si calcolerà l'effettivo sviluppo geometrico aumentato del 10% nel caso di volte e soffitti (maggior onere per superfici rivolte verso il basso).

– -*Ambienti disagiati* (ad es., ipogei, ambienti urbani ad alta densità di traffico) si applicherà l'incremento previsto in progetto per disagi conseguenti alla distanza del sito o a particolari condizioni climatiche e/o ambientali. Tale incremento sarà da valutare anche per opere ubicate in siti isolati di difficile accesso.

OPERAZIONI DI PRECONSOLIDAMENTO

La valutazione di dette operazioni (ristabilimento parziale della coesione di materiale lapideo, ristabilimento della coesione degli intonaci per mezzo di pennelli, siringhe e pipette), data l'evidente difficoltà di stabilire l'esatta misura delle porzioni di materiale che necessitano l'esecuzione di questo intervento, verrà espressa secondo diversi criteri:

– a metro quadrato con un prezzo distinto secondo la percentuale di diffusione del fenomeno di degrado;

– -a singolo intervento per una diffusione del fenomeno entro il decimetro quadrato cui vanno riportati i casi al di sotto di questa misura;

La stesura di uno strato protettivo a base di malta idraulica su superfici disgregate lapidee o mosaici verrà valutata a singolo intervento per una diffusione del fenomeno entro il decimetro quadrato.

L'applicazione e la rimozione di bendaggi protettivi sarà valutata con un prezzo al decimetro quadrato nel caso di preconsolidamento su materiale lapideo e mosaici al metro quadrato nel caso di stucchi, intonaci e dipinti murari. Data la funzione di sostegno, la superficie da bendare dovrà sempre eccedere l'estensione del fenomeno di degrado che ne richiederà l'applicazione. La superficie minima sarà pari a un decimetro quadrato nel caso di materiale lapideo e mosaici ovvero, pari a 0,5 m² per stucchi, intonaci e dipinti murari a cui andranno riportati anche i casi di bendaggi al disotto di queste misure.

Il ristabilimento dell'adesione e della coesione della pellicola pittorica sarà stimato in metri quadrati o parti di metro quadrato delle porzioni di materiale interessato in maniera diffusa da distacchi o disgregazioni.

Il puntuale bloccaggio delle tessere mobili della superficie mosaicata sarà valutato a singolo intervento.

OPERAZIONI DI PULITURA

La valutazione di tutte le operazioni di pulitura eseguite su materiale lapideo, stucchi, dipinti murari, intonaci e mosaici (con sostante solventi a tampone o a pennello, a secco, ad umido, con impacco ecc.) sarà eseguita al metro quadrato o parti di metro quadrato delle porzioni di materiale interessate in maniera diffusa da strati e/o depositi soprammessi. Le rifiniture saranno valutate al decimetro quadrato per materiali lapidei ovvero al metro quadrato per stucchi e dipinti murari. Nel caso di puliture di dipinti murari nel suddetto prezzo sarà esclusa l'incidenza del risciacquo con acqua distillata e l'applicazione di materiale assorbente per l'estrazione di sali solubili e dei residui dei sali utilizzati per l'operazione di pulitura; le suddette operazioni saranno valutate al metro quadrato.

Allorché si parli di cicli di applicazione questi dovranno essere intesi come l'insieme di operazioni costituito dall'applicazione del prodotto indicato secondo il metodo descritto dalla D.L. e dalla successiva rimozione meccanica o manuale delle sostanze da esso solubilizzati.

Nell'uso della nebulizzazione o dell'automazione per puliture di materiali lapidei saranno a carico dell'appaltatore ed inclusi nel prezzo la canalizzazione delle acque di scarico e la protezione delle superfici circostanti mediante gomme siliconiche, teli di plastica e grondaie.

OPERAZIONI DI DISERBO E TRATTAMENTO DA ATTACCHI BIOLOGICI

Alla rimozione di vegetazione superiore saranno riferiti due diversi tipi di valutazione uno al metro quadrato uno al metro lineare tra loro alternativi; ciò in considerazione del fatto che questo fenomeno può verificarsi sia su ampie zone di diffusione sia lungo elementi rettilinei quali cornici, angoli, marcapiani oppure lungo fratture o fessure.

OPERAZIONI DI RIMOZIONI DI STUCCATURE O DI ELEMENTI NON IDONEI APPLICATI IN PRECEDENTI INTERVENTI

La valutazione del prezzo per la rimozione di stuccature (profondità massima 3 cm) non idonee eseguite nel corso di precedenti interventi seguirà tre criteri:

– al metro nei casi di stuccature con forma lunga e molto sottile servite per chiudere o sigillare fessurazioni;

– al metro quadrato nei casi di stuccature o rifacimenti abbastanza estesi (oltre il metro quadrato);

– -al decimetro quadrato nei casi di stuccature con estensione al di sotto del metro quadrato sarà in ogni caso utile dare tre diverse stime ovverosia entro 5 dm² tra 5 e 20 dm² tra 20 e 1 m².

La durezza del materiale utilizzato per le stuccature (gesso, calce, cemento, resina ecc.) resterà un criterio fondamentale di distinzione dei costi in quanto inciderà direttamente e sensibilmente sui relativi tempi di esecuzione così come lo stato di conservazione del manufatto modificherà, altrettanto sensibilmente, il tempo necessario alla rimozione.

Per l'asportazione di elementi metallici la valutazione sarà espressa per ciascuno elemento rimosso e sarà altresì differenziata a seconda dell'adesivo con cui saranno stati vincolati e della lunghezza degli stessi elementi.

La rimozione temporanea di inserti in pietra o di fasce, cerchiature o grosse staffe sarà valutata per ogni singolo intervento (previo eventuale progetto).

OPERAZIONI DI DISTACCO E RIADESIONE DI SCAGLIE, FRAMMENTI E PARTI PELLICOLANTI O CADUTE

Le operazioni in oggetto saranno valutate a singolo frammento in linea generale potranno essere individuate due categorie con relative valutazioni: frammento di dimensioni limitate che comprenderà sia la scaglia sia il pezzo più pesante ma comunque maneggiabile da un singolo operatore, frammento di grandi dimensioni che comprenderà un complesso di operazioni preparatorie e collaterali. In entrambi i casi qualora si rivelasse necessaria un'operazione di bendaggio preliminare questa sarà contabilizzata a parte secondo le indicazioni fornite alla relativa voce. Saranno altresì esclusi gli oneri di eventuali controforme di sostegno che dovranno essere aggiunti al costo dell'operazione.

La riadesione di frammenti di dimensioni limitate già distaccati o caduti, sarà valutata sempre al pezzo singolo e prevedrà una differenziazione di difficoltà nel caso di incollaggi semplici e di incollaggi con inserzioni di perni. In questo ultimo caso saranno contemplate ulteriori valutazioni dovute alla possibilità o meno di sfruttare eventuali vecchie sedi di perni, alla diversa lunghezza e al diverso materiale dei perni (titanio, acciaio inox, carbonio ecc.).

Il consolidamento di grosse fratture mediante iniezione di consolidanti e adesivi (organici ed inorganici) avrà una valutazione al metro, tuttavia per l'elevata incidenza delle fasi preparatorie verrà contemplata una superficie minima di 0,5 m a cui andranno riportati anche i casi di fatturazioni al di sotto di tale misura.

OPERAZIONI DI CONSOLIDAMENTO

Nell'operazione di consolidamento mediante impregnazione (ristabilimento della coesione di materiale lapideo, mosaici, ristabilimento della coesione della pellicola pittorica o doratura/argentatura all'intonaco per mezzo di pennelli, siringhe e pipette), data l'evidente difficoltà di stabilire l'esatta misura delle porzioni di materiale che necessitano l'esecuzione di questo intervento, verrà espressa secondo diversi criteri:

– -a metro quadrato con un prezzo distinto secondo la percentuale di diffusione del fenomeno di degrado ovverosia entro il 30% in un metro quadrato, tra il 30% e il 50% e tra il 50% ed il 100%.

– -a singolo intervento per una diffusione del fenomeno entro il decimetro quadrato cui vanno riportati i casi al disotto di questa misura.

Nell'operazione di ristabilimento dell'adesione tra supporto murario ed intonaco e tra i diversi strati di intonaco l'esecuzione di questo intervento verrà espressa:

– -a singolo intervento per distacchi contenuti in precise dimensioni ed espresse in decimetri quadrati;

– -a metro quadrato per distacchi di dimensioni più limitate ma diffuse sulla superficie secondo percentuali differenti.

Nell'operazione di consolidamento ad impacco il costo verrà valutato al metro quadrato, sarà contemplata una superficie minima di 1 m² a cui andranno riportati anche quei casi di impacchi al di sotto di questa misura. Il costo della manodopera sarà minore nel caso di oggetti a tutto tondo, dove l'impacco sarà sostenuto facilmente da una fasciatura, mentre aumenterà nel caso di superfici che richiederanno il sostegno dell'impacco con controforme e puntellature.

Il ristabilimento dell'adesione nei fenomeni di scagliatura ed esfoliazione su materiali lapidei eseguito in maniera puntuale mediante incollaggi con resine sintetiche, sarà valutato a singolo intervento, nel caso di ristabilimento dell'adesione eseguito mediante infiltrazione di malta idraulica verrà contemplata una superficie minima pari a 1 dm² a cui andranno riportati anche i casi di intervento al di sotto di questa misura.

Le operazioni di puntellatura provvisoria di applicazione di perni di distacco e di collocamento di piccole parti saranno da valutare a singolo intervento.

OPERAZIONI DI STUCCATURA, MICROSTUCCATURA E PRESENTAZIONE ESTETICA (COMPRENDENDO ANCHE LE INTEGRAZIONI PITTORICHE E LE PROTEZIONI SUPERFICIALI)

Le operazioni di stuccatura, in considerazione della diversa morfologia e delle dimensioni delle lacune saranno valutate secondo tre criteri:

– al metro lineare nei casi di stuccature con forma lunga e molto sottile al fine di chiudere o sigillare fessurazioni;

– -al metro quadrato nei casi di stuccature o rifacimenti abbastanza estesi (oltre il metro quadrato). Nel caso di dipinti murari saranno individuate tre diverse valutazioni che prevedranno su ogni metro quadrato di superficie una diversa percentuale di estensione di velature o reintegrazioni non idonee: entro il 70%, entro il 30% ed entro il 15%;

– -al decimetro quadrato nei casi di stuccature con estensione al di sotto del metro quadrato sarà in ogni caso utile dare tre diverse stime ovverosia entro 5 dm² tra 5 e 20 dm² tra 20 e 1 m².

La microstuccatura (ovvero la sigillatura di zone degradate per fenomeni di scagliature, esfoliazione, pitting, microfessurazione o microfratturazioni) sarà valutata al metro quadrato distinguendo tre percentuali di diffusione del fenomeno sul supporto: entro il 70%, entro il 30% ed entro il 15%.

La revisione estetica per l'equilibratura di stuccature ed integrazioni (ovvero la possibilità di assimilare al colore della pietra originale tutte le parti non equilibrate) verrà valutata al metro quadrato delle porzioni di materiale interessate in maniera diffusa dal fenomeno di squilibrio.

OPERAZIONI DI INTEGRAZIONI DI PARTI MANCANTI

L'integrazione delle lacune sarà differenziata secondo le tipologie di intervento e la valutazione di queste sarà al decimetro quadrato (dm²) per superfici comprese entro i 50 dm² e al metro quadrato per superfici superiori al metro quadrato.

OPERAZIONI DI PROTEZIONE

Le operazioni di protezioni dovranno essere valutate a superficie effettiva (m²) con detrazione dei vuoti o delle parti non interessate al trattamento con superficie singola superiore a 0,5 m².

Operazioni di stacco ed applicazioni nuovi supporti

Le operazioni saranno valutate al metro quadrato per interventi compresi entro i 2,5 m², oltre tale misura saranno valutate in riferimento al singolo progetto.

OPERAZIONI DI ASPORTAZIONE DI MOSAICI

La realizzazione della controforma rigida sarà valutata caso per caso valutando l'estensione e le difficoltà tecniche di realizzazione.

La velatura del mosaico sarà valutata al metro quadrato differenziando la stima per: tipo di colla, tipo di tela utilizzata e tipo di materiale costitutivo la tessera.

La valutazione dello strappo (ovvero l'asportazione esclusiva delle tessere e del *nucleus*) sarà eseguita al metro quadrato e sarà differenziata in base allo stato di conservazione del sottofondo e allo spessore delle tessere.

La valutazione dello stacco (ovvero l'asportazione delle tessere e del *radus*) sarà eseguita al metro quadrato e sarà differenziata in base allo stato di conservazione e allo spessore del sottofondo.

INFISSI IN LEGNO

Gli infissi, come porte, finestre, vetrate, coprirulli e simili, dovranno essere misurati da una sola faccia sul perimetro esterno dei telai, siano essi semplici o a cassettoni, senza tener conto degli zampini da incassare nei pavimenti o soglie. Le pareti mobili saranno, similmente, computate a superficie con lo stesso criterio. Le parti centinate dovranno essere valutate secondo la superficie del minimo rettangolo circoscritto, ad infisso chiuso, compreso come sopra il telaio maestro, se esistente. Nel prezzo degli infissi risulteranno comprese e compensate le mostre e contromostre; nel caso in cui vengano montate separatamente dall'infisso dovranno essere misurate linearmente lungo la linea di massimo sviluppo.

Le serrande avvolgibili si computeranno al metro quadrato aumentando la luce netta di 5 cm in larghezza e 20 cm in altezza; le persiane a cerniera o scuri esterni verranno calcolati sulla base della superficie misurata sul filo esterno degli stessi includendo nel prezzo di tutti i tipi di persiane, le mostre, le guide, le cerniere ed il loro fissaggio, i copribili ed ogni altro onere.

Gli spessori indicati nelle varie voci della tariffa sono quelli che debbono risultare a lavoro compiuto.

Tutti gli infissi dovranno essere sempre provvisti delle ferramenta di sostegno e di chiusura, delle codette a muro, maniglie e di ogni altro accessorio occorrente per il loro buon funzionamento. Essi dovranno inoltre corrispondere in ogni particolare ai campioni approvati dalla D.L.

I prezzi elencati comprendono la fornitura a piè d'opera dell'infisso e dei relativi accessori di cui sopra, l'onere dello scarico e del trasporto sino ai singoli vani di destinazione e la posa in opera. Superfici unitarie non inferiori a 1,5 m².

INFISSI IN ALLUMINIO O IN LEGHE LEGGERE

Gli infissi di alluminio o in leghe leggere, come finestre, vetrate di ingresso, porte, pareti a facciate continue, saranno valutati singolarmente (cadauno) ovvero al metro quadrato di superficie misurata all'esterno delle mostre e coprifili e compensati con le rispettive voci d'elenco. Nei prezzi sono compresi i controtelai da murare tutte le ferramenta e le eventuali pompe a pavimento per la chiusura automatica delle vetrate, nonché tutti gli oneri derivanti dall'osservanza delle norme e prescrizioni contenute nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione. Superfici unitarie non inferiori a 1,5 m².

INFISSI IN FERRO O IN ALTRO METALLO

Gli infissi in ferro o in altro materiale (ad eccezione delle leghe leggere) verranno compensati a peso salvo le serrande avvolgibili in metallo, cancelli riducibili a serrande a maglia, la cui posa in opera verrà liquidata al metro quadrato di luce netta minima fra stipiti e le soglie.

LAVORI IN LEGNO

Nella valutazione dei legnami non dovrà essere tenuto conto degli incastri e dei nodi necessari per l'unione dei diversi pezzi, allo stesso modo non dovranno essere detratte le relative mancanze o intagli. I prezzi inerenti, la lavorazione e la posizione in opera dei legnami saranno comprensivi di ogni compenso per la fornitura di tutta la chioderia, delle staffe, dei bulloni ecc. occorrente per gli sfridi, per l'esecuzione degli incastri e degli innesti di qualunque specie, per palchi di servizio e/o per qualunque altro mezzo provvisionale e lavoro per il sollevamento il trasporto e la posa in opera.

La grossa armatura dei tetti (capriate, arcarecci, terzere, puntoni ecc.) e dei solai (travi principali) dovrà essere misurata in metri cubi di legname in opera, nel suddetto prezzo saranno comprese e compensate la ferramenta, la catramatura delle teste, nonché tutti gli oneri elencati sopra.

LAVORI IN METALLO

Tutti i lavori in metallo dovranno essere, in generale, valutati a peso; i relativi prezzi verranno applicati a lavorazione completamente ultimata, al peso effettivo dei metalli determinato prima della loro posa in opera, con pesatura diretta fatta in contraddittorio ed a spese dell'appaltatore, escludendo dal peso le verniciature e coloriture.

Nei prezzi dei lavori in metallo sarà compreso ogni compenso per forniture accessorie, per lavorazioni, montatura e posizione in opera; saranno pertanto anche compresi e compensati l'esecuzione dei necessari fori e degli incastri nelle murature e pietre da taglio, le piombature, le sigillature e le malte.

I prezzi dei profilati in ferro (a doppio "T" , ad "H", ad "L" a "C" o con qualsiasi altro profilo) per solai, piattabande, collegamenti ecc., varranno anche in caso di eccezionale lunghezza, considerevole ampiezza di sezione e specifica tipologia per cui sia richiesta un'apposita fabbricazione. Saranno altresì compensati, oltre il trasporto in alto o la discesa in basso, tutte le provviste, tagli, lavorazioni ecc., necessari per congiungere le teste di tutte le travi dei solai con tondini, tiranti, cordoli in cemento armato ossia applicazione di chiavi, coprichiavi, chiavarde, staffe, bulloni, chiodature ecc. nonché tutte le procedure necessarie al fine di garantire le travi ai muri d'ambito ovvero per collegare due o più travi tra loro. Sarà inoltre, compensato ogni altro lavoro prescritto dalla D.L. per la perfetta riuscita del solaio e per far esercitare alle travi la funzione di collegamento sui muri d'ambito.

Nel prezzo del ferro per armature di opere in cemento armato, oltre alla lavorazione e ad ogni sfrido sarà compreso l'onere per la legatura di ogni singolo elemento con filo di ferro, la fornitura del filo di ferro e la posa in opera dell'armatura stessa.

LAVORI IN VETRO O CRISTALLO

Saranno valutate riferendosi alle superfici effettive (m²) di ciascun elemento all'atto della posa in opera. Per gli elementi non rettangolari si assume come superficie quella del minimo rettangolo circoscrivibile. Il prezzo risulterà comprensivo del mastice, dei siliconi, delle punte per il fissaggio, delle lastre e delle eventuali guarnizioni in gomma, prescritte per i telai in ferro. Superfici unitarie non inferiori a 0,5 m².

LATTONERIE

Le opere da lattoniere quali, canali di gronda, scossaline, converse, pluviali, saranno misurate a peso. Nel prezzo sarà compresa la fornitura di cicogne, tiranti, grappe, cravatte, armille, collari. I tubi in ghisa si valuteranno a peso; i tubi in PVC, cemento amianto, cemento, grès ceramico, saranno valutati a metro lineare.

COIBENTAZIONI

Verranno valutate a superficie, a volume ovvero a metro lineare a seconda delle indicazioni delle singole voci, con detrazione dei vuoti e delle zone non protette con superficie superiore a 0,5 m². In linea generale si utilizzerà il metro quadrato per solai o pareti di appoggio ed il metro lineare per il rivestimento isolante di tubazioni (salvo nel caso di isolanti a lastre nel qual caso si utilizzerà il metro quadrato). Nel prezzo è compreso ogni e qualunque compenso per forniture accessorie, per lavorazioni, montatura e posizione in opera.

IMPERMEABILIZZAZIONI

Le impermeabilizzazioni dovranno essere valutate a superficie effettiva (m²) con detrazione dei vuoti o delle parti non impermeabilizzate con superficie singola superiore a 0,5 m². I risvolti da realizzare per l'impermeabilizzazione del raccordo con le superfici verticali verranno calcolati al metro quadrato solo quando la loro altezza, rispetto al piano orizzontale di giacitura della guaina, sia superiore a 15 cm. Nel prezzo è compreso ogni e qualunque compenso per forniture accessorie, per lavorazioni, montatura e posizione in opera; saranno pertanto anche compresi e compensati la sigillatura a caldo delle sovrapposizioni, la creazione di giunti e connessioni e quanto altro richiesto.

CANNE FUMARIE

Le opere dovranno essere valutate al metro lineare (ml) e per sezione come indicato nelle singole voci.

MANODOPERA

Gli operai per i lavori in economia dovranno essere idonei al lavoro per il quale sono richiesti e dovranno essere provvisti dei necessari attrezzi.

L'Appaltatore è obbligato, senza compenso alcuno, a sostituire tutti quegli operai non graditi alla D.L.

Circa le prestazioni di manodopera saranno osservate le disposizioni e convenzioni stabilite dalle Leggi e dai contratti collettivi di lavoro, stipulati e convalidati a norma delle leggi sulla disciplina giuridica dei rapporti collettivi cioè quanto disposto dalla legge 300/1970 (Statuto dei lavoratori), ed in particolare quanto previsto dall'art. 36 della suddetta legge.

IMPIANTI TERMICO, IDRICO-SANITARIO, ANTINCENDIO, GAS, INNAFFIAMENTO

a) Tubazioni e canalizzazioni

Le tubazioni di ferro e di acciaio saranno valutate a peso, la quantificazione verrà effettuata misurando l'effettivo sviluppo lineare in opera, comprendendo linearmente anche i pezzi speciali, al quale verrà applicato il peso unitario del tubo accertato attraverso la pesatura di campioni effettuata in cantiere in contraddittorio.

Nella misurazione a chilogrammi di tubo sono compresi: i materiali di consumo e tenuta, la verniciatura con una mano di antiruggine per le tubazioni di ferro nero, la fornitura delle staffe di sostegno ed il relativo fissaggio con tasselli di espansione.

– -Le tubazioni di ferro nero o zincato con rivestimento esterno bituminoso saranno valutate al metro lineare; la quantificazione verrà valutata misurando l'effettivo sviluppo lineare in opera, comprendente linearmente anche i pezzi speciali.

Nelle misurazioni sono comprese le incidenze dei pezzi speciali, gli sfridi, i materiali di consumo e di tenuta e l'esecuzione del rivestimento in corrispondenza delle giunzioni e dei pezzi speciali.

– -Le tubazioni di rame nude o rivestite di pvc saranno valutate al metro lineare; la quantificazione verrà effettuata misurando l'effettivo sviluppo lineare in opera, comprendendo linearmente anche i pezzi speciali, i materiali di consumo e di tenuta, l'esecuzione del rivestimento in corrispondenza delle giunzioni e dei pezzi speciali, la fornitura delle staffe di sostegno ed il relativo fissaggio con tasselli ad espansione.

– -Le tubazioni in pressione di polietilene poste in vista o interrate saranno valutate al metro lineare; la quantificazione verrà effettuata misurando l'effettivo sviluppo lineare in opera, comprendendo linearmente anche i vari pezzi speciali, la fornitura delle staffe di sostegno e il relativo fissaggio con tasselli ad espansione.

– -Le tubazioni di plastica, le condutture di esalazione, ventilazione e scarico saranno valutate al metro lineare; la quantificazione verrà effettuata misurando l'effettivo sviluppo lineare in opera (senza tener conto delle parti sovrapposte) comprendendo linearmente anche i pezzi speciali, gli sfridi, i materiali di tenuta, la fornitura delle staffe di sostegno e il relativo fissaggio con tasselli ad espansione.

– -I canali, i pezzi speciali e gli elementi di giunzione, eseguiti in lamiera zincata (mandata e ripresa dell'aria) o in lamiera di ferro nera (condotto dei fumi) saranno valutati a peso sulla base di pesature convenzionali. La quantificazione verrà effettuata misurando l'effettivo sviluppo lineare in opera, misurato in mezzeria del canale, comprendendo linearmente anche i pezzi speciali, giunzioni, flange, risvolti della lamiera, staffe di sostegno e fissaggi, al quale verrà applicato il peso unitario della lamiera secondo lo spessore e moltiplicando per i metri quadrati della lamiera, ricavati questi dallo sviluppo perimetrale delle sezioni di progetto moltiplicate per le varie lunghezze parziali.

Il peso della lamiera verrà stabilito sulla base di listini ufficiali senza tener conto delle variazioni percentuali del peso.

È compresa la verniciatura con una mano di antiruggine per gli elementi in lamiera nera.

b) Apparecchiature

– Gli organi di intercettazione, misura e sicurezza, saranno valutati a numero nei rispettivi diametri e dimensioni. Sono comprese le incidenze per i pezzi speciali di collegamento ed i materiali di tenuta.

– I radiatori saranno valutati, nelle rispettive tipologie, sulla base dell'emissione termica ricavata dalle rispettive tabelle della ditta costruttrice (*watt*).

  Sono comprese la protezione antiruggine, i tappi e le riduzioni agli estremi, i materiali di tenuta e le mensole di sostegno.

– -I ventilconvettori saranno valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche costruttive ed in relazione alla portata d'aria e alla emissione termica, ricavata dalle tabelle della ditta costruttrice.

  Nei prezzi sono compresi i materiali di tenuta.

– Le caldaie saranno valutate a numero secondo le caratteristiche costruttive ed in relazione alla potenzialità resa.

  Sono compresi i pezzi speciali di collegamento ed i materiali di tenuta.

– -I bruciatori saranno valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche di funzionamento ed in relazione alla portata del combustibile.

  Sono compresi l'apparecchiatura elettrica ed i tubi flessibili di collegamento.

– Gli scambiatori di calore saranno valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche costruttive e di funzionamento ed in relazione alla potenzialità resa.

  Sono compresi i pezzi speciali di collegamento ed i materiali di tenuta.

– Le elettropompe saranno valutate a numero secondo le rispettive caratteristiche costruttive e di funzionamento ed in relazione alla portata e prevalenza.

  Sono compresi i pezzi speciali di collegamento ed i materiali di tenuta.

– -I serbatoi di accumulo saranno valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche costruttive ed in relazione alla capacità.

  Sono compresi gli accessori d'uso, i pezzi speciali di collegamento ed i materiali di tenuta.

– -I serbatoi autoclave saranno valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche costruttive ed in relazione alla capacità.

  Sono compresi gli accessori d'uso, i pezzi speciali di collegamento ed i materiali di tenuta.

– -I gruppi completi autoclave monoblocco saranno valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche costruttive, in relazione alla portata e prevalenza delle elettropompe ed alla capacità del serbatoio. Sono compresi gli accessori d'uso, tutte le apparecchiature di funzionamento, i pezzi speciali di collegamento ed i materiali di tenuta.

– -Le bocchette, gli anemostati, le griglie, le serrande di regolazione, sovrappressione e tagliafuoco ed i silenziatori saranno valutati a decimetro quadrato ricavando le dimensioni dai rispettivi cataloghi delle ditte costruttrici.

  Sono compresi i controtelai ed i materiali di collegamento.

– -Le cassette terminali riduttrici della pressione dell'aria saranno valutate a numero in relazione della portata dell'aria.

  È compresa la fornitura e posa in opera di tubi flessibili di raccordo, i supporti elastici e le staffe di sostegno.

– -Gli elettroventilatori saranno valutati a numero secondo le loro caratteristiche costruttive e di funzionamento ed in relazione alla portata e prevalenza.

  Sono compresi i materiali di collegamento.

– -Le batterie di scambio termico saranno valutate a superficie frontale per il numero di ranghi.

  Sono compresi i materiali di fissaggio e collegamento.

– I condizionatori monoblocco, le unità di trattamento dell'aria, i generatori di aria calda ed i recuperatori di calore, saranno valutati a numero secondo le loro caratteristiche costruttive e di funzionamento ed in relazione alla portata d'aria e alla emissione termica.

  Sono compresi i materiali di collegamento.

– -I gruppi refrigeratori d'acqua e le torri di raffreddamento saranno valutati a numero secondo le loro caratteristiche costruttive e di funzionamento ed in relazione alla potenzialità resa.

  Sono comprese le apparecchiature elettriche relative ed i pezzi speciali di collegamento.

– Gli apparecchi per il trattamento dell'acqua saranno valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche costruttive e di funzionamento ed in relazione alla portata.

  Sono comprese le apparecchiature elettriche relative ed i pezzi speciali di collegamento.

– -I gruppi completi antincendio UNI 9487 DN 45 e 70, per attacco motopompa e gli estintori portatili, saranno valutati a numero secondo i rispettivi componenti ed in relazione alla capacità.

– -I rivestimenti termoisolanti saranno valutati al metro quadrato di sviluppo effettivo misurando la superficie esterna dello strato coibente.

  Le valvole, le saracinesche saranno valutate con uno sviluppo convenzionale di 2 m² cadauna.

– -Le rubinetterie per gli apparecchi sanitari saranno valutate a numero per gruppi completi secondo le rispettive caratteristiche, tipologie e dimensioni.

  Sono compresi i materiali di tenuta.

– -Le valvole, le saracinesche e le rubinetterie varie saranno valutate a numero secondo le rispettive caratteristiche e dimensioni.

  Sono compresi i materiali di tenuta.

– -I quadri elettrici relativi alle centrali, i tubi protettivi, le linee elettriche di alimentazione e di comando delle apparecchiature, le linee di terra ed i collegamenti equipotenziali sono valutati nel prezzo di ogni apparecchiatura a piè d'opera alimentata elettricamente.

IMPIANTI ELETTRICO E TELEFONICO

a) Canalizzazioni e cavi

– -I tubi di protezione, le canalette portacavi, i condotti sbarre, il piatto di ferro zincato per le reti di terra, saranno valutati al metro lineare misurando l'effettivo sviluppo lineare in opera.

  Sono comprese le incidenze per gli sfridi e per i mezzi speciali per gli spostamenti, raccordi, supporti, staffe, mensole e morsetti di sostegno ed il relativo fissaggio a parete con tasselli ad espansione.

– -I cavi multipolari o unipolari di MT e di BT saranno valutati al metro lineare misurando l'effettivo sviluppo lineare in opera, aggiungendo 1 *m* per ogni quadro al quale essi sono attestati.

  Nei cavi unipolari o multipolari di MT e di BT sono comprese le incidenze per gli sfridi, i capi corda ed i marca cavi, esclusi i terminali dei cavi di MT.

– -I terminali dei cavi a MT saranno valutati a numero. Nel prezzo dei cavi di MT sono compresi tutti i materiali occorrenti per l'esecuzione dei terminali stessi.

– -I cavi unipolari isolati saranno valutati al metro lineare misurando l'effettivo sviluppo in opera, aggiungendo 30 *cm* per ogni scatola o cassetta di derivazione e 20 cm per ogni scatola da frutto.

  Sono comprese le incidenze per gli sfridi, morsetti volanti fino alla sezione di 6 mm², morsetti fissi oltre tale sezione.

– Le scatole, le cassette di derivazione ed i box telefonici, saranno valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche, tipologia e dimensione.

  Nelle scatole di derivazione stagne sono compresi tutti gli accessori quali passacavi, pareti chiuse, pareti a cono, guarnizioni di tenuta, in quelle dei box telefonici sono comprese le morsettiere.

b) Apparecchiature in generale e quadri elettrici

– -Le apparecchiature in generale saranno valutate a numero secondo le rispettive caratteristiche, tipologie e portata entro i campi prestabiliti.

  Sono compresi tutti gli accessori per dare in opera l'apparecchiatura completa e funzionante.

– -I quadri elettrici saranno valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche e tipologie in funzione di:

  • superficie frontale della carpenteria e relativo grado di protezione (IP);

  • numero e caratteristiche degli interruttori, contattori, fusibili, ecc.

  Nei quadri la carpenteria comprenderà le cerniere, le maniglie, le serrature, i pannelli traforati per contenere le apparecchiature, le etichette, ecc.

  Gli interruttori automatici magnetotermici o differenziali, i sezionatori ed i contattori da quadro, saranno distinti secondo le rispettive caratteristiche e tipologie quali:

  a) il numero dei poli;

b) la tensione nominale;

c) la corrente nominale;

d) il potere di interruzione simmetrico;

e) -il tipo di montaggio (contatti anteriori, contatti posteriori, asportabili o sezionabili su carrello); comprenderanno l'incidenza dei materiali occorrenti per il cablaggio e la connessione alle sbarre del quadro e quanto occorre per dare l'interruttore funzionante.

– -I corpi illuminanti saranno valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche, tipologie e potenzialità.

Sono comprese le lampade, i portalampade e tutti gli accessori per dare in opera l'apparecchiatura completa e funzionante.

– -I frutti elettrici di qualsiasi tipo saranno valutati a numero di frutto montato.

Sono escluse le scatole, le placche e gli accessori di fissaggio che saranno valutati a numero.

IMPIANTI ASCENSORI E MONTACARICHI

Gli impianti saranno valutati a corpo per ciascun impianto.

Nel prezzo a corpo sono compresi tutti i materiali e prestazioni di manodopera specializzata necessari per dare l'impianto completo e funzionante.

OPERE DI ASSISTENZA AGLI IMPIANTI

Le opere e gli oneri di assistenza di tutti gli impianti compensano e comprendono le seguenti prestazioni:

– -scarico dagli automezzi, collocazione in loco compreso il tiro in alto ai vari piani e sistemazione in magazzino di tutti i materiali pertinenti agli impianti;

– -apertura e chiusura di tracce, predisposizione e formazione di fori ed asole su murature e strutture di calcestruzzo armato;

– -muratura di scatole, cassette, sportelli, controtelai di bocchette, serrande e griglie, guide e porte ascensori;

– -fissaggio di apparecchiature in genere ai relativi basamenti e supporti;

– -formazione di basamenti di calcestruzzo o muratura e, ove richiesto, la interposizione di strato isolante, baggioli, ancoraggi di fondazione e nicchie;

– -manovalanza e mezzi d'opera in aiuto ai montatori per la movimentazione inerente alla posa in opera di quei materiali che per il loro peso e/o volume esigono tali prestazioni;

– i materiali di consumo ed i mezzi d'opera occorrenti per le prestazioni di cui sopra;

– il trasporto alla discarica dei materiali di risulta delle lavorazioni;

– scavi e rinterri relativi a tubazioni od apparecchiature poste interrate;

– ponteggi di servizio interni ed esterni;

– -le opere e gli oneri di assistenza agli impianti dovranno essere calcolati in ore lavoro sulla base della categoria della manodopera impiegata e della quantità di materiali necessari e riferiti a ciascun gruppo di lavoro.

MANODOPERA

Gli operai per i lavori in economia dovranno essere idonei al lavoro per il quale sono richiesti e dovranno essere provvisti dei necessari attrezzi.

L'Appaltatore è obbligato, senza compenso alcuno, a sostituire tutti quegli operai che non riescano di gradimento alla Direzione dei Lavori.

Circa le prestazioni di manodopera saranno osservate le disposizioni e convenzioni stabilite dalle leggi e dai contratti collettivi di lavoro, stipulati e convalidati a norma delle leggi sulla disciplina giuridica dei rapporti collettivi.

Nell'esecuzione dei lavori che formano oggetto del presente appalto, l'impresa si obbliga ad applicare integralmente tutte le norme contenute nel contratto collettivo nazionale di lavoro per gli operai dipendenti dalle aziende industriali edili ed affini e negli accordi locali integrativi dello stesso, in vigore per il tempo e nella località in cui si svolgono i lavori anzidetti.

L'impresa si obbliga altresì ad applicare il contratto e gli accordi medesimi anche dopo la scadenza e fino alla sostituzione e, se cooperative, anche nei rapporti con i soci.

I suddetti obblighi vincolano l'impresa anche se non sia aderente alle associazioni stipulanti o receda da esse e indipendentemente dalla natura industriale della stessa e da ogni altra sua qualificazione giuridica, economica o sindacale.

L'impresa è responsabile in rapporto alla stazione appaltante dell'osservanza delle norme anzidette da parte degli eventuali subappaltatori nei confronti dei rispettivi loro dipendenti, anche nei casi in cui il contratto collettivo non disciplini l'ipotesi del subappalto.

Il fatto che il subappalto sia o non sia stato autorizzato, non esime l'impresa dalla responsabilità di cui al comma precedente e ciò senza pregiudizio degli altri diritti della stazione appaltante.

Non sono, in ogni caso, considerati subappalti le commesse date dall'impresa ad altre imprese:

a) per la fornitura di materiali;

b) -per la fornitura anche in opera di manufatti ed impianti speciali che si eseguono a mezzo di ditte specializzate.

In caso di inottemperanza agli obblighi precisati nel presente articolo, accertata dalla stazione appaltante o ad essa segnalata dall'Ispettorato del Lavoro, la stazione appaltante medesima comunicherà all'Impresa e, se del caso, anche all'Ispettorato suddetto, l'inadempienza accertata e procederà ad una detrazione del 20% sui pagamenti in acconto, se i lavori sono in corso di esecuzione, ovvero alla sospensione del pagamento del saldo, se i lavori sono stati ultimati, destinando le somme così accantonate a garanzia dell'adempimento degli obblighi di cui sopra.

Il pagamento all'impresa delle somme accantonate non sarà effettuato sino a quando dall'Ispettorato del Lavoro non sia stato accertato che gli obblighi predetti sono stati integralmente adempiuti.

Per le detrazioni e sospensione dei pagamenti di cui sopra, l'impresa non può opporre eccezioni alla stazione appaltante, né ha titolo al risarcimento di danni.

PONTEGGI

I ponteggi esterni ed interni di altezza sino a 4,50 m dal piano di posa si intenderanno sempre compensati con la voce di elenco prezzi relativa al lavoro che ne richieda l'installazione. Ponteggi di maggior altezza, quando necessari, si intenderanno compensati a parte, una sola volta, per il tempo necessario alla esecuzione delle opere di riparazione, conservazione, consolidamento, manutenzione.

NOLEGGI

Le macchine e gli attrezzi dati a noleggio debbono essere in perfetto stato di servibilità e provvisti di tutti gli accessori necessari per il loro regolare funzionamento.

Sono a carico esclusivo dell'Appaltatore la manutenzione degli attrezzi e delle macchine. Il prezzo comprende gli oneri relativi alla mano d'opera, al combustibile, ai lubrificanti, ai materiali di consumo, all'energia elettrica e a tutto quanto occorre per il funzionamento delle macchine.

Con i prezzi di noleggio delle motopompe, oltre la pompa sono compensati il motore, o la motrice, il gassogeno e la caldaia, la linea per il trasporto dell'energia elettrica ed, ove occorra, anche il trasformatore.

I prezzi di noleggio di meccanismi in genere, si intendono corrisposti per tutto il tempo durante il quale i meccanismi rimangono a piè d'opera a disposizione dell'Amministrazione, e cioè anche per le ore in cui i meccanismi stessi non funzionano, applicandosi il prezzo stabilito per meccanismi in funzione soltanto alle ore in cui essi sono in attività di lavoro; quello relativo a meccanismi in riposo in ogni altra condizione di cose, anche per tutto il tempo impiegato per riscaldare la caldaia e per portare a regime i meccanismi.

Nel prezzo del noleggio sono compresi e compensati gli oneri e tutte le spese per il trasporto a piè d'opera, montaggio, smontaggio ed allontanamento dei detti meccanismi.

Per il noleggio dei carri e degli autocarri il prezzo verrà corrisposto soltanto per le ore di effettivo lavoro, rimanendo escluso ogni compenso per qualsiasi altra causa o perditempo.

TRASPORTI

Con i prezzi dei trasporti s'intende compensata anche la spesa per i materiali di consumo, la mano d'opera del conducente, e ogni altra spesa occorrente. I mezzi di trasporto per i lavori in economia debbono essere forniti in pieno stato di efficienza e corrispondere alle prescritte caratteristiche.

La valutazione delle materie da trasportare è fatta, a seconda dei casi, a volume o a peso, con riferimento alla distanza.

CAPO III

Qualità e provenienza dei materiali e dei componenti

Si precisa che per evitare descrizioni che potrebbero risultare difficilmente rappresentabili, in alcuni articoli del presente capitolato sono stati prescritti alcuni materiali da costruzione con l'indicazione del tipo previsto dal progettista: ciò non costituisce forma di propaganda né costituisce un obbligo di approvvigionamento nei confronti dell'Impresa, la quale è libera di rifornirsi dove meglio le aggrada, ma costituisce un riferimento circa la tipologia e le caratteristiche dei materiali da porre in opera, per quanto riguarda sia le dimensioni sia le proprietà fisiche sia le proprietà meccaniche; i materiali utilizzati dovranno pertanto essere qualitativamente equivalenti o superiori ed in nessun caso inferiori a quelli prescritti.

Si fa presente che con il termine "materiale lapideo" dovranno sempre essere intesi (in accordo con i documenti UNINorMaL) oltre che i marmi e le pietre propriamente detti, anche gli stucchi, le malte, gli intonaci (affrescati, dipinti a secco, graffiti) ed i prodotti ceramici come laterizi e cotti.

Art. 1 - Materiali in genere

È regola generale intendere che i materiali, i prodotti ed i componenti occorrenti, realizzati con materiali e tecnologie tradizionali e/o artigianali, necessari per i lavori di conservazione, restauro, risanamento o manutenzione da eseguirsi sui manufatti potranno provenire da quelle località che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza, purché, ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori e degli eventuali organi competenti preposti alla tutela del patrimonio storico, artistico, architettonico, archeologico e monumentale, siano riconosciuti della migliore qualità, simili, ovvero il più possibile compatibili con i materiali preesistenti, così da non risultare incompatibili con le proprietà chimiche, fisiche e meccaniche dei manufatti oggetto di intervento.

Nel caso di prodotti industriali (ad es., malte premiscelati) la rispondenza a questo capitolato potrà risultare da un attestato di conformità rilasciato dal produttore e comprovato da idonea documentazione e/o certificazione.

L'Appaltatore avrà l'obbligo, durante qualsivoglia fase lavorativa, di eseguire o fare effettuare, presso gli stabilimenti di produzione e/o laboratori ed istituti in possesso delle specifiche autorizzazioni, tutte le campionature e prove preliminari sui materiali (confezionati direttamente in cantiere o confezionati e forniti da ditte specializzate) impiegati e da impiegarsi (in grado di garantire l'efficacia e la non nocività dei prodotti da utilizzarsi) prescritte nel presente capitolato e/o stabilite dalla Direzione Lavori. Tali verifiche dovranno fare riferimento alle indicazioni di progetto, alle normative UNI e alle raccomandazioni NorMaL recepite dal Ministero per i Beni Culturali con decreto 11 novembre 1982, n. 2093. Il prelievo dei campioni (da eseguirsi secondo le prescrizioni indicate nelle raccomandazione NorMaL) dovrà essere effettuato in contraddittorio con l'Appaltatore e sarà appositamente verbalizzato.

In particolare, su qualsiasi manufatto di valore storico-architettonico-archeologico, ovvero sul costruito attaccato, in modo più o meno aggressivo da agenti degradanti, oggetto di intervento di carattere manutentivo, conservativo o restaurativo, e se previsto dagli elaborati di progetto l'Appaltatore dovrà mettere in atto una serie di operazioni legate alla conoscenza fisico materica, patologica in particolare:

– determinazione dello stato di conservazione del costruito oggetto di intervento;
– individuazione degli agenti patogeni in aggressione;
– individuazione delle cause dirette e/o indirette nonché i meccanismi di alterazione.

Nel caso che la Direzione dei Lavori, a suo insindacabile giudizio, non reputasse idonea tutta o parte di una fornitura di materiale sarà obbligo dell'Appaltatore provvedere prontamente e senza alcuna osservazione in merito, alla loro rimozione (con altri materiali idonei rispondenti alle caratteristiche ed ai requisisti richiesti) siano essi depositati in cantiere, completamente o parzialmente in opera. Sarà inteso che l'Appaltatore resterà responsabile per quanto ha attinenza con la qualità dei materiali approvvigionati anche se valutati idonei dalla D.L., sino alla loro accettazione da parte dell'Amministrazione in sede di collaudo finale.

Art. 2 - Acqua, calci, gesso

ART. 2.1 ACQUA

L'acqua per l'impasto con leganti idraulici od aerei (UNI EN 1008) dovrà essere dolce e limpida con un pH neutro (compreso tra 6 ed 8) con una torbidezza non superiore al 2%, priva di sostanze organiche o grassi ed esente di sali (particolarmente solfati, cloruri e nitrati in concentrazione superiore allo 0,5%) in percentuali dannose e non essere aggressiva per l'impasto risultante. In caso di necessità, dovrà essere trattata per ottenere il grado di purezza richiesto per l'intervento da eseguire. In taluni casi dovrà essere, altresì, additivata per evitare l'instaurarsi di reazioni chimico – fisiche che potrebbero causare

la produzione di sostanze pericolose (DM 9 gennaio 1996 – Allegato I).

Tutte le acque naturali limpide (con l'esclusione di quelle meteoriche o marine) potranno essere utilizzate per le lavorazioni. Dovrà essere vietato l'uso, per qualsiasi lavorazione, di acque provenienti da scarichi industriali o civili. L'impiego di acqua di mare, salvo esplicita autorizzazione della D.L., non sarà consentito e, sarà comunque tassativamente vietato l'utilizzo di tale acqua per calcestruzzi armati, e per strutture con materiali metallici soggetti a corrosione.

ART. 2.2 CALCI

Le calci aeree ed idrauliche, dovranno rispondere ai requisiti di accettazione di cui al RD n. 2231 del 16 novembre 1939, "Norme per l'accettazione delle calci" e ai requisiti di cui alla normativa europea UNI EN 459-1:2001 "Calci da costruzione. Definizione, specifiche criteri di conformità"; UNI EN 459-2:2001 "Calci da costruzione. Metodi di prova"; UNI EN 459-3:2001 "Calci da costruzione. Valutazione di conformità".

CALCI AEREE

Le calci aeree (costituite prevalentemente da ossido o idrossido di calcio con quantità minori di magnesio, silicio, alluminio e ferro) sono classificate in base al loro contenuto di (CaO+MgO)[1]; si distinguono in:

1) -*Calci calciche (CL)* calci costituite prevalentemente da ossido o idrossido di calcio (il calcare calcico è un calcare che dovrà contenere dallo 0% al 5% di carbonato di magnesio UNI 10319) senza alcuna aggiunta di materiali idraulico pozzolanici;

2) -*Calci dolomitiche (DL)* calci costituite prevalentemente da ossido di calcio e di magnesio o idrossido di calcio e di magnesio (il calcare dolomitico è un calcare che dovrà contenere dal 35% al 45% di carbonato di magnesio) senza alcuna aggiunta di materiali idraulico pozzolanici. Questo tipo di calce potrà essere commercializzato nella versione semi-idratata[2] (S1) o completamente idratata[3] (S2).

Le calci aeree potranno, anche essere classificate in base alla loro condizione di consegna: calci vive (Q) o calci idrate (S).

a) *Calci vive (Q)* calci aeree (includono le calci calciche e le calci dolomitiche) costituite prevalentemente da ossido di calcio ed ossido di magnesio ottenute per calcinazione di rocce calcaree e/o dolomitiche. Le calci vive hanno una reazione esotermica quando entrano in contatto con acqua. Possono essere vendute in varie pezzature che vanno dalle zolle al materiale finemente macinato.

b) *Calci idrate (S)* calci aeree, (calci calciche o calci dolomitiche) ottenute dallo spegnimento controllato delle calci vive. Le calci spente sono prodotte, in base alla quantità di acqua utilizzata nell'idratazione, in forma di polvere secca, di grassello o di liquido (latte di calce):

– -calce idrata in polvere di colore biancastro derivata dalla calcinazione a bassa temperatura di calcari puri con meno del 10% d'argilla; si differenzia dal grassello per la quantità di acqua somministrata durante lo spegnimento della calce viva (ossido di Calcio), nella calce idrata la quantità di acqua impiegata è quella stechiometrica (3,22 parti di acqua per 1 parte di CaO). Può essere utilmente impiegata come base per la formazione di stucchi lucidi, per intonaci interni e per tinteggiature;

– -grassello di calce o calce aerea "spenta" (idrata) in pasta ottenuta per lento spegnimento ad "umido" (cioè in eccesso di acqua rispetto a quella chimicamente sufficiente circa 3-4 volte il suo peso) della calce con impurità non superiori al 5%. Le caratteristiche plastiche ed adesive del grassello, migliorano e vengono esaltate con un prolungato periodo di stagionatura in acqua, prima di essere impiegato. Il grassello, si dovrà presentare sotto forma di pasta finissima, perfettamente bianca morbida e quasi untuosa non dovrà indurire se esposto in ambienti umidi o immerso nell'acqua, indurirà invece in presenza di aria per essiccamento e lento assorbimento di anidride carbonica. La stagionatura minima nelle fosse sarà di 6 mesi per il confezionamento delle malte da allettamento e da costruzione e di 12 mesi per il confezionamento delle malte da intonaco o da stuccatura. Nel cantiere moderno è in uso ricavare il grassello mediante l'aggiunta di acqua (circa il 20%) alla calce idrata in polvere, mediante questa "procedura" (che in ogni caso necessita di una stagionatura minima di 24 ore) si ottiene un prodotto scadente di limitate qualità plastiche, adesive e coesive;

– -latte di calce ovvero "legante" per tinteggi, velature e scialbature ricavato dal filtraggio di una soluzione particolarmente acquosa ottenuta stemperando accuratamente il grassello di calce (o della calce idrata) fino ad ottenere una miscela liquida e biancastra.

Le calci aeree possono essere classificate anche in rapporto al contenuto di ossidi di calcio e magnesio (valori contenuti RD n. 2231 del 16 novembre 1939, "Norme per l'accettazione delle calci"):

a) *calce grassa in zolle*, cioè calce viva in pezzi, con contenuto di ossidi di calcio e magnesio non inferiore al 94% e resa in grassello non inferiore al 2,5 m³/ton;

b) *calce magra in zolle* o calce viva, contenente meno del 94% di ossidi di calcio e magnesio e con resa in grassello non inferiore a 1,5 m³/ton;

[1] L'ossido di magnesio nella composizione del calcare rappresenta l'impurità pertanto quanto minore sarà la sua presenza tanto più pura sarà la calce prodotta.

[2] Consistente principalmente in idrossido di calcio ed ossido di magnesio.

[3] Consistente principalmente in idrossido di calcio ed idrossido di magnesio.

b1) -*calce forte* legante con deboli doti idrauliche, compresa tra le calci magre quando la presenza di componenti idraulici (presenza di argilla intorno al 5-5,5%) è considerata come impurità;

c) *calce idrata in polvere* ottenuta dallo spegnimento della calce viva, contenuto di umidità non superiore al 3% e contenuto di impurità non superiore al 6%, si distingue in:

– -fiore di calce, quando il contenuto minimo di idrati di calcio e magnesio non è inferiore al 91%; il residuo al vaglio da 900 maglie/cm² dovrà essere ≤ 1% mentre il residuo al vaglio da 4900 maglie/cm² dovrà essere ≤ 5%; presenta una granulometria piuttosto fine ottenuta per ventilazione;

– -calce idrata da costruzione quando il contenuto minimo di idrati di calcio e magnesio non è inferiore al 82%; il residuo al vaglio da 900 maglie/cm² dovrà essere ≤ 2% mentre il residuo al vaglio da 4900 maglie/cm² dovrà essere ≤ 15%; si presenta come un prodotto a grana grossa.

La composizione della calce da costruzione, quando provata secondo la norma UNI EN 459-2, deve essere conforme ai valori della tabella 2 sotto elencata. Tutti i tipi di calce elencati nella tabella possono contenere additivi in modeste quantità per migliorare la produzione o le proprietà della calce da costruzione. Quando il contenuto dovesse superare lo 0,1% sarà obbligo dichiarare la quantità effettiva ed il tipo.

Tabella 2.1 Requisiti chimici della calce (valori espressi come percentuale di massa). I valori sono applicabili a tutti i tipi di calce. Per la calce viva questi valori corrispondono al prodotto finito; per tutti gli altri tipi di calce (calce idrata, grassello e calci idrauliche) i valori sono basati sul prodotto dopo la sottrazione del suo contenuto di acqua libera e di acqua legata. (UNI EN 459-1)

Tipo di calce da costruzione	Sigla	CaO+MgO	MgO	CO_2	SO_3	Calce libera %
Calce calcica 90	CL 90	≥ 90	≤5	≤ 4	≤ 2	-
Calce calcica 80	CL 80	≥ 80	≤ 5	≤ 7	≤ 2	-
Calce calcica 70	CL 70	≥ 70	≤ 5	≤12	≤ 2	-
Calce dolomitica 85	DL 85	≥ 85	≤ 30	≤ 7	≤ 2	-
Calce dolomitica 80	DL 80	≥ 80	≥ 5	≤ 7	≤ 2	-
Calce idraulica 2	HL 2	-	-	-	≤ 3	≥ 8
Calce idraulica 3,5	HL 3,5	-	-	-	≤ 3	≥ 6
Calce idraulica 5	HL 5	-	-	-	≤ 3	≥ 3
Calce idraulica naturale 2	NHL 2	-	-	-	≤ 3	≥ 15
Calce idraulica naturale 3,5	NHL 3,5	-	-	-	≤ 3	≥ 9
Calce idraulica naturale 5	NHL 5	-	-	-	≤ 3	≥ 3
Nella CL 90 è ammesso un contenuto di MgO fino al 7% se si supera la prova di stabilità indicata in 5.3 della EN 459-2:2001. Nelle HL e nelle NHL è ammesso un contenuto di SO3 maggiore del 3% e fino al 7% purché sia accertata la stabilità, dopo 28 giorni di maturazione in acqua, utilizzando la prova indicata nella EN 196-2 “Methods of testing cement: chemical analysis of cement”.						

Esempio di terminologia delle calci: la sigla EN459-1 CL90Q identifica la calce calcica 90 in forma di calce viva; la sigla EN459-1 DL85-S1 identifica la calce dolomitica 85 in forma di calce semi-idratata.

CALCI IDRAULICHE

Le calci idrauliche oltre che ai requisiti di accettazione di cui al RD 16 novembre 1939, n. 2231 e a quelli della norma UNI 459, devono rispondere alle prescrizioni contenute nella legge 26 maggio 1965, n. 595 “Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici” ed ai requisiti di accettazione contenuti nel DM 31 agosto 1972 “Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calci idrauliche” e successive modifiche ed integrazioni. Le calci idrauliche si distinguono in:

1) -*calce idraulica naturale (NHL)* ovverosia il prodotto ottenuto dalla cottura a bassa temperature (inferiore ai 1000 C°) di marne naturali o calcari più o meno argillosi o silicei con successiva riduzione in polvere mediante spegnimento (con quantità stechiometrica di acqua) con o senza macinazione. Tutte le NHL dovranno avere la proprietà di far presa ed indurire anche a contato con l'acqua e dovranno essere esenti o quantomeno presentare un bassissimo livello di sali solubili.

Questo tipo di calci naturali potrà a sua volta essere diviso in:

– -calce idraulica naturale bianca, rappresenta la forma più pura: dovrà essere ricavata dalla cottura di pietre calcaree silicee con una minima quantità di impurezze, presentare una quantità bassissima di sali solubili. Risulterà particolarmente indicata per confezionare malte, indirizzate a procedure di restauro che richiedono un basso modulo di elasticità ed un'elevata traspirabilità. In impasto fluido potrà essere utilizzata per iniezioni consolidanti a bassa pressione;

– -calce idraulica naturale "moretta" o "albazzana" a differenza del tipo "bianco" si ricaverà dalla cottura di rocce marnose; risulterà indicata per la confezione di malte per il restauro che richiedono una maggiore resistenza a compressione; il colore naturale di questa calce potrà variare dal nocciolo, al beige, all'avorio fino a raggiungere il rosato;

2) -*calce idraulica naturale con materiali aggiunti (NHL-Z)* in polvere ovverosia, calci idrauliche naturali con materiale aggiunto cioè, quelle calci che contengono un'aggiunta fino ad un massimo del 20% in massa di materiali idraulicizzanti a carattere pozzolanico (pozzolana, coccio pesto, trass) contrassegnate dalla lettera "Z" nella loro sigla;

3) -*calci idrauliche (HL)*[4] ovverosia calci costituite prevalentemente da idrossido di calcio, silicati di calcio e alluminati di calcio prodotti mediante miscelazione di materiali appropriati. Questo tipo di calce dovrà possedere la caratteristica di far presa ed indurire anche in presenza di acqua.

Tabella 2.2 Caratteristiche meccaniche delle calci idrauliche naturali da utilizzare nel restauro

Tipo	NHL 2		NHL 3,5			NHL 5		
Caratteristiche	Calce delicata idonea per lavori su materiali teneri o fortemente decoesi, per legante di tinteggiature alla calce, per stucchi, e strati di finitura per modanature ed intonaci		Calce idonea per interventi su pietre e laterizi, anche parzialmente degradati, intervento di iniezione e sigillature consolidanti, per rappezzi di intonaci, e stillatura di giunti			Calce idonea per la ricostruzione di pietre e modanature, massetti, pavimentazioni, rinzaffi e arricci esposti a contatto con acqua o per betoncino con collaborazione statica		
PROVE	**Rapporto impasto**		**Rapporto impasto**			**Rapporto impasto**		
Resistenza a comp.	1:2	1:2,5	1:3	1:2	1:2,5	1:3	1:2	1:2,5	1:3
7 gg. N/mm^2	0,62	0,53	0,47	0,75	0,57	0,53	1,96	1	0,88
7 gg. N/mm^2	REQUISITI UNI EN 459-1 ---		REQUISITI UNI EN 459-1 ---			REQUISITI UNI EN 459-1 ---		
28 gg. N/mm^2	1,48	1,36	1,25	1,88	1,47	1,34	2,20	2,00	1,50
7 gg. N/mm^2	REQUISITI UNI EN 459-1 ≥2 a ≤ 7		REQUISITI UNI EN 459-1 ≥3,5 a ≤ 10			REQUISITI UNI EN 459-1 ≥5 a ≤ 15 (a)		
6 mesi N/mm^2	3,848	3,00	2,88	7,50	5,34	3,94	7,30	5,90	5,31
12 mesi. N/mm^2	4	2,90	2,90	7,50	5,90	3,90	9,28	8,44	6,50
La sabbia avrà una granulometria di 0,075-3 mm (a) La NHL 5, con massa volumica in mucchio minore di 0,90 kg/dm^{3,} può avere una resistenza a compressione dopo 28 gg fino a 20 MPa								

[4] Le HL (*Hydraulic Lime*) corrispondono nel mercato italiano a quei leganti che vengono identificati con il termine calce eminentemente idraulica e che commercialmente sono identificati con diciture che declinano, normalmente, con la desinenza CEM o PLAST, in pratica potrebbero essere definiti cementi a bassa resistenza i quali opportunamente "diluiti" con notevole percentuale di materiale inerte macinato finemente (generalmente filler calcareo) e con modeste quantità di additivo aerante, riproducono prestazioni fisico-meccaniche (porosità, resistenza, modulo elastico ecc.) simili a quelle della calce idraulica naturale.

Tabella 2.3 Caratteristiche fisiche delle calci idrauliche naturali

	NHL 2		NHL 3,5		NHL 5	
PROVE	REQUISITI UNI EN 459-1	MEDIA	REQUISITI UNI EN 459-1	MEDIA	REQUISITI UNI EN 459-1	MEDIA
Densità	0,4 a 0,8	0,45-0,55	0,5 a 0,9	0,6-0,66	0,6 a 1,0	0,65-0,75
Finezza a 90 µm	≤ 15%	2 a 5 %	≤ 15%	6,6	≤ 15%	3,12
Finezza a 200 µm	≤ 2	≤ 0,5 %	≤ 5 %	0,48	≤ 5	0,08
Espansione	≤ 2 mm	≤ 1 mm	≤ 2 mm	0,05	≤ 2 mm	0,61 mm
Idraulicità	----	15	---	25	---	43
Indice di bianchezza	---	76	---	72	---	67
Penetrazione	>10 e <20 mm	---	>10 e <50 mm	21	>20 e <50 mm	22,6
Tempo di inizio presa	>1 e <15 h	---	>1 e <15 h	2,5	>1 e < 15 h	3,59
Calce libera	≥ 15 %	50-60%	≥ 9 %	20-25%	≥ 3%	15-20%

Le calci idrauliche sia naturali che artificiali potranno essere classificate anche in rapporto al grado d'idraulicità, inteso come rapporto tra la percentuale di argilla e di calce: al variare di questo rapporto varieranno anche le caratteristiche (valori contenuti nel DM 31 agosto 1972 "Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calci idrauliche").

Tabella 2.4 Classificazione calci idrauliche mediante il rapporto di idraulicità (DM 31 agosto 1972)

Calci	Indice di idraulicità	Argilla [%]	Calcare [%]	Presa in acqua [giorni]
Debolmente idraulica	0,10-0,15	5,31-8,20	94,6-91,8	15-30
Mediamente idraulica	0,16-0,31	8,21-14,80	91,7-85,2	10-15
Propriamente idraulica	0,31-0,41	14,81-19,10	85,1-80,9	5-9
Eminentemente idraulica	0,42-0,50	19,11-21,80	80,8-78,2	2-4

ART. 2.3 GESSO

Il gesso dovrà essere di recente cottura, perfettamente asciutto, di fine macinazione in modo da non lasciare residui sullo staccio di 56 maglie a centimetro quadrato, scevro da materie eterogenee e senza parti alterate per estinzione spontanea. Il gesso dovrà essere conservato in locali coperti, ben riparati dall'umidità e da agenti degradanti; approvvigionato in sacchi sigillati con stampigliato il nominativo del produttore e la qualità del materiale contenuto.

Questo legante non dovrà essere impiegato all'aperto o in ambienti chiusi con elevata umidità relativa, in atmosfere contenenti ammoniaca (ad es., all'interno di stalle) o a contatto con acque ammoniacali, in ambienti con temperature superiori ai 110 °C; infine, non dovrà essere impiegato a contatto di leghe di ferro.

Come legante di colore bianco latte potrà assumere varie caratteristiche a seconda della temperatura di cottura. I gessi per l'edilizia si distingueranno in base allo loro destinazione (per muri, per intonaci, per pavimenti, per usi vari) le loro caratteristiche fisiche (granulometria, resistenza, tempi di presa) e chimiche (tenore solfato di calcio, tenore di acqua di costituzione, contenuto di impurezze) vengono fissate dalla norma UNI 8377 la quale norma fisserà, inoltre, le modalità di prova, controllo e collaudo.

Tabella 2.5 Classificazione dei gessi in base alla temperatura di cottura

Temperature cottura [c°]	Denominazione prodotti	Caratteristiche ed impieghi consigliati
130-160	scagliola gesso da forma	malte per intonaci (macinato più grossolanamente) malte per cornici e stucchi (macinato finemente)
160-230	gesso da stuccatori gesso da intonaci	malte d'allettamento per elementi esenti da funzioni portanti, malte per intonaci, da decorazioni, per confezionare pannelli per murature
230-300	gesso da costruzioni gesso comune	malte d'allettamento o, in miscela con altri leganti, per formare malte bastarde per elementi con funzioni portanti
300-900	gesso morto gesso keene (+ allume)	polvere inerte usata in miscela con leganti organici (colla di pesce o colla animale) per la fabbricazione di stucchi da legno o da vetro o
900-1000	gesso da pavimenti gesso idraulico o calcinato	prodotto che presenta una certa idraulicità con tempi di presa molto lunghi; il gesso, dopo la posa in opera, raggiunge il massimo della

Tabella 2.6 Proprietà dei gessi più comunemente usati

Tipo di gesso	Finezza macinazione		Tempo minimo di presa, (minuti)	Resistenza a trazione minima (kg/cm^2)	Resistenza a flessione minima (kg/cm^2)	Resistenza a compressione minima (kg/cm^2)
	Passante al setaccio da 0,2 mm % (minimo)	Passante al setaccio da 0.09 mm % (minimo)				
scagliola	95	85	15	20	30	40
da costruzione	70	50	7	8	20	50
allumato	90	80	20	12	30	70
da pavimenti	90	80	40			

L'uso di questo legante dovrà essere necessariamente autorizzato dalla D.L.; per l'accettazione di qualsivoglia tipologia di gesso valgono i criteri generali dell'art. 1 del presente Capo e la norma UNI 5371.

Art. 3 - Cementi, cementi speciali

ART. 3.1 CEMENTI

I cementi, da impiegare in qualsiasi lavorazione, dovranno rispondere ai limiti di accettazione contenuti nella legge 26 maggio 1965, n. 595 e nel DM 3 giugno 1968 ("Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi") e successive modifiche e integrazioni (DM 20 novembre 1984 e DM 13 settembre 1993). Tutti i cementi dovranno essere, altresì, conformi al DM n. 314 emanato dal Ministero dell'Industria in data 12 luglio 1999 (che ha sostituito il DM n. 126 del 9 marzo1988 con l'Allegato "Regolamento del servizio di controllo e certificazione di qualità dei cementi" dell'ICITE - CNR) ed in vigore dal 12 marzo 2000, che stabilisce le nuove regole per l'attestazione di conformità per i cementi immessi sul mercato nazionale e per i cementi destinati ad essere impiegati nelle opere in conglomerato normale, armato e precompresso. I requisiti da soddisfare dovranno essere quelli previsti dalla norma UNI EN 197-2001 "Cemento. Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni" e le norme UNI EN 196/1-7 e 196-21 inerenti i cementi speciali e la normativa sui metodi di prova ed analisi dei cementi.

A norma di quanto previsto dai decreti sopraccitati, i cementi di cui all'art. 1 lett. a) della legge 26 maggio 1965, n. 595 (e cioè i cementi normali e ad alta resistenza Portland, pozzolanico e d'altoforno), se utilizzati per confezionare il conglomerato cementizio normale, armato e precompresso, dovranno essere certificati presso i laboratori di cui all'art. 6 della legge 26 maggio 1965, n. 595 e all'art. 20 della legge 5 novembre 1971, n. 1086. Per i cementi di importazione, la procedura di controllo e di certificazione potrà essere svolta nei luoghi di produzione da analoghi laboratori esteri di analisi.

Gli agglomerati cementizi, oltre a soddisfare i requisiti di cui alla legge 595/1965, devono rispondere alle prescrizioni di cui al DM 31 agosto 1972 “Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calci idrauliche” e successive modifiche ed integrazioni.

I cementi potranno essere forniti sfusi e/o in sacchi sigillati. Dovranno essere conservati in magazzini coperti, ben ventilati e riparati dall’umidità (preferibilmente sopra pedane di legno) e da altri agenti capaci di degradarli prima dell’impiego. Se sfusi i cementi dovranno essere stoccati in cantiere in appositi silos metallici; i vari tipi e classi di cemento dovranno essere separati ed identificati con appositi cartellini. I prodotti approvvigionati in sacchi dovranno riportare sulle confezioni il nominativo del produttore, il peso, la qualità del prodotto, la quantità d’acqua per malte normali e la resistenza minima a compressione ed a trazione a 28 giorni di stagionatura.

I principali tipi di cemento sono:

1) *cemento Portland (tipo CEM I)*: dovrà presentarsi come polvere fine e pesante, di colore variabile dal grigio bruno al verdognolo, tendente al rossastro nel caso provenga da miscele artificiali; dovrà avere contenuto di costituenti secondari (filler o altri materiali) non superiore al 5%; ovverosia il prodotto ottenuto per macinazione di clinker (consistente essenzialmente in silicati idraulici di calcio) con aggiunto gesso e anidrite (solfato di calcio anidro) dosata nella quantità necessaria per regolarizzare il processo di idratazione (art. 2 legge 595/1965). I cementi Portland, presenteranno scarsa resistenza alle acque marine e, in genere, a tutti gli aggressori di natura solfatica pertanto, quando si opera in località marina o in presenza di corrosivi solfatici (anche di modesta entità) sarà opportuno operare con cementi del tipo III o IV;

2) *cemento Portland con aggiunta, in quantità ridotta, di loppa e/o pozzolana (tipo CEM II):* detto comunemente cemento Portland rispettivamente alla loppa, alla pozzolana, alle ceneri volanti;

3) *cemento d’altoforno (tipo CEM III)*: dovrà avere contenuto di loppa dal 36% al 95%; la miscela omogenea si otterrà dalla macinazione di clinker Portland e di loppa basica granulata d’altoforno con la quantità di gesso e anidrite necessaria per regolarizzare il processo di idratazione (art. 2 legge 595/1965). Questo cemento, di colore verdognolo, presenterà, grazie alle loppe d’altoforno, un basso calore di idratazione sviluppato durante la presa, una buona resistenza chimica ad attacchi di acque leggermente acide o pure, un modesto ritiro in fase di presa;

4) *cemento pozzolanico (tipo CEM IV*): con materiale pozzolanico dal 15% al 55%; ovverosia la miscela omogenea si otterrà dalla macinazione del clinker Portland e di pozzolana o di altro materiale a comportamento pozzolanico (tipo argille plastiche torrefatte come ad es. la bentonite) con la quantità di gesso e anidrite necessaria per regolarizzare il processo di idratazione (art. 2 legge 595/1965). Questo tipo di cemento potrà ridurre o eliminare le deficienze chimiche (rappresentate dalla formazione di idrossido di calcio) del cemento Portland. Il calore d’idratazione sviluppato dal cemento pozzolanico risulterà molto inferiore rispetto a quello sviluppato dal Portland di conseguenza, verrà preferito a quest’ultimo per le lavorazioni da eseguirsi in climi caldi ed in ambienti marini;

5) *cemento composito (tipo CEM V)*: si otterrà per simultanea aggiunta di loppa e di pozzolana (dal 18% al 50%);

6) *cemento alluminoso*: (non classificato nella normativa UNI EN 196-1 ma presente nella legge 26 maggio 1965, n. 595 e nel DM 3 giugno 1968) si otterrà dalla macinazione del clinker ottenuto dalla cottura di miscele di calcare e alluminati idraulici (bauxite). I tempi di presa risulteranno simili a quelli dei normali cementi mentre l’indurimento è nettamente più rapido (7 gg. contro i 28 gg.). Questo legante potrà essere impiegato per lavori da eseguire in somma urgenza dove è richiesto un rapido indurimento (disarmo dopo 5-7 gg); dove occorra elevata resistenza meccanica (titolo 52,5); per gettare a temperature inferiori allo 0 °C (fino a –10 °C); per opere in contato con solfati, oli, acidi e sostanze in genere aggressive per gli altri cementi; per impiego in malte e calcestruzzi refrattari per temperature fino a circa 1300 °C. Dei cementi alluminosi si potrà disporre di due tipi speciali: a presa lenta con ritiro contenuto (inizio presa dopo 15 ore, termine presa dopo altre 15 ore) e a presa rapida (inizio presa dopo 1 ora e termine dopo 2 ore).

Esempio di terminologia del cemento: la sigla CEM II A-L 32,5 R identifica un cemento Portland al calcare con clinker dal 80% al 94% (lettera A) e con calcare dal 6% al 20% (lettera L), classe di resistenza 32,5, con alta resistenza iniziale (lettera R).

Tabella 3.1 -Classificazione tipi di cemento con relativa composizione: le percentuali in massa riferiti al nucleo del cemento, escludendo solfato di calcio e additivi (UNI EN 197-1)

Tipo	**Denominazione**	**Sigla**	**Clinker**	**Loppa d'alto forno granulare**	**Microsilice**	**Pozzolana**		**Cenere volante**		**Scisto calcinato**	**Calcare**	**Cost.**
						Naturale	Indust	Silicica	Calcica			
			K	**S**	**D**	**P**	**Q**	**V**	**W**			
I	Cemento Portland	I	95-100	---	---	---	---	---	---	---	---	0-5
	Cemento Portland alla loppa	II A-S	80-94	6-20	---	---	---	---	---	---	---	0-5
		II B-S	65-79	21-35	---	---	---	---	---	---	---	0-5
	Cemento Portland alla microsilice	II A-D	90-94	---	6-10	---	---	---	---	---	---	0-5
	Cemento Portland alla pozzolana	II A-P	80-94	---	---	6-20	---	---	---	---	---	0-5
		II B-P	65-79	---	---	21-35	---	---	---	---	---	0-5
		II A-Q	80-94	---	---	---	6-20	---	---	---	---	0-5
		II B-Q	65-79	---	---	---	21-35	---	---	---	---	0-5
II	Cemento Portland alle ceneri volanti	II A-V	80-94	---	---	---	---	6-20	---	---	---	0-5
		II B-V	65-79	---	---	---	---	21-35	---	---	---	0-5
		II A-W	80-94	---	---	---	---	---	6-20	---	---	0-5
		IIB-W	65-79	---	---	---	---	---	21-35	---	---	0-5
	Cemento Portland allo scisto calcinato	II A-T	80-94	---	---	---	---	---	---	6-20	---	0-5
		II B-T	65-79	---	---	---	---	---	---	21-35	---	0-5
	Cemento Portland al calcare	II A-L	80-94	---	---	---	---	---	---	---	6-20	0-5
		II B-L	65-79	---	---	---	---	---	---	---	21-35	0-5
	Cemento Portland composito	II A-M	80-94	6-20								
		II B-M	65-79	21-35								
III	Cemento d'altoforno	III A	35-64	36-65	---	---	---	---	---	---	---	0-5
		III B	20-34	66-80	---	---	---	---	---	---	---	0-5
		IIIC	5-19	81-95	---	---	---	---	---	---	---	0-5
IV	Cemento pozzolanico	IV A	65-89	---	11-35				---	---	---	0-5
		IV B	45-64	---	36-55				---	---	---	0-5
V	Cemento composito	V A	40-64	18-30	---	18-30			---	---	---	0-5
		V B	30-39	31-50	---	31-50			---	---	---	0-5

I costituenti secondari possono essere filler oppure uno o più costituenti principali, salvo che questi non siano inclusi come costituenti principali del cemento.
La proporzione di microsilice è limitata al 10%.
La proporzione di loppa non ferrosa (pozzolana industriale) è limitata al 15%.
La proporzione di filler silicica nella Cenere Volante è limitata al 5%.

I diversi tipi di cemento dovranno essere forniti in varie classi di solidificazione, contrassegnate dal colore dei sacchi d'imballaggio o, nel caso in cui si utilizzi cemento sfuso, dal colore della bolla d'accompagnamento che deve essere attaccata al silo. I cementi appartenenti alle classi di resistenza 32,5 42,5 e 52,5 verranno classificati in base alla resistenza iniziale in cementi con resistenza iniziale normale e resistenza più alta (sigla aggiuntiva R). I cementi normali (portland, pozzolanico o d'altoforno) contraddistinti dalla sigla 22,5 potranno essere utilizzati esclusivamente per sbarramenti di ritenuta.

Tabella 3.2 Classificazione tipi di cemento mediante classi di solidità e colorazione di riconoscimento

Classe di solidità titolo	**Resistenza alla tensione di compressione N/mm²**				**Colorazione di riconoscimento**	**Colore della scritta**	**Tempo di inizio presa mm**	**Espansione mm**
	Resistenza iniziale		**Solidità normale**					
	2 giorni	**7 giorni**	**28 giorni**					
32,5	-	≥ 16	≥ 32,5	≤ 52,5	Marrone chiaro	Nero	≥ 60	≥ 10
32,5 R	≥ 10	-				Rosso		
42,5	≥ 10	-	≥ 42,5	≤ 62,5	Verde	Nero		
42,5 R	≥ 20	-				Rosso		
52,5	≥ 20	-	52,5	-	Rosso	Nero	≥ 425	
52,5 R	≥ 30	-				bianco		

ART. 3.2 CEMENTI SPECIALI

Sono così definiti quei cementi che presenteranno resistenze fisiche inferiori o requisiti chimici diversi da quelli stabiliti per i cementi normali, differenze dovute a miscele di particolari composti o da elevate temperature di cottura ovvero dall'uso di additivi tipicamente specifici.

1) *Cementi bianchi*: simili come comportamento agli altri cementi comuni Portland. Dovranno essere ricavati dalla cottura di marne (caolini e calcari bianchi mineralogicamente puri) prive del tutto o con una quantità limitatissima di ossidi di ferro e di manganese; gli eventuali residui dovranno essere eliminati con trattamento fisico-chimico. Il bianco del cemento dovrà essere definito dalle ditte produttrici con tre parametri diversi: brillantezza[5], lunghezza d'onda dominante[6] e purezza[7] inoltre, potrà anche essere definito con l'indice di bianchezza[8] (contenuto per un cemento industriale tra 70 e 90). Questo tipo di cemento potrà essere utilizzato per opere di finitura quali stucchi ed intonaci, per opere in pietra artificiale è, inoltre, utilizzabile, in piccole quantità negli impasti a base di calce aerea (intonachini, sagramature, copertine creste dei muri ecc.) così da aumentarne la resistenza meccanica ma permettere ugualmente la permeabilità al vapore d'acqua.
2) *Cementi colorati*: dovranno essere ottenuti dai cementi bianchi miscelati con polvere della stessa finezza, costituita da ossidi, pigmenti minerali[9], o simili in proporzione mai superiore al 10% così da evitare impedimenti di presa ed eccessivi ritiri.
3) *Cementi soprasolfati*: cementi di natura siderurgica che dovranno costituirsi di una miscela di loppa granulata d'altoforno in percentuale dell'80%-85% da gesso o anidrite in percentuale del 10% e da clinker di cemento Portland per circa il 5%. Dovranno essere utilizzati per opere marine e strutture in calcestruzzo a contatto con soluzioni acide. Non risulteranno adatti per operazioni di recupero e/o restauro conservativo.
4) *Cementi ferrici*: dovranno costituirsi di miscele ricche d'ossido di ferro e polvere di allumina, macinando congiuntamente e sottoponendo a cottura mescolanze di calcare, argilla e ceneri di pirite; per questo dovranno contenere più ossido ferrico che allumina, ed essere quasi totalmente privi di alluminato tricalcico. La loro caratteristica preminente, oltre a presentare un buon comportamento con gli aggressori chimici, è quella di avere minor ritiro degli altri cementi ed un più basso sviluppo di calore di idratazione; risulterà adatto per le grandi gettate.

[5] Espressa come percentuale tra luce riflessa da una superficie di cemento e quella riflessa da una uguale superficie di ossido di magnesio considerato il corpo bianco ideale.

[6] Ovvero la tonalità della sfumatura che caratterizza il bianco, la lunghezza d'onda dominante varia tra il giallo e l'azzurro.

[7] Ovvero l'intensità della sfumatura, la purezza sarà misurata dalla percentuale di colore, inferiore al 5%.

[8] Ovvero il rapporto tra il coefficiente di riflessione del cemento bianco e quello di solfato di bario assunto come riferimento.

[9] I coloranti più usati sono per il nero il nero manganese; per il rosso l'ossido di ferro; per il blu l'oltremare puro o il blu cobalto; per i verdi l'ossido di cromo; per i gialli l'ocra.

5) *Cementi espansivi*: dovranno essere ricavati da miscele di cemento Portland ed agenti espansivi intesi a ridurre od eliminare il fenomeno del ritiro. Generalmente, potranno essere distinti in due tipi: a ritiro compensato allorché l'espansione sia simile al ritiro (agente espansivo solfoalluminato di tetracalcio), espansivi auto-compressi quando l'espansione risulterà superiore al ritiro (agente espansivo ossido di calcio e/o magnesio). Entrambe le tipologie dovranno essere impiegate miscelandole con l'esatto quantitativo d'acqua consigliato dal produttore, gli sfridi, una volta rappresi, dovranno essere trasportati a rifiuto. Affinché l'espansione avvenga correttamente sarà necessario provvedere ad una corretta stagionatura in ambiente idoneo.
6) *Cementi a presa rapida o romano*: miscele di cemento alluminoso e di cemento Portland (con rapporto in peso fra i due leganti prossimi a uno da impastarsi con acqua), con idonei additivi tali da permettere le seguenti prestazioni: inizio presa entro un minuto dalla messa in opera e termine presa non più di trenta minuti. L'impiego dovrà essere riservato e limitato ad opere aventi carattere di urgenza o di provvisorietà e con scarse esigenze statiche.

Art. 4 - Leganti sintetici

Le resine sono polimeri ottenuti partendo da molecole di composti organici semplici. In qualsiasi intervento di manutenzione e restauro sarà fatto divieto utilizzare prodotti di sintesi chimica senza preventive analisi di laboratorio, prove applicative, schede tecniche e garanzie da parte delle ditte produttrici. Su manufatti di particolare valore storico-achitettonico nonché archeologico il loro utilizzo sarà vietato, salvo comprovata compatibilità fisica, chimica e meccanica con i materiali direttamente interessati all'intervento o al loro contorno. I polimeri organici possono essere disponibili sotto varie forme:

– -leganti sia per incollaggi (adesivi strutturali), stuccature, iniezioni e sigillature di quadri fessurativi, sia sotto forma di resine emulsionabili in acqua per pitture ed intonaci che presentano un baso grado di assorbimento dell'acqua liquida ed una elevata durabilità;

– -additivi per malte e pitture al fine di migliore l'idrorepellenza, la velocità d' indurimento e le caratteristiche fisico-chimiche dell'impasto ovvero della pittura;

– impregnanti consolidanti per materiali lapidei quali pietre naturali, laterizi, stucchi, cls ecc.;

– -impregnanti idrorepellenti per materiali lapidei quali pietre naturali, laterizi, stucchi, cls ecc. capaci di costituire una efficace barriera contro l'acqua;

– -impregnanti idro ed oleorepellenti per il trattamento di materiali porosi particolarmente esposti agli agenti inquinanti atmosferici.

Le caratteristiche meccaniche, le modalità applicative e gli accorgimenti antinfortunistici dei leganti sintetici sono regolati dalle norme UNICHIM. Mentre le analisi di laboratorio relative alle indagini preliminari per la scelta dei materiali saranno quelle stabilite dalle indicazioni fornite dalle raccomandazioni NorMaL.

La loro applicazione dovrà sempre essere eseguita da personale specializzato nel rispetto della normativa sulla sicurezza degli operatori/applicatori.

RESINE ACRILICHE

Prodotti termoplastici (molecole a catena lineare); si otterranno polimerizzando gli acidi acrilico, metacrilico e loro derivati. Questa classe di resine, nella maggior parte dei casi solubili in idonei solventi organici, presenterà buona resistenza all'invecchiamento, alla luce, agli agenti chimici dell'inquinamento, ma dimostrerà scarsa capacità di penetrazione tanto, che potrà risultare difficile raggiungere profondità superiori a 0,5-1 cm (con i solventi alifatici clorurati si potranno ottenere risultati migliori per veicolare la resina più in profondità). Possiedono in genere buona idrorepellenza che tenderà però, a decadere nel tempo; se il contatto con l'acqua si protrarrà per tempi superiori alle 90 ore, tenderanno, inoltre, a dilatarsi. I prodotti acrilici sono, di norma commercializzati solidi in polveri, granuli o scaglie, in emulsione acquosa in soluzione di solventi.

Le resine acriliche come del resto le emulsioni acriliche pure (ovvero al 100%) potranno essere utilizzate in dispersione acquosa (ovvero un miscuglio eterogeneo contenente una percentuale variabile di resina acrilica o di emulsione acrilica pura) sia come legante per pigmenti naturali e/o sintetici in polvere, sia come additivo per malte da sigillatura o iniezione (se non diversamente specificato per un impasto di calce ed inerti in rapporto di 1:3 si aggiungerà 5-10% di emulsione acrilica) conferendo a questi impasti un più veloce indurimento in superficie, un miglioramento delle caratteristiche fisico-chimiche (tenacità, durezza, resistenza nel tempo ed agli agenti chimici, resistenza all'abrasione, alla trazione, alla compressione, alla flessione, all'impatto ed agli effetti del gelo) e un netto aumento di adesività su materiali quali laterizio, legno e cemento.

RESINE EPOSSIDICHE

Prodotti termoindurenti (molecole tridimensionali); si otterranno dalla formazione di catene con due tipi di molecole con una gamma illimitata di variazioni possibili (questa caratteristica fa si che non esista un solo tipo di resina epossidica, ma svariati formulati epossidici che cambieranno di volta in volta le proprie caratteristiche a seconda, sia del rapporto resina-indurente, sia degli eventuali additivi plastificanti, fluidificanti, acceleranti ecc.); presentano il vantaggio di poliaddizionarsi senza produrre sottoprodotti che porterebbero ad un aumento di volume. Si distinguono dalle resine acriliche per l'elevato potere collante che ne giustifica l'uso come adesivo strutturale; presentano una buona resistenza chimica (soprattutto agli alcali), resistano molto bene all'acqua ed ai solventi organici. I maggiori pregi delle resine epossidiche risiederanno nelle loro elevate proprietà meccaniche (resistenze a compressione, a trazione, a flessione), nella perfetta adesione al supporto e nel ritiro molto limitato durante l'invecchiamento (meno di 1%); gli svantaggi sono riconducibili alla difficoltà di penetrazione (dovuta all'elevata viscosità), alla bassa resistenza al calore ed ai raggi ultravioletti (con i conseguenti fenomeni d'ingiallimenti e sfarinamento superficiale).

Gli adesivi epossidici (ovvero resine utilizzate come leganti per ricongiungere frammenti distaccati), normalmente utilizzabili saranno liquide con indurente a lenta o a rapida reattività (da utilizzare per consolidamenti o più spesso per intasamento delle fessure o per imperniature) o in pasta lavorabili con indurente a lenta o a rapida reattività (per stuccature, ponti di adesione, piccole ricostruzioni e fissaggio perni) in questo secondo caso si provvederà ad intervenire, in fase di formulazione, aggiungendo additivi tissotropizzanti. Di norma questi adesivi saranno totalmente esenti da solventi, non subiranno ritiro durante l'indurimento e grazie alla loro natura tixotropica potranno essere facilmente applicabili anche su superfici verticali in consistenti spessori.

Orientativamente le caratteristiche richieste in relazione sia allo specifico utilizzo (formulati per iniezione, per impregnazione, per betoncini colabili, per incollaggi strutturali ecc.) sia al materiale (cemento armato, muratura, legno ecc.) dovranno essere le seguenti:

tipo di formulato .....;

tipo di resina .....;

colore impasto .....;

consistenza impasto.....;

peso specifico (g/cm³) .....;

punto di infiammabilità °C .....;

ritiro % .....;

viscosità (impasto) mPas .....;

pot life (a + 10 °C) ..... (a +24 °C) ..... (a + 30 °C) ……..……..;

tempo di presa (a + 10 °C) ..... (a +24 °C) ..... (a + 30 °C) ……..……..;

indurimento completo (giorni) .....;

resistenza a trazione (N/mm²).....;

allungamento a trazione % .....;

resistenza a flessotrazione (N/mm²) .....;

resistenza a compressione (N/mm²) .....;

modulo elastico (N/mm²) .....

Nota per il compilatore: completare la scheda e/o eliminare le caratteristiche superflue. Indicare, per ogni tipologia di resina epossidica (ovvero per ogni tipologia di utilizzo), le caratteristiche, i valori accettazione ed i metodi di controllo facendo riferimento alle norme UNI e/o CNR esistenti ed in loro mancanza a quelle della letteratura tecnica (in primo luogo le norme internazionali ed estere).

RESINE FLUORURATE

Più precisamente copolimeri fluorurati, presentano notevoli proprietà elastiche e grande stabilità chimica; questi prodotti non polimerizzano dopo la loro messa in opera in quanto già pre-polimerizzati, pertanto non subiranno alterazioni nel corso dell'invecchiamento e di conseguenza non varieranno le loro proprietà. Disciolti in solventi organici (di norma acetone o acetato di butile) potranno essere utilizzati come legante per isolare in maniera efficace fessure e rotture da stuccature o sigillare; possono inoltre essere impiegati per ripristini da eseguirsi con lo stesso materiale oggetto di restauro. La preparazione dell'impasto, se non diversamente specificato, prevedrà l'unione di una parte in peso di resina a 3 parti di inerte ricavato, preferibilmente, dalla macinazione della stessa pietra. L'impasto dovrà essere ben mescolato fino ad ottenere la consistenza voluta. Sarà consigliabile non eseguire alcun intervento sulla stuccatura prima di 1 ora dalla stesura della stessa. Queste resine sono completamente reversibili in acetone anidro.

RESINE POLIESTERE

Resine derivate dalla reazione di policondensazione dei glicoli con gli acidi bi-basici insaturi o loro anidridi. Prima dell'indurimento potranno essere impastati con fibre di vetro, o sintetiche così da migliorare la resistenza dei prodotti finali. Come riempitivi possono essere usati polveri di varia granulometria di calcari, gesso, o sabbie. La resistenza a raggi solari e U.V. è abbastanza bassa, specialmente per prodotti reticolari con monomeri aromatici, mentre la resistenza meccanica e le proprietà adesive sono abbastanza buone. La resina potrà presentare un certo ritiro del volume (sino ad 8-10%) che la rende non proprio adatta per riempire le fessure del materiale lapideo, al contrario potranno essere utilizzate come collanti per congiungimenti o il fissaggio di perni, barre filettate, tiranti ecc. anche se sarà necessario evitare che la resina raggiunga la superficie estrema poiché per esposizione alla luce darebbe marcate variazioni di colore. Orientativamente il pot life a 20 °C sarà di circa 5-7 minuti e il tempo di fissaggio intorno ai 40-60 minuti.

Le caratteristiche meccaniche, le modalità d'applicazione e gli accorgimenti antinfortunistici sono regolati dalle norme UNICHIM.

Art. 5 - Materiali inerti per malte, stucchi e conglomerati

L'analisi granulometrica, atta a definire la pezzatura di sabbie, ghiaie e pietrischi dovrà essere eseguita utilizzando i crivelli ed i setacci indicati nelle norme UNI 2332-1 e UNI 2334. Sarà, pertanto, obbligo dell'Appaltatore, mettere a disposizione della D.L. detti crivelli così che possa eseguire il controllo granulometrico. Il diametro massimo dei grani dovrà essere scelto in funzione del tipo di lavorazione da effettuare: malta per intonaco, malta per stuccatura, malta per sagramatura, malta per riprese, impasti per getti, impasti per magroni ecc. Gli aggregati per le malte dovranno altresì essere conformi alle norme UNI EN 13139:2003.

GHIAIA E PIETRISCO

Le ghiaie saranno costituite da elementi di forma arrotondata di origine naturale, omogenei pulitissimi ed esenti da materie terrose argillose e limacciose e dovranno provenire da rocce compatte (calcaree o silicee), non gessose ad alta resistenza a compressione, dovrà, inoltre, essere ben assortita. Priva di parti friabili ed, eventualmente, lavata con acqua dolce al fine di eliminare materie nocive. I pietrischi (elementi di forma spigolosa di origine naturale o artificiale) oltre ad essere anch'essi scevri da materie terrose, sabbia e materie eterogenee, potranno provenire dalla spezzettatura di rocce durissime, preferibilmente silicee, a struttura microcristallina, o calcari puri durissimi e di alta resistenza alla compressione (minimo 1200 kg/cm²), all'urto e all'abrasione, al gelo ed avranno spigolo vivo. Entrambe le tipologie di inerti dovranno avere dimensioni massime (prescritte dalla D.L.) commisurate alle caratteristiche di utilizzo. Le loro caratteristiche tecniche dovranno essere quelle stabilite dal DM 9 gennaio 1996, Allegato 1, punto 2 e dalla norma UNI 8520. In ogni caso le dimensioni massime dovranno essere commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature.

Nel dettaglio gli elementi costituenti ghiaie e pietrischi dovranno essere di dimensioni tali da:

– -passare attraverso un setaccio con maglie circolari del diametro di 50 mm se utilizzati per lavori di fondazione o di elevazione, muri di sostegno, rivestimenti di scarpata ecc.

– passare attraverso un setaccio con maglie circolari del diametro di 40 mm se utilizzati per volti di getto;

– -passare attraverso un setaccio con maglie circolari del diametro di 30 mm se utilizzati per cappe di volti, lavori in cemento armato, lavori a parete sottile.

In ogni caso, salvo alcune eccezioni, gli elementi costituenti ghiaie e pietrischi dovranno essere tali da non passare attraverso un setaccio con maglie circolari del diametro di 10 mm.

Tabella 5.1 Classificazione della ghiaia e del pietrisco in base alla loro granulometria

Tipo		**Granulometria in mm**	**Utilizzo**
Ciottoli o “pillole di fiume”		80-100	pavimentazioni stradali
GHIAIA rocce	grossa o ghiaione	50-80	riempimenti, vespai, massicciate, sottofondi
	mezzana	20-50	riempimenti, solai, getti
	ghiaietto o “pisello”	10-20	riempimenti, solai, getti
	granello o “risone”	7-10	rinzaffi ad alto spessore, zoccolature, bugnati, pavimentazioni, piccoli getti
PIETRISCO rocce	grosso	40/71	riempimenti, vespai, getti
	ordinario	25/40 15/25	pavimentazioni stradali, getti, riempimenti
	pietrischetto	10/15	pavimentazioni stradali, getti, riempimenti
GRANIGLIA marmo	graniglia grossa	5/20	pavimenti a seminato, a finto mosaico
	graniglia media	2,5/11	pavimenti a seminato, a finto mosaico, battuti
	graniglia minuta	0,5/5	marmette di cemento, pavimenti a seminato, battuti

SABBIE

Le sabbie vive o di cava, di natura silicea, quarzosa, granitica o calcarea ricavate dalla frantumazione di rocce con alta resistenza alla compressione, né gessose, né gelive dovranno essere: ben assortite, costituite da grani resistenti, prive di materie terrose, argillose, limacciose, polverulenti, di detriti organici e sostanze inquinanti; inoltre, avere un contenuto di solfati e di cloruri molto basso. Le sabbie dovranno, altresì essere scricchiolanti alla mano, ed avere una perdita di peso non superiore al 2% se sottoposte alla prova di decantazione in acqua. Sarà assolutamente vietato l’utilizzo di sabbie marine o di cava che presentino apprezzabili tracce di sostante chimiche attive.

L’appaltatore dovrà mettere a disposizione della direzione lavori i vagli di controllo (stacci) di cui alla citata norma UNI 2332 per il controllo granulometrico. In particolare:

– *-la sabbia per murature* in genere dovrà essere costituita da grani di dimensioni tali da passare attraverso lo staccio 2 (UNI 2332-1);

– *-la sabbia per intonaci*, *stuccature* e *murature di paramento* od in pietra da taglio dovrà essere costituita da grani passanti attraverso lo staccio 0,5 (UNI 2332-1);

– *-la sabbia per i conglomerati cementizi* dovrà essere conforme a quanto previsto nell’Allegato 1 del DM 3 giugno 1968 e dall’Allegato 1, punto 1.2, del DM 9 gennaio 1996 “Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”. I grani dovranno avere uno spessore compreso tra 0,1 mm e 5,0 mm (UNI 2332) ed essere adeguati alla destinazione del getto ed alle condizioni di posa in opera.

Le miscele secche di sabbie silicee o di quarzo dovranno, salvo diverse specifiche di progetto, essere costituite da granuli del diametro di circa 0,10-0,30 mm per un 25%, di 0,50-1,00 mm per un 30% e di 1,00-2,00 mm per il restante 45%. La sabbia, all’occorrenza, dovrà essere lavata con acqua dolce, anche più volte, al fine di eliminare qualsiasi sostanza inquinante e nociva. L’accettabilità della sabbia verrà definita con i criteri indicati all’art. 6 del DR 16 novembre 1939, n. 2229, nell’Allegato 1 del DM 3 giugno 1968 e nell’Allegato 1, punto 2 del DM 27 luglio 1985; la distribuzione granulometrica dovrà essere assortita e comunque adeguata alle condizioni di posa in opera.

Tabella 5.2 Classificazione delle sabbie in base alla loro granulometria

Tipo		Granulometria in mm	Utilizzo
SABBIA silice, calcare	Grossa o sabbione	2/6	malta da costruzione, arriccio, rinzaffo (spessore 2-5 cm), calcestruzzi
	media	1/2	malta da rasatura, arriccio, intonachino, malta da allettamento
	fina	0,5/1	finiture, stuccature, iniezioni di consolidamento
	finissima	0,05-0,5	rifiniture, decorazioni, stuccature, iniezioni di consolidamento

POLVERI

Ricavate dalla macinazione meccanica di marmi (carrara, verona, botticino ecc.) e pietre (silice ventilata, silice micronizzata) dovranno possedere grani del diametro di circa 50-80 micron e saranno aggiunte, dove prescritto dal progetto o dalla D.L., alla miscela secca di sabbie in quantitativo, salvo diverse prescrizioni, di circa 10-15% in peso.

La silice micronizzata si presenta come una polvere bianca, amorfa ai raggi X, con grandezza delle particelle primarie di 5-30 nanometri. Le caratteristiche principali sono: effetto addensante, tixotropante, antisedimentante, rinforzante per elastomeri, miglioramento dell'effetto di scorrimento delle poveri ed effetto assorbente.

PIETRA MACINATA

Inerti ottenuti dalla frantumazione naturale di rocce calcaree e/o sedimentarie, appartenenti al gruppo delle arenarie, proveniente direttamente da cave o da materiale di recupero della stessa fabbrica in questo caso, preventivamente alla macinazione, sarà cura dell'appaltatore provvedere ad una accurata pulizia seguita da cicli di lavaggio e asciugatura così da rimuovere eventuali tracce di sostanze inquinanti ed impurità varie. La pietra macinata, se non diversamente specificato, dovrà possedere le seguenti caratteristiche: buona resistenza a compressione; bassa porosità così da garantire un basso coefficiente di imbibizione; assenza di composti idrosolubili (ad es. gesso); assenza di sostanze polverose, argillose o di terreno organico.

Il materiale derivato dalla frantumazione delle pietre proveniente da cave (da utilizzare per intonaci e stuccature) dovrà, necessariamente, essere dapprima accuratamente ventilato ed in seguito lavato più volte con acqua dolce così da asportare la polvere di macinazione che ricoprendo i granuli dell'inerte potrebbe compromettere l'utilizzo. L'inerte macinato sarà, di norma, classificato, in base alla sua granulometria, in:

– fine da 0,3 a 1 mm;
– media da 1 a 3 mm;
– grossa da 3 a 5 mm;
– molto grossa da 5 a 10 mm.

Per il controllo granulometrico sarà cura dell'appaltatore fornire alla D.L. i crivelli ed i setacci indicati nelle norme UNI 2332-1 e UNI 2334.

POZZOLANA

Le pozzolane (tufo trachitico poco coerente e parzialmente cementato di colore grigiastro, rossastro o bruno) dovranno essere ricavate da strati mondi da cappellaccio ed esenti da sostanze eterogenee o di parti inerti ed essere di grana fine (dimensione massima dei grani della pozzolana e dei materiali a comportamento pozzolanico inferiore ai 5 mm), asciutte ed accuratamente vagliate, con resistenza a pressione su malta normale a 28 gg di 2,4 N/mm², resistenza a trazione su malta normale a 28 gg. di 0,4 N/mm² e residuo insolubile non superiore al 40% ad attacco acido basico. Qualunque sia la provenienza dovranno rispondere a tutti i requisiti prescritti dal RD 16 novembre 1939, n. 2230.

COCCIO PESTO

Granulato di coccio macinato disidratato, dovrà essere ricavato dalla frantumazione di laterizio a pasta molle, mattoni, tavelle e coppi fatti a mano cotti a bassa temperatura (< a 950°C); a seconda delle zone di provenienza potrà presentare un colore da toni variabile dal giallo al rosso. Risulterà reperibile in diverse granulometria: a grana impalpabile 00-0, polvere 0-1,2 mm, fine 1,2-3 mm, media 3-8 mm, grossa 8-20 mm. La polvere di coccio pesto dovrà essere lavata al fine di eliminare qualsiasi sostanza inquinante e nociva. Per le sue caratteristiche di pozzolanicità e traspirabilità potrà essere usato per la produzione di malte ed intonaci naturali anche con spessori consistenti.

METACAOLINO

Il metacaolino (Al2O32SiO2), ottenuto per calcinazione a 730 °C del caolino (argilla primaria caratterizzata da un alto contenuto di silice e allumina attive) per le sue caratteristiche di pozzolanicità e traspirabilità potrà essere usato per la produzione di malte ed intonaci a marmorino ma anche per il consolidamento d'intonaci mediante iniezioni in profondità. Caratteristiche: colore bianco (grado 85,5 metodo ISO); ossido di silicio 47%; ossido di alluminio 37,8%; ossido di ferro 0,6%; pH al 10% in acqua 5,0±0,5; peso specifico 2,3 gr/dm³.

ARGILLE ESPANSE

Materiali da utilizzare principalmente come inerti per il confezionamento di calcestruzzi alleggeriti; in genere si ottengono tramite cottura di piccoli grumi ottenuti agglomerando l'argilla con poca acqua. Ogni granulo di colore bruno dovrà presentare: forma rotondeggiante (diametro compreso tra gli 8 e i 15 mm), essere scevro da sostanze organiche, polvere od altri elementi estranei, non essere attaccabile da acidi, e conservare le sue qualità in un largo intervallo di temperatura.

Di norma le argille espanse saranno in grado di galleggiare sull'acqua senza assorbirla. Sarà, comunque, possibile utilizzare argille espanse pre-trattate con resine a base siliconica in grado di conferire all'inerte la massima impermeabilità evitando fenomeni di assorbimento di acque anche in minime quantità.

Con appositi procedimenti i granuli potranno anche essere sinterizzati e trasformati in blocchi leggeri (mattoni, mattoni forati) da utilizzare, eventualmente, per pareti isolanti.

POMICE ED ALTRI INERTI NATURALI LEGGERI

Gli inerti leggeri di pomice dovranno essere formati da granuli leggeri di pomice asciutti e scevri da sostanze organiche, polveri od altri elementi estranei. Dovranno possedere la granulometria prescritta dagli elaborati di progetto. Per quanto riguarda gli aggregati leggeri nel caso di utilizzo per miscele strutturali dovranno necessariamente possedere resistenza meccanica intorno ai valori di 15 N/mm².

Art. 6 - Elementi di laterizio e calcestruzzo

Gli elementi resistenti artificiali da impiegare nelle murature (elementi in laterizio ed in calcestruzzo) potranno essere realizzati in laterizio normale, laterizio alleggerito in pasta, calcestruzzo normale, calcestruzzo alleggerito, calcestruzzi cellulare; essere dotati di fori in direzione normale al piano di posa (elementi a foratura verticale) oppure in direzione parallela (elementi a foratura orizzontale).

Gli elementi resistenti, quando impiegati nella costruzione di murature portanti, dovranno, necessariamente, rispondere alle prescrizioni contenute nel DM LLPP n. 103 del 20 novembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento" (d'ora in poi DM 103/1987). Rientreranno in queste prescrizioni anche i mattoni da "paramento" ovverosia, quelli utilizzati per rivestimenti esterni ma che hanno, contemporaneamente una funzione portante.

Nel caso di murature non portanti, le suddette prescrizioni insieme alle norme UNI 8942 "Prodotti di laterizio per murature" potranno costituire un utile riferimento. Le eventuali prove su detti elementi dovranno essere condotte seconde le prescrizioni di cui alla norma UNI 772 "Metodi di prova per elementi di muratura".

Tabella 6.1 Tipologie degli elementi resistenti artificiali e spessori minimi dei muri (DM 20/11/87)

Tipo di elemento	φ	Elementi resistenti in laterizio		Elementi resistenti in calcestruzzo	
		f (cm^2)	Spessore minimo (cm)	f (cm^2)	Nessun limite di spessore
Mattone pieno	≤ 15%	≤ 9	12		
Mattone e blocchi semipieni	15% --- 45%	≤ 12	20	≤ 0,10 A con A ≤ 900 cm2 ≤ 0,15 A con A > 900 cm2	
Mattone e blocchi forati	45% --- 55%	≤ 15	25		

Mattoni = elementi resistenti artificiali aventi forma parallelepipeda
Blocchi = elementi resistenti artificiali di grande formato con volume maggiore di circa 5500 cm3
A = area lorda della faccia forata delimitata dal suo perimetro
F = area complessiva dei fori passanti e profondi non passanti
f = area media di un foro (solo per il laterizio)
j = 100 x F/A = percentuale di foratura

Saranno considerati **pieni** i mattoni trafilati (tipo A massiccio, tipo B a tre fori), quelli pressati che presentano incavi di limitata profondità destinati ad essere riempiti dal letto di malta, nonché i pressati cellulari (mattoni dotati di fori profondi ma non passanti). Dimensioni UNI 5,5 x 12 x 25 cm e 6 x 12 x 24 cm.

Saranno considerati **semipieni** i laterizi per murature destinati, di norma, ad essere messi in opera con i fori verticali, con apprezzabili caratteristiche di resistenza (foratura pesante). I blocchi semipieni potranno essere prodotti con laterizio "alveolato", ovverosia dotato di porosità uniforme tale da ridurre il peso a 1600-1400 kg/m^3. I laterizi semipieni si distingueranno in: mattone semipieno tipo pesante o leggero (dim. 5,5 x 12 x 25 cm; 6 x 12 x 24 cm; - da paramento - dim. doppio UNI 12 x 12 x 25 cm) blocco forato (dim. 12/15 x 25 x 25 cm; 20 x 20 x 40 cm), e blocco forato ad incastro (dim. 20 x 25 x 30 cm; 20 x 30 x 45 cm; 20 x 30 x 50 cm).

Saranno denominati **forati** i laterizi per murature destinati di norma ad essere posti in opera con i fori orizzontali; se non diversamente specificato si classificheranno in:

– *foratino o* "*stiaccione*" (tre fori dim. 5 x 15 x 30 cm);

– *forato comune* (sei fori dim. 8 x12 x 25 cm);

– *foratella o tramezza* (otto-dieci fori dim. 8/12 x 25 x 25 cm);

– *foratone* (dodici fori dim. 12 x 24 x 24 cm, 15 x 24 x 30 cm).

A seconda del grado di cottura i laterizi (mattone pieno e semipieno, mezzo mattone, tre quarti, quarto o "bernardino", mezzolungo o "tozzetto", mezzana, pianella) potranno essere distinti in:

a) *albasi*, poco cotti, porosi, di colore chiaro (rosa o giallo), scarsamente resistenti, di norma non adatti come materiale per funzioni strutturali;

b) *mezzanelli dolci*, più rossi dei precedenti, ma con resistenza ancora piuttosto bassa;

c) *mezzanelli forti*, di colore rosso vivo, poco porosi, con resistenza a compressione, nel caso di mattoni pieni, comprese tra 25 e 40 MPa;

d) *ferrioli*, troppo cotti, di colore rosso scuro (tendente al bruno), poco porosi in superficie, poco aderenti alle malte.

Il colore, oltre che dalla temperatura di cottura e dalla durata di tale trattamento, dipenderà anche dal tenore degli ossidi di ferro, dei silicati e del calcare presente nella miscela argillosa, e potrà variare dal giallo al rosso, più o meno cupo.

Prodotti comuni: i mattoni pieni per uso corrente dovranno essere a forma di parallelepipedo regolare, di lunghezza doppia della larghezza, di modello costante, avere una colorazione il più uniforme possibile nonché presentare, sia all'asciutto che dopo la prolungata immersione nell'acqua, una resistenza alla compressione non inferiore a quella indicata dalla norma UNI vigente.

Per i mattoni pieni e i mattoni e blocchi semipieni per uso corrente ai fini dell'accettazione di un elemento saranno ammesse:

– -1 fessura interna nella direzione dei fori interessante tutta la dimensione dell'elemento per elementi con una sezione fino a 700 cm^2;

– -2 fessure per sezioni maggiori di 700 cm^2*;*

– -4 fessure nella direzione dei fori sulle pareti esterne, non maggiori del 200% della dimensione dell'elemento misurata secondo la direzione della fessura stessa;

– -2 fessure ortogonali alla direzione dei fori sulle pareti e sulle facce esterne, non maggiori del 10% della dimensione dell'elemento misurata secondo la direzione della fessura stessa (due fessure concorrenti in uno spigolo sono da considerarsi una fessura sola).

-In ogni caso il numero totale delle fessure ammesse sulla superficie esterna complessiva dell'elemento non deve superare il valore 4 non saranno da considerarsi nel computo lesioni aventi una estensione £ 5% della lunghezza dell'elemento, misurata secondo la direzione della lesione stessa.

Per ciascun elemento non sarà tollerata, sulla sua superficie, nessuna protuberanza o scagliatura di diametro medio > di 30 mm; protuberanze e scagliature di diametro minore non dovranno essere sistematiche. La quantità di elementi non conformi, ammessa complessivamente nel campione, per fessure, scagliature e protuberanze dovrà risultare £ a 21.

Prodotti faccia a vista e da rivestimento: le liste in laterizio per rivestimenti murari a colorazione naturale o colorate con componenti inorganici, potranno presentare nel retro, tipi di riquadri in grado di migliorare l'aderenza con le malte o, essere foggiate con incastro a coda di rondine. Il loro potere di imbibizione non dovrà superare il 10% in peso di acqua assorbita ed il loro contenuto di Sali solubili non dovrà essere superiore a 0,05% o a 0,03%, a seconda dei tipi. Nel caso in cui il colore superficiale dell'elemento risultasse diverso da quello del supporto interno non sarà ammessa alcuna mancanza di rivestimento sulla superficie destinata a restare a visita che renda visibile il corpo ceramico di base.

Per quanto concerne le facce non destinate a rimanere a vista resteranno validi i requisisti enunciati per i prodotti comuni; diversamente, se destinate a restare a vista, i difetti superficiali (lunghezza, fessure, dimensioni scagliature e scheggiature) dovranno avere dimensioni tali da non eccedere i limiti riportati in tabella.

Tabella 6.2 (UNI 8942/86)

Tipo	Facce in vista (ammessa una sola imperfezione per dm2 di superficie)	Spigoli
Liscio	5 mm	6 mm
Rigato, sabbiato ecc.	10 mm	12 mm

La resistenza meccanica degli elementi dovrà essere dimostrata attraverso certificazioni contenenti i risultati delle prove e condotte da laboratori ufficiali negli stabilimenti di produzione, con le modalità previste nel DM 103/1987 in caso di muratura portante e con quelle previste dalla norma UNI 8942 se si tratta di semplice rivestimento.

La fornitura dovrà essere accompagnata da dichiarazione del produttore che attesta la conformità dei mattoni e della stessa fornitura ai limiti di accettazione della norma UNI 8942 (semplice rivestimento) e DM 103/1987 (in caso di muratura portante). Sarà, in ogni caso, facoltà del Direttore dei Lavori richiedere un controllo di accettazione, avente lo scopo di accertare se gli elementi da mettere in opera abbiano realmente le caratteristiche dichiarate dal produttore.

Tabella 6.3 -Limiti di accettazione dei prodotti faccia a vista e da rivestimento per murature non portanti. All'interno della tabella non sono considerati, data la varietà dei valori delle caratteristiche, i prodotti formati a mano. I suddetti valori potranno essere concordati alla fornitura (UNI 8942)

CARATTERISTICA	LIMITI E/O TOLLERANZE
Dimensioni	
Lunghezza nel senso dei fori	± 3% (max ± 3 mm)
Altre dimensioni	± 2% (max ± 5 mm)
Spessore pareti	
Interne	6 mm minimo
Esterne	15 mm minimo
Forma e massa volumica	
Planarità facce lungo le diagonali	fino a 10 cm ± 2 oltre 10 cm < 2% (max ± 5 mm)
Rettilineità degli spigoli	fino a 10 cm ± 2 oltre 10 cm ± 2%
Ortogonalità degli spigoli	fino a 10 cm ≤2 oltre 10 cm ≤ 2%
CARATTERISTICA	**LIMITI E/O TOLLERANZE**
Dimensioni	
Percentuale foratura	nominale – 2 + 5%
Massa volumica	nominale ± 8%
Densità apparente	Da concordare
Resistenza meccanica	
Resistenza caratteristica a compressione	nominale – 8%
Coefficiente di variazione resistenza a compressione	≤ 20%
Trazione per taglio	da concordare
Flessione per taglio	da concordare
Altre determinazioni	

Inclusioni calcaree	massimo 1 cratere 3 <φ< 5 mm per dm2; diametro medio crateri < 5 mm;
Efflorescenze	Dopo 4 giorni di immersione in acqua gli elementi, lasciati asciugare non ne dovranno presentare
Imbibizione	8 – 20 g/dm2
Assorbimento acqua (quantità)	10 – 25%
Rischio gelività	Comportamento “non gelivo” l’elemento dovrà resistere ad almeno 20 cicli di gelo e disgelo tra i + 50° e i – 20 °C

Gli elementi speciali di laterizio per l’esecuzione di solai ovverosia le **pignatte** (avente funzione statica collaborante) e le **volterrane** (avente funzione principale di alleggerimento) dovranno presentare i seguenti spessori minimi: pareti superiori e perimetrali a 8 mm; setti interni 7 mm; raggio minimo di raccordatura 3 mm. Per gli elementi collaboranti alti h cm (altezza variabile da 12 a 24 cm) l’altezza minima della zona rinforzata (S) sarà 5 cm per h ? 25 e h/5 cm per h £ 25, in ogni caso S non potrà essere inferiore a 4 cm. L’altezza complessiva di entrambi questi blocchi di laterizio potrà variare da 12 cm a 24 cm mentre l’interasse varierà da un minimo di 33 cm ad un massimo di 50 cm. La resistenza meccanica dei suddetti elementi dovrà essere dimostrata attraverso certificazioni contenenti i risultati delle prove condotte da laboratori ufficiali negli stabilimenti di produzione, con le modalità previste dalla normativa vigente.

Tabella 6.4 Resistenza caratteristica a compressione

Tipo blocchi	**Volterrane di alleggerimento Kg/cm²**	**Pignatte collaboranti Kg/cm²**
Rl_k parallela ai fori	150	300
Rl_k trasversale ai fori	50	150
P punzonamento	150	50

Le **tegole piane** (embrici o tegole marsigliesi) o **curve** (coppi o canali), di qualunque tipo siano, dovranno essere esattamente adattabili le une sulle altre, senza sbavature e presentare tinta uniforme; appoggiate su due regoli posti a 20 mm dai bordi estremi dei due lati corti, dovranno sopportare, sia un carico concentrato nel mezzo gradualmente crescente fino a 120 kg, sia l’urto di una palla di ghisa del peso di 1 kg cadente dall’altezza di 20 cm. Sotto un carico di 50 mm d’acqua mantenuta per 24 ore le tegole dovranno risultare impermeabili (UNI EN 538-539). Le tegole piane, infine, non dovranno presentare difetto alcuno nel nasello.

Art. 7 - Materiali ferrosi e metalli vari

ART. 7.1 MATERIALI FERROSI

I materiali ferrosi da impiegare nei lavori dovranno essere esenti da scorie, soffiature, brecciature, paglie o da qualsiasi altro difetto prescritto di fusione, laminazione trafilatura, fucinatura e simili.

Essi dovranno rispondere a tutte le condizioni previste dal citato DM 30 maggio 1974 ed alle norme UNI vigenti nonché presentare, a seconda della loro qualità, i seguenti requisiti:

1) *Ferro:* il ferro comune di colore grigio con lucentezza metallica dovrà essere di prima qualità, eminentemente duttile e tenace e di marcatissima struttura fibrosa. Esso dovrà essere malleabile, liscio alla superficie esterna, privo di screpolature, senza saldature aperte, e senza altre soluzioni di continuità.
2) *Acciaio trafilato o laminato:* tale acciaio, che potrà essere del tipo I (ossia extradolce e dolce il cosiddetto ferro omogeneo, con contenuto di carbonio inferiore a 0,1% per il primo e compreso tra 0,1% e 0,2% per il secondo; gli acciai saranno indicati con i simboli Fe 33 C10 o C16, e Fe 37 C20), o del tipo II (ossia semiduro e duro compresi tra il Fe 52 e il Fe 65 con contenuto di carbonio compreso tra 0,3% e 0,65%), dovrà essere privo di difetti, di screpolature, di bruciature e di altre soluzioni di continuità. In particolare, per la prima varietà, saranno richiesti perfetta malleabilità e lavorabilità a freddo e a caldo, senza che ne derivino screpolature o alte razioni. Esso dovrà, inoltre, essere saldabile e non suscettibile di prendere la temperatura; alla rottura dovrà presentare struttura lucente e finemente granulare. Rientreranno in questa categoria le piastre, le lamiere (sia lisce sia ondulate, sagomate ovvero grecate o microdogate), le staffe e le cravatte per il consolidamento delle travi in legno, i fogli ed i nastri di vari spessori e dimensioni.

3) *Acciaio profilato per strutture di armatura*: rientreranno in questa categoria sia i prodotti ottenuti per estrusione i cosiddetti "profilati" a sezione più o meno complessa secondo le indicazioni di progetto (a "T" UNI 5681, a "doppio T o IPE" UNI 5398; ad "H o HE" UNI 5397; ad "L"; ad "U" ecc.) sia quelli a sezione regolare detti anche barre, "tondini" o "fili" se trafilati più sottili. I tondini di acciaio per l'armatura del calcestruzzo siano essi lisci (Fe B32 k) o ad aderenza migliorata (Fe B38 k o Fe B44 k) dovranno rispondere alle prescrizioni contenute nel DM del 9 gennaio 1996 "Norme tecniche per il collaudo e l'esecuzione delle strutture delle opere di c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche" attuativo della legge n. 1086 del 5 novembre 1971 e relative circolari esplicative, nonché alle norme UNI vigenti. In linea generale il materiale dovrà essere privo di difetti ed inquinamenti che ne pregiudichino l'impiego o l'aderenza ai conglomerati. È fatto divieto di impiegare acciai non qualificati all'origine.

Tabella 7.1 Caratteristiche meccaniche minime per barre nervate e per reti di acciaio elettrosaldate (DM 9/01/96)

Tipo di acciaio	**Fe B38 k**	**Fe B44 k**
Diametro	5 ÷ 30 *mm*	5 ÷ 26 mm
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} N/mm2	≥ 375	≥ 375
Tensione caratteristica di rottura f_{tk} N/mm2	≥ 450	≥ 540
Allungamento A5 %	≥ 14	≥ 12
Fino a 12 mm piegamento a 180° su mandrino avente diametro	3Φ	4 Φ
Oltre 12 mm fino ai 18 mm	6 Φ	8 Φ
Oltre 18 mm fino a 25 mm piega e raddrizzamento su mandrino avente diametro	8 Φ	10 Φ
Oltre 25 mm fino a 30 mm	10 Φ	12 Φ

4) *Reti in acciaio elettrosaldato*: le reti di tipo "normale" avranno diametri compresi tra i 4 mm e i 12 mm, potranno su richiesta essere zincate in opera; quelle di tipo inossidabile dovranno essere ricoperte da più strati di zinco (circa 250 g/m²) perfettamente aderente alla rete. Tutte le reti utilizzate in strutture di cemento armato dovranno avere le caratteristiche richieste dal DM 27 luglio 1985 e dal DM 9 gennaio 1996 nonché delle norme UNI vigenti (UNI 8926-27 e UNI ISO 10287).

Tabella 7.2 Caratteristiche meccaniche per reti di acciaio elettrosaldate (DM 9 gennaio 1996)

Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} ovvero f(o,2)k	N/mm^2	≥ 390
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	N/mm^2	≥ 440
Rapporto dei diametri dei fili dell'ordito	Φ min/ Φ max	≥ 0,60
Allungamento A_{10}	%	≥ 8
Rapporto f_{tk}/ f_{yk}		≥ 1,10

5) *Acciai inossidabili austenitici* (UNI 3158-3159; 3161): dovranno corrispondere per analisi chimica alle norme AISI (*American Iron Steel Istitute*) 304 e 316 (cioè ai rispettivi tipi UNI X5 Cr-Ni 1810 e X5 Cr-Ni-Mo 1712), e AISI 304L e 316L (rispettivi tipi UNI X2 Cr-Ni 1811 e X2 Cr-Ni-Mo 1712), aventi composizione chimiche sostanzialmente uguali alle precedenti a parte per la percentuale di carbonio sensibilmente inferiore che permetterà di migliorare ulteriormente le rispettive caratteristiche di resistenza alla corrosione a fronte, però, di una leggera diminuzione delle caratteristiche di resistenza meccanica (il carico unitario di snervamento Rs scende da 250 MPa a 220 MPa per il tipo 304 e da 260 MPa a 240 MPa per il tipo 316). Nell'acciaio AISI 316 l'utilizzo di molibdeno permetterà di migliorare sensibilmente le caratteristiche alla corrosione in particolare di quella per violatura (il PRE cioè l'indice di resistenza alla violatura *Pitting Resistance Equivalent* del tipo 316 è pari a 23-29 contro il 17-22 dl tipo 304). Il tipo di acciaio a cui si farà riferimento per le caratteristiche meccaniche è il Fe B 44 k. Le modalità di prelievo e le unità di collaudo di tale acciaio seguiranno le medesime prescrizioni previste per gli acciai comuni per armature in c.a. Il peso dell'acciaio inox ad aderenza migliorata ad elevato limite elastico (*low carbon*) verrà determinato moltiplicando lo sviluppo lineare dell'elemento per il peso unitario del tondino di sezione nominale corrispondente determinato in base al peso specifico di 7,95 kg/dm² per il tipo AISI 304L e di 8,00 kg/dm² per il tipo AISI 316L.

Tabella 7.3 Caratteristiche fisico-meccaniche degli acciai inossidabili

Materiale	**Indice resistenza**	**Conducibilità termica**	**Modulo elastico GPa**	**Carico di snervamento kg/mm²**	**Allungam. minimo %**	**Strizzione minima %**
AISI 304	17-22	15	200	25	55	65
AISI 304L	18-21	15	200	22	55	70
AISI 316	23-29	15	193	26	55	70
AISI 316L	23-29	15	193	24	55	70
AISI 430	16-18	26	203	50	18	50

6) *Acciaio fuso in getti*: l'acciaio fuso in getti per cuscinetti, cerniere, rulli o per qualsiasi altro lavoro, dovrà essere di prima qualità, esente da soffiature e da qualsiasi altro difetto.

7) *Ghisa*: (UNI 5330) la ghisa dovrà essere di prima qualità e di seconda fusione, dolce, tenace, leggermente malleabile, facilmente lavorabile con la lima e con lo scalpello; di fattura grigia finemente granosa e perfettamente omogenea, esente da screpolature, vene, bolle, sbavature, asperità ed altri difetti capaci di menomare la resistenza. Dovrà essere inoltre perfettamente modellata. Dovrà essere assolutamente escluso l'impiego di ghise fosforose. Le caratteristiche dovranno adempiere i parameri elencati in tabella.

Tabella 7.4 Proprietà meccaniche delle ghise

Tipo	Carico a rottura (minimo) MPa	Allungamento a rottura (minimo) %	Numero durezza Brinell	Resilenza Charpy KJ/m2	Modulo Elastico MPa
Ghisa grigia ordinaria UNI G 15	147	1	150	40	84000

8) *Titanio*: il titanio e le sue leghe dovranno rispondere, per le loro caratteristiche, alle normative di riferimento del paese di produzione (UNI 10258). Questo specifico metallo dovrà possedere le seguenti caratteristiche: elevata leggerezza, elevata resistenza meccanica in relazione ad una bassa densità, elevata resistenza alla corrosione, basso coefficiente di dilatazione termica e basso coefficiente di conducibilità termica Grazie al suo modulo elastico (pari a circa 100 *GPa* ovvero quasi la metà degli acciai inossidabili) risulterà un metallo facilmente abbinabile ai materiali lapidei, ceramici o, in ogni caso da costruzione. Con un peso specifico di circa 4,5 g/cm³ ed un carico di rottura simile a quello degli acciai il titanio, con le sue leghe fornisce tra i migliori rapporti resistenza meccanica/peso. La norma ASTM B625 identifica in ordine crescente le caratteristiche in classi da 1 a 4, il più usato è il 2, mentre la lega più utilizzata sarà la Ti-6Al-4V contenente il 6% di alluminio, il 4% di vanadio ed il 90% di titanio.

Tabella 7.5 Caratteristiche fisico-meccaniche del titanio e della lega Ti-6Al-4V

Materiale	Densità g/cm³	Punto di fusione °C	Coeff. dilataz. Termica	Modulo elastico GPa	Carico di rottura kg/cm²	Carico di snervamento kg/cm²	Allungamento %
Titanio	4,5	1668	8,4 x 10	106	3400	2800	20
Ti-6Al-4V	4,4	1650	8,6 x 10	120	900	8300	---

ART. 7.2 METALLI VARI

Il piombo, lo zinco, lo stagno, il rame, il bronzo, l'ottone, l'alluminio, l'alluminio anodizzato, e tutti gli altri metalli o leghe metalliche da impiegare nelle costruzioni dovranno essere delle migliori qualità, ben fusi o laminati a seconda della specie di lavori a cui saranno destinati, e scevri da ogni impurità o difetto che ne vizi la forma, o ne alteri la resistenza ovvero la durata.

Art. 8 - Prodotti a base di legno – Generalità

Si intenderanno prodotti a base di legno quelli derivanti dalla semplice lavorazione e/o dalla trasformazione del legno e che si presenteranno sotto forma di segati, pannelli, lastre ecc.

I prodotti verranno di seguito considerati al momento della loro fornitura ed indipendentemente dalla destinazione d'uso. Il Direttore dei Lavori, ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della stessa alle prescrizioni di seguito indicate. Per le prescrizioni complementari da considerare in relazione alla destinazione d'uso (strutturale, pavimentazioni, coperture ecc.) si rinvia agli appositi articoli del presente capitolato ed alle prescrizioni del progetto.

Tabella 8.1 Tensioni nominali in MPa (N/mm²) per legno massiccio

Specie legnose		Categoria Legname	Flessione	Trazione		Compressione		Taglio	Torsione	Modulo elastico
				0	90	0	90			
	Abete rosso	1	11	11	0,05	10	2	1	1	12.500
		2	9	9	0,05	8	2	0,9	1	11.500
		3	7	6	0	6	2	0,8	0	10.500
	Abete bianco	1	11,5	11	0,05	1	2	0,9	1	13.500
		2	10	9	0,5	9	2	0,8	1	12.500
		3	7,5	6	0	7	2	0,7	0	11.500

	Larice	1 2 3	13 11 8,5	12 9,5 7	0,05 0,05 0	12 10 7,5	2,5 2,5 2	1,1 1 0,9	1 1 0	15.500 14.500 13.500
	Pino silvestre	1 2 3	12 10 8	11 9 6	0,05 0,05 0	11 9 7	2 2 2	1 0,9 0,8	1 1 0	13.500 12.500 11.500
	Douglas	1 2 3	12 10 7	10,2 8,5 6	0,05 0,05 0	11 8,5 6	2 2 2	0,9 0,9 0,9	1 1 0	
	Quercia, Faggio	1 2 3	12 11 8,5	45 10 7	0,05 0,05 0	12 10 7,5	3 2,5 2,2	1,2 1 0,9	1 1 0	13.500 12.500 11.500
	Robinia	1 2 3	13,5 11,5 9	13 11 7	0,05 0,05 0	12 10 7,5	3 2,5 2,2	1,2 1 0,9	1,6 1,6 0	14.000 13.000 12.000
	Castagno, Olmo, Frassino	1 2 3	12 10 8	11 9 6	0,05 0,05 0	11 9 7	2 2 2	0,8 0,7 0,6	1,3 1,3 0	10.000 9.000 8.000
	Pioppo	1 2 3	10,5 8,5 8,6	9 7 4,5	0,05 0,05 0	10 8 6	1,5 1,5 1,5	0,6 0,5 0,4	1 1 0	9.000 9.000 7.000

0 sta ad indicare parallela alla fibratura

90 sta ad indicare ortogonale alla fibratura

ART. 8.1 LEGNAMI E MATERIALI DERIVATI DAL LEGNO

I legnami da impiegare in opere stabili o provvisorie, di qualunque essenze essi siano dovranno rispondere a tutte le prescrizioni di cui al DM 30 ottobre 1912, DPR 24 dicembre 1969, DM del 6 marzo 1986 e alle norme UNI vigenti verranno selezionati, tra le diverse possibilità di scelta, le qualità appartenenti alla categoria prescritta se non presenteranno difetti incompatibili con l'uso per cui sono destinati.

Una classificazione commerciale e pratica, basata sulla forma, distingue i legnami in:

– legname tondo o "tondame"

– legname segato

– legname lavorato a squadratura con sezione quadrata o rettangolare (travi, travicelli ecc.)

– legname segato in tavolame

– legname squadrato

Il legname rotondo: dovrà provenire dal tronco dell'albero e non dai rami, dovrà essere sufficientemente diritto, in modo che la congiungente i centri delle due basi non debba uscire in alcun punto dal palo; dovrà essere scortecciato per tutta la lunghezza e conguagliato alla superficie; la differenza fra i diametri medi dalle estremità non dovrà oltrepassare i 15 millesimi della lunghezza né il quarto del maggiore dei 2 diametri. L'umidità massima tollerabile per questi materiali dovrà essere del 25%.

Tabella 8.2 Denominazione e misure dei principali prodotti ricavati da legname tondo

Denominazione	Diametro (cm)	Lunghezza (cm)	Note ed usi comuni
Abetelle o stili (antenne, candele)	12-25	200	Classe media della paleria, solo scortecciati e privati dell'alburno. Utilizzati per ponti di servizio
Pali	15-30	200-600 fino a 900	Classe grossa della paleria di essenza forte e dura sono tronchi privati della scorza e dell'alburno. Utilizzati per fondazione e consolidamento dei terreni

Il legname segato a spigolo vivo: dovrà essere lavorato e squadrato a sega con le diverse facce esattamente spianate, senza rientranze o risalti, con gli spigoli tirati a filo vivo (saranno comunque ammissibili lievi tolleranze sugli smussi), senza alburno ovvero potrà essere tollerata la moderata presenta di alburno nel legname strutturale.

Tabella 8.3 Denominazione e misure dei principali prodotti ricavati da legname lavorato a squadratura o segato

Denominazione	Lunghezza (cm)	Larghezza (cm)	Altezza (cm)	Note ed usi comuni
Travi o bordonali	400 fino a 1000-1200	20-45 fino a 50	14-35 fino a 40	Elementi squadrati a filo vivo o con tolleranza di smussi. Utilizzati come elemento principale della orditura di sostegno di coperture o solai.
Travicelli	350-550	12-18	8-15	Elementi squadrati a filo vivo utilizzati come struttura secondaria di solai o coperture
Morali o Correnti (arcarecci, terzere)	400-900	8-10	10-14	Travicelli utilizzati per l'orditura longitudinale delle coperture
Correntini o listelli	300-800	5-8	3,5-5	Correnti di minori comunque squadrati e utilizzati specialmente per l'ossatura delle coperture
Piane	non inferiore a 300	4-9	4-6	Travicelli piani e squadrati utilizzati per soffitti, tramezze e simili

Il tavolame dovrà essere ricavato dalle travi più dritte, affinché le fibre non riescano mozze dalla sega e si ritirino nelle sconnessure; le tavole potranno essere *non refilate* (ovvero ottenute dal solo taglio longitudinale del fusto), *refilate rastremate* (ovvero smussate seguendo la rastrematura) *parallele* (ovvero a spigoli paralleli) la larghezza delle tavole ordinarie potrà variare da 16 cm a 30 cm e da 8 cm a 15 cm per le sottomisure, la lunghezza varierà da 200 cm a 400 cm.

Tabella 8.4 Classificazione delle tavole parallele ricavate da tronchi segati

Denominazione	Lunghezza (cm)	Larghezza (cm)	Altezza (cm)	Note ed usi comuni
Panconi	400 ma sovente le misure variano da 300 a 600	25-40	8-15	Tavole molto grosse utilizzate per lavori di fondazione e per impalcature robuste
Tavoloni	400 può oscillare da 250 a 500	20-40	5-8	Tavole di grossezza media
Tavole o assi	300-600	15-35 con gradazioni di 2	2,5-6	Utilizzate per lavori di falegnameria e nei lavori di legname minuto
Assicelle	variabile circa 250	15-25	1,2-2,5	Tavole sottili
Denominazione	**B. Lunghezza (cm)**	**Larghezza (cm)**	**Altezza (cm)**	**C. Note ed usi comuni**
Scurette	variabile	15-20	1	
Sciaveri o scorzoni	variabile	variabile	variabile	Scarti di segagione provenienti dalla parte
				periferica del tronco con un lato rettilineo e l'altro a porzione di circonferenza
Piallacci	variabile	variabile	0,1-0,2	Fogli di legno di essenza nobile utilizzati per
				impiallacciare legni meno pregiati

Il legnane squadrato, ottenuto dai fusti mediante tagli, oltre alla squadratura a spigoli vivi paralleli potrà dar luogo ad altri due tipi di legni:

– -legname grossolanamente squadrato a spigolo smussato lavorato a sega o ad ascia, dove tutte le facce dovranno essere spianate senza essere scarnite, saranno tollerati l'alburno o lo smusso in misura non maggiore di un sesto del lato della sezione trasversale;

– -travi con squadratura “uso Trieste” ovvero lavorazione, eseguita su piante intere con una squadratura parziale senza spigolo vivo ottenuta attraverso il processo di piallatura superficiale, mantenendo la conicità del tronco originario.

I legnami per pavimentazioni siano essi listoni che tavolette dovranno necessariamente essere stagionati, ben piallati, esenti da nodi, fenditure, tarlature ed altri difetti che ne alterino l’aspetto, la durata e la possibilità di montarli a perfetta regola d’arte.

I legnami destinati alla costruzione degli infissi dovranno essere di prima categoria, di struttura e fibra compatta e resistente, non deteriorata, perfettamente sana, dritta e priva di spaccature sia in senso radicale che circolare. Essi dovranno essere ben stagionati con un contenuto d’acqua non superiore al 15%; le specie ammissibili nella categoria degli infissi saranno elencati nelle tabelle UNI 2853-54. Tali legni dovranno presentare limitati difetti: sarà prescritta una densità di almeno 3 anelli per cm (con l’esclusione di alburno), non dovranno essere presenti nodi, cipollature, buchi, od altre malfatture palesi, dovranno, inoltre, presentare colore e venatura uniforme.

Per le prescrizioni complementari da considerare in relazione alla destinazione d’uso (strutturale, pavimentazioni, coperture ecc.) si rinvia agli appositi articoli del presente capitolato ed alle prescrizioni del progetto.

SEGATI DI LEGNO

I segati di legno dovranno essere forniti in opera conformemente alle norme UNI vigenti (in particolare UNI EN 844). A complemento di quanto specificato nel progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d’uso, si intendono forniti con le seguenti caratteristiche:

– -tolleranze sulla lunghezza e larghezza: ± 10 mm; tolleranze sullo spessore: ± 2 mm; (misurata secondo la norma UNI EN 1313);

– -umidità non maggiore del 15%, (misurata secondo la norma UNI 8829);

– -difetti visibili ammessi....., misurati secondo..... ....;

– -difetti da essiccazione ....., (misurati secondo la norma UNI 8947);

– -qualità di essiccazione ..... (valutata secondo la norma UNI 9030);

– -trattamenti preservanti con metodo.....

..... e comunque

– -resistenti ai..... , misurati secondo.....

.....

– -impregnato con sostanza protettiva contro parassiti del legno e sostanze ignifughe ..... .

PANNELLI DI FIBRE DI LEGNO (LEGNI RICOSTRUITI O RIGENERATI)

1) *Pannelli con struttura uniforme*: tenuta strutturale che si otterrà mediante feltratura delle fibre (legno tondo debole e residuo delle segherie) ed azione adesiva delle forze leganti proprie del legno o di collanti aggiunti (resine sintetiche o resine naturali). Il materiale dovrà risultare omogeneo, con proprietà meccaniche uniformi nelle varie direzioni. Detti pannelli potranno essere del tipo extraduro (fabbricati per via umida), duro (fabbricati per via umida o per via semi secca) entrambi molto resistenti utilizzabili anche per la fabbricazione di travi composte; semiduro (fabbricati per via secca) e/o porosi (fabbricati per via umida) da impiegare per pareti isolanti e tramezzi leggeri.

2) *Pannelli MDF* (*Medium Density Fibreboard*): pannelli a base di fibra di legno. Le fibre verranno essiccate in misura maggiore che nei pannelli di media durezza. La struttura si presenterà contemporaneamente fine e fitta su tutta la sezione, i pannelli possono venire lavorati e rivestiti come il legno massiccio.

I pannelli di fibre dovranno essere forniti in opera conformemente alle norme UNI vigenti (in particolare UNI EN 316 e UNI EN 622). A complemento di quanto specificato nel progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d’uso, si intendono forniti con le seguenti caratteristiche:

– -tolleranze sulla lunghezza e larghezza: ± 3 mm; tolleranze sullo spessore: ± 0,5 mm; (misurate secondo la norma UNI EN 9363);

– -umidità non maggiore dell’8%, misurata secondo.....;

– massa volumica: per tipo tenero, minore di 350 kg/m³;
per tipo semiduro, tra 350 e 800 kg/m³;
per tipo duro, oltre 800-1000 kg/m³,
per tipo extraduro, oltre 1000 kg/m³,

(misurata secondo la norma UNI EN 323).

La superficie potrà essere:

– grezza (se mantenuta come risulta dalla pressatura) ..... .

– levigata (quando ha subito la levigatura) ....

– rivestita su una o due facce mediante: (placcatura, carte impregnate, smalti altro).....
– impregnata con prodotti protettivi contro l'attacco di parassiti del legno .....;
– impregnata con prodotti ignifughi.....;

Funzionalmente avranno le seguenti caratteristiche:

– assorbimento di acqua di ..... massimo .....
(misurato secondo la norma UNI EN 382);
– rigonfiamento dello spessore dopo immersione in acqua .....massimo,
(misurato secondo la norma UNI EN 317);
– resistenza a trazione di ..... minimo .....
(misurata secondo la norma UNI EN 319);
– resistenza a compressione di ..... minimo ....
(misurata secondo la norma UNI ISO 3132 e UNI ISO 3787);
– resistenza a flessione di ..... minimo ....
(misurata secondo la norma UNI EN 1058).

Nota per il compilatore: completare l'elenco e/o eliminare le caratteristiche superflue. Indicare i valori di accettazione ed i metodi di controllo per ogni singola tipologia di pannello, facendo riferimento alle norme UNI e/o CNR esistenti ed in loro mancanza a quelle della letteratura tecnica (in primo luogo le norme internazionali ed estere).

PANNELLI DI PARTICELLE (LASTRE DI AGGLOMERATO LIGNEO)

Pannelli di particelle pressati piani: pannelli a base di trucioli di legno tondo o legno per uso industriale legati per mezzo di resine sintetiche, l'orientamento dei trucioli sarà parallelo al piano del pannello. I pannelli potranno essere monostrato o multistrato (normalmente a 3 o a 5 strati) entrambi i tipi dovranno essere rifiniti con squadratura dei bordi e levigatura. Al fine di migliorare la resistenza alla flessione e il modulo di elasticità i pannelli dovranno contenere particelle dello strato di copertura più piatte;

Pannelli di particelle a estrusione: pannelli, legati con resine sintetiche, nei quali l'orientamento delle particelle dovrà, prevalentemente, essere verticale al piano. I pannelli potranno essere monostrato (pannelli non rivestiti) o multistrato con rivestimento costituito da sfogliati, pannelli di fibre dure, materiali multistrato o sintetici contenenti fibre di vetro;

Pannelli di particelle legate con leganti minerali: pannelli composti da miscela ad alta compressione composta per il 25% circa del peso da particelle di legno e per il 65% da leganti minerali (cemento Portland, magnesite o gesso), acqua, additivi (acceleranti di indurimento) ed eventuali materiali inerti. I pannelli potranno essere forniti grezzi non trattati o rivestiti con fogli di materiale sintetico, vernici disperdenti od intonaci di malta (UNI EN 633-634, UNI EN 1128, UNI EN 1328);

Pannelli OSB (*Oriented Strand Board*): pannelli a base di particelle di legno con trucioli grandi, relativamente lunghi e orientati. L'orientamento delle particelle sarà ottenuto mediante speciali dispositivi di distribuzione longitudinalmente o trasversalmente alla direzione di fabbricazione del pannello; nel caso di struttura a tre strati l'orientamento delle particelle dell'anima solitamente trasversale e delle particelle dello strato di copertura parallelo alla direzione di fabbricazione.

I pannelli di particelle dovranno essere forniti in opera conformemente alle norme UNI vigenti (in particolare UNI EN 309 e UNI EN 312). A compimento di quanto specificato nel progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intenderanno forniti con le seguenti caratteristiche:

– tolleranze sulle lunghezza e larghezza: ± 5 mm;
– tolleranze sullo spessore: ± 0,5 mm;
– umidità del 10% ± 3%;
– massa volumica: .....kg/m³; misurata secondo la norma UNI EN 323;
– superficie: grezza o; levigata o; rivestita con .....;
– resistenza al distacco degli strati esterni .....*N/mm²* minimo.

Funzionalmente avranno le seguenti caratteristiche:

– rigonfiamento dopo immersione in acqua: 12% massimo (oppure 16%), misurata secondo la norma UNI EN 317 ;
– assorbimento d'acqua.....% massimo, misurato secondo.....;
– resistenza a flessione di ..... N/mm² minimo, misurata secondo.....;
.....
– impregnato con prodotti protettivi contro l'attacco di parassiti del legno .....;
– impregnato con prodotti ignifughi .....;

Nota per il compilatore: completare l'elenco e/o eliminare le caratteristiche superflue. Indicare i valori di accettazione ed i metodi di controllo per ogni singola tipologia di pannello, facendo riferimento alle norme UNI e/o CNR esistenti ed in loro mancanza a quelle della letteratura tecnica (in primo luogo le norme internazionali ed estere).

PANNELLI DI LEGNO COMPENSATO

1) multistrato: pannelli con struttura simmetrica composta da un numero di fogli di piallaccio (spessore da 2/10 mm a 3 mm) dispari (a partire da 3 strati), in caso di numero pari i due fogli interni dovranno essere disposti paralleli alla fibratura; le direzioni delle fibratura dovranno essere ruotate reciprocamente in modo perpendicolare. Per usi di tipo strutturale dovranno essere utilizzati pannelli di tipo bilanciato spessore minimo 22 mm, con struttura simmetrica composta da almeno 7 fogli di piallaccio. Il compensato multistrato con almeno 5 strati e spessore superiore a 12 mm è denominato multiplex. Le facce esterne dei pannelli potranno anche essere rivestite con fogli di legno pregiato, così da migliorare l'aspetto estetico del manufatto: l'accoppiamento con tali strati di finitura è detto anche impiallacciatura.

Tabella 8.5 Spessori pannelli compensati multistrati

Spessore nominale in mm	Numero minimo di strati
3-4-5-6	3
8-10-12-15	5
18-20-22	7
25-28-30	9

2) *A liste e listelli "paniforti":* realizzato incollando (mediante resine sintetiche) almeno uno sfogliato di copertura su ogni lato ed un foglio centrale su liste o listelli di legno massello disposti uno affianco all'altro; lo spessore varia da 10 mm a 45 mm. Gli strati saranno disposti perpendicolarmente tra loro. Sui due lati dello strato centrale dovrà essere posto uno sfogliato di copertura (pannello a 3 strati) ovvero uno strato di isolante e uno sfogliato di copertura (pannello a 5 strati). L'anima del compensato a liste sarà formata da liste di legno massiccio segate larghe da 24 mm a 30 mm; mentre quella del compensato a listelli sarà costituita da strisce di sfogliato disposte a coltello con uno spessore compreso tra 50 mm e 80 mm.

Per i compensati multistrato e per i paniforti le definizioni, le classificazioni, la composizione, le caratteristiche, i difetti, le dimensioni e gli impieghi saranno contemplati nelle norme UNI vigenti (UNI EN 313). A complemento di quanto specificato nel progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intenderanno forniti con le seguenti caratteristiche:

– -tolleranze sulla lunghezza e larghezza: ± 5 mm; tolleranze sullo spessore: ± 1 mm; (misurate secondo la norma UNI EN 315);
– umidità non maggiore del 12%, misurata secondo.....;
– numero di strati .....;
– finitura esterna .....;
– grado di incollaggio .....(da 1 a 10), (misurato secondo UNI EN 314-1 e UNI EN 314-2).

Funzionalmente avranno le seguenti caratteristiche:

– resistenza a trazione .....N/mm², (misurata secondo la norma UNI 6480);
– resistenza a flessione statica ..... N/mm² minimo, (misurata secondo la norma UNI EN 1072);
– impregnazione degli sfogliati con prodotti protettivi contro l'attacco di parassiti del legno e sostanze ignifughe;
– impregnazione degli sfogliati con prodotti ignifughi.....

Nota per il compilatore: completare l'elenco e/o eliminare le caratteristiche superflue. Indicare i valori di accettazione ed i metodi di controllo per ogni singola tipologia di compensato, facendo riferimento alle norme UNI e/o CNR esistenti ed in loro mancanza a quelle della letteratura tecnica (in primo luogo le norme internazionali ed estere).

ART. 8.2 LEGNO LAMELLARE INCOLLATO

Il legno lamellare disponibile sotto forma di travi, di pannelli in multistrati o di sezioni sagomate di varia natura proveniente dalle migliori zone di accrescimento (con raccordi fra le parti mediante piccoli raggi di curvatura il raggio non può essere inferiore a 160 volte lo spessore della lamella di specie resinosa e 200 volte per lamelle di specie dure) dovrà essere fornito in opera conformemente alle norme UNI (in particolare UNI EN 386-397, UNI EN 390-392 e UNI EN 1194) e/o CNR vigenti ed in loro mancanza quelle della letteratura tecnica (in primo luogo le norme internazionali ed estere).

Ogni pezzatura dovrà essere selezionata qualitativamente e dimensionalmente, stagionata, giuntata di testa e piallata sulle quattro facce, formando le lamelle nelle misure richieste dagli elaborati di progetto. Le lamelle, (di norma spessore £ di 5 cm, larghezza £ di 25 cm, area massima 60 cm² per specie resinose, 40 cm² per specie dure) assemblate per incollaggio eseguito con collanti di tipo strutturale (a base di resorcina formaldeide o di urea), dovranno essere del tipo impregnato con sostanze atte a garantire l'assoluta inattaccabilità da parte di insetti, funghi, agenti atmosferici e chimici. Le strutture portanti dovranno, grazie all'elevata coibenza termica, impedire la creazione di ponti termici ed eliminare fenomeni di condensa.

Le caratteristiche tecniche richieste al legno lamellare sono:

– categorie di legnami utilizzati: resinoso o duro di I° e II° categoria;
– -giunzione longitudinale: fitta dentellatura "a pettine" o "a becco di flauto" sfalsata nell'altezza della sezione complessiva;
– colle utilizzate: colle alla resorcina-formolo (per strutture esposte agli agenti atmosferici) o all'urea-formolo;
– trattamenti antimuffa, fungicida, antiparassitario;
– resistenza al fuoco: classe 30/120;
– rapporto altezza/base: £ 10.

Le tensioni ammissibili dichiarate dal produttore dovranno essere quelle riportate in tabella.

Tabella 8.5 Tensioni ammissibili (kg/cm²)

Tipo di sollecitazione		**Categoria I**		**Categoria II**	
		Duro	Resinoso	Duro	Resinoso
Compressione assiale	σ'	140	135	112	107
Compressione trasversale	σt'	46	26	41	20
Trazione assiale	σ	168	157	101	90
Trazione trasversale	σt	12	8	10	6
Flessione	σf	152	146	129	112
Taglio	τ	20	15	15	12
Taglio longitudinale nel piano d'incollaggio	τ	12		– Con colle alla resorcina-formolo	
	τ	10		– Con colle all'urea-formolo o fenolo-formolo	
Razione ortogonale al piano d'incollaggio	σt	6		– Con colle alla resorcina-formolo	
	σt	5		– Con colle all'urea-formolo o fenolo-formolo	
Categoria I classe A: tutte le lamelle con tavole di I scelta; categoria I classe B: 15% di lamelle, per parte (con un minimo di due lamelle per bordo esterno) di I scelta e nucleo centrale di lamelle di II scelta. Categoria II tutte le lamelle con tavole di II scelta					

Per il controllo della qualità e della costanza della produzione si dovranno eseguire le seguenti prove:

– di delaminazione;

– di resistenza a taglio delle superfici di incollaggio;

– di controllo degli elementi;

– laminati verticalmente;

– controllo delle sezioni giuntate.

La determinazione della resistenza a taglio e delle proprietà meccaniche perpendicolari alla fibratura e di altre proprietà fisiche e meccaniche saranno effettuate secondo le prescrizioni di cui alle norme UNI EN 408.

Art. 9 - Pietre naturali e ricostruite

La terminologia utilizzata ha il significato di seguito riportato: le denominazioni commerciali dovranno essere riferite a campioni, atlanti ecc.; i prodotti di seguito elencati dovranno, qualora non diversamente specificato, rispondere al RD del 16 novembre 1939, nn. 2229-2232, e 3334 alle norme UNI alle norme tecniche del CNR nonché alle raccomandazioni NorMaL vigenti.

ARDESIA

Roccia metamorfica filiade argilloscista con elevato contenuto di quarzo, facile da dividersi in lastre sottili possiedono elevata scistosità, grana fine e tonte dal grigio al nero. In lastre per copertura dovrà essere di prima scelta e di spessore uniforme: le lastre dovranno essere sonore, di superficie piuttosto rugosa che liscia ed esenti da inclusioni e venature. Elevata resistenza a compressione con carico di rottura di 1500 kg/cm².

ARENARIA

Roccia sedimentaria clastica composta per cementazione naturale di una sabbia silicea o silicatico. Il cemento potrà essere di natura silicea, argilloso, argilloso-calcareo (macigno), gessoso ma, più frequente sarà quello misto. In funzione della natura di tale cemento ed al tipo di diagenesi subito, le arenarie potranno essere più o meno compatte, forti o friabili; di norma si presentano con giacitura a strati, hanno resistenza alla compressione di 600-1000 kg/cm², peso specifico da 2,5 a 2,7, colore variabile anche all'interno di una stessa formazione: tinta predominante grigio, bruno-giallastro, rossastro, grana fine non lucidabile. Generalmente di facile lavorazione, ed in rapporto alla consistenza, potranno essere impiegate come pietra da taglio, per elementi architettonici, rivestimenti ed anche per pavimentazioni stradali. Alcune varietà sono gelive.

CALCARE

Roccia sedimentaria o metamorfica costituita prevalentemente, da calcite, ovvero da carbonato di calcio, generalmente con associazione d'impurezze ed altre sostanze che ne modificano le caratteristiche tecniche. La loro formazione potrà essere di due tipi: sedimentaria di deposito chimico (travertini, alabastri calcarei, tufi calcarei o calcareniti ecc.) o alterazione chimica e deposito meccanico, cioè da deposito di prodotti di disgregazione di altre rocce ricimentatesi (conglomerati come brecce a scheletro di pezzatura spigolosa e puddinghe sempre con pezzatura grossa ma a carattere arrotondato); di tipo metamorfica con processo di ricristallizzazione (marmi). I calcari, possiedono, di norma, durezza media (3 Mohs), peso specifico da 1,7 a 2,8 ton/m³; resistenza alla compressione da buona ad ottima, non sono gelivi. I calcari teneri non risultano suscettibili di lucidatura, hanno grana fine ed omogenea; potranno essere utilizzati sia per apparecchi portanti sia per elementi decorativi. I calcari compatti sono, normalmente, lucidabili, avranno struttura microcristallina e proprietà superiore a quelle di marmi.

GRANITO (TERMINE COMMERCIALE)

Roccia eruttiva intrusiva composta prevalentemente da minerali di durezza Mohs da 6 a 7 (quali quarzo, feldspati, e da scarsi minerali ferrici), compatta, di difficile lavorabilità, manterrà a lungo la lucidatura se esposta all'esterno. La rottura del granito non avverrà per scorrimento dei piani reticolari, ma per reciproco distacco dei grani tra loro. I graniti potranno essere utilizzati per decorazione e per costruzione (grazie alle loro buone caratteristiche meccaniche e di resistenza all'abrasione e al gelo); di colore biancastro, grigiastro, rossastro frequentemente con macchiettature più scure (il colore dipenderà soprattutto dal contenuto di feldspato e di ferro), hanno una composizione chimica acida con abbondanza di silice in percentuale variabile tra il 70% e l'80%. La struttura tipica è granulare olocristallina con cristalli di dimensione variabile da minuti (1-2 mm) a medio grandi (10-20 mm), peso specifico relativamente modesto.

A questa categoria, appartengono:

– -i graniti propriamente detti (rocce magmatiche intrusive acide fanero-cristalline, costituite da quarzo, felspati sodico-potassici emiche);

– altre rocce magmatiche intrusive (dioriti, granodioriti, sieniti, gabbri ecc.);

– le corrispettive rocce magmatiche effusive, a struttura porfirica;

– alcune rocce metamorfiche di analoga composizione come gneiss e serizzi.

MARMO (TERMINE COMMERCIALE)

Roccia metamorfica le cui rocce originarie sono costituite da calcari di qualsiasi origine ovvero deposito meccanico, di deposito fisico-chimico ed organico. Dal punto di vista geologico per marmo sarà da intendersi un calcare (in genere organogeno) cristallino metamorfosato, di struttura compatta, lucidabile, caratterizzato da una cristallinità rilevabile ad occhio nudo. I marmi potranno essere utilizzati per decorazione e per costruzione, prevalentemente saranno costituiti da minerali di durezza Mohs da 3 a 4 (quali calcite, dolomite, serpentino). A differenza dei calcari compatti microcristallini, i marmi presentano la caratteristica di traslucità che ne determina un maggiore valore estetico. A questa categoria appartengono:

– i marmi propriamente detti (calcari metamorfici ricristallizzati), i calcefiri ed i cipollini;

– i calcari, le dolomie e le brecce calcaree lucidabili;

– gli alabastri calcarei;

– le serpentine;

– oficalciti.

I marmi dovranno essere soggetti alla lavorazione superficiale e/o le finiture indicate dal progetto, le dimensioni nominali concordate e le relative tolleranze nonché essere esenti da alcun difetto (bucce, vene, lenti, scaglie, peli, nodi, piccole cavità o taroli, macrosità, fessurazioni, inclusioni ecc.).

Specifiche caratteristiche richieste:

.....

.....

.....

PIETRA (TERMINE COMMERCIALE)

Roccia compatta e resistente, di natura ed origine varia da impiegarsi sia nelle costruzioni sia nelle decorazioni, di norma non lucidabile. Sotto questa categoria potranno essere classificate rocce di composizione mineralogica svariatissima non inseribili in alcuna classificazione, comunque riconducibili ad uno dei due gruppi seguenti:

– -rocce tenere e/o poco compatte, come varie rocce sedimentarie (calcareniti, arenarie a cemento calcareo ecc.), varie rocce piroclastiche (peperini, tufi ecc.);

– -rocce dure e/o compatte come le pietre a spacco naturali (quarziti, micascisti, gneiss lastroidi, ardesie ecc.) e talune vulcaniti (basalti, trachiti, leucititi ecc.).

Le pietre naturali da impiegarsi nella muratura e per qualsiasi altro lavoro, dovranno essere a grana compatta, esenti da piani di sfaldamento, da screpolature, peli, venature, interclusioni di sostanze estranee; dovranno avere dimensioni adatte al particolare loro impiego, offrire una resistenza proporzionata all'entità della sollecitazione cui devono essere soggette, ed avere una efficace adesività alle malte. Dovranno essere, in assoluto, scartate le pietre marnose e quelle alterabili all'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua corrente.

Le caratteristiche fisico-meccaniche delle pietre naturali da impiegare nella costruzione (in relazione sia alla natura della roccia prescelta sia dell'impiego) dovranno corrispondere alle norme di cui ai Regi Decreti 16 novembre 1939, n. 2229 e n. 2232, nonché alle norme UNI vigenti.

PIETRA DA TAGLIO

Oltre a possedere i requisiti ed i caratteri generali sopra indicati, dovranno avere struttura uniforme, essere scevre da fenditure, cavità e litoclasi, sonore alla percussione, e di perfetta lavorabilità e/o lucidabilità. Le forme, le dimensioni ed i sistemi di lavorazione dei pezzi, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, verranno man mano indicati dalla D.L. Le lavorazioni da adottare per le pietre da taglio se non diversamente specificato saranno le seguenti:

– a semplice sbozzatura;

– a punta grossa; a punta mezzana; a punta fine;

– a martellina grossa; a martellina fina;

– a bocciarda grossa; a bocciarda media; a bocciarda fine;

– a gradina media; a gradina fine;

– a scalpellino medio; a scalpellino fine.

Le facce delle pietre da taglio, anche se unicamente sbozzate, dovranno venir lavorate sotto regolo, così da non perdere mai sinuosità maggiori di 1 *cm*; le pietre lavorate a punta grossa non dovranno presentare sinuosità maggiori di 5 mm. Nei conci lavorati a punta mezzana ed a punta fina, i letti di posa dovranno essere ridotti a perfetto piano e le facce dovranno presentare spigoli ben vivi e ben rifilati così che le giunture celate non superino la larghezza di 8 mm e quelle in vista di 4 mm. Allorché sia comandata la lavorazione a martellina, le superfici lavorate dovranno essere a "pelle" piana e liscia, senza sinuosità e sporgenze alcuna e le attaccature non dovranno essere superiore ai 2 mm.

Per le opere a "faccia a vista" dovrà essere vietato l'impiego di materiali con venature disomogenee o, in genere, di brecce. Per questo specifico utilizzo dovranno essere utilizzate pietre caratterizzate da una buona resistenza a compressione ed a flessione, capacità di resistenza agli agenti atmosferici ed alle sostanze inquinanti, nonché presentare una buona tenacità (resistenza agli urti).

TRAVERTINO (TERMINE COMMERCIALE)

Roccia sedimentaria di deposito chimico con caratteristica strutturale vacuolare, da impiegare in rivestimenti esterni ed interni, in pavimenti, marcapiani, elementi architettonici in genere; alcune varietà sono lucidabili. È una roccia concrezionata, a struttura microcristallina; la sedimentazione delle concrezioni potrà risultare molto evidenziata da stratificazioni parallele a bande e zonature talvolta anche molto marcate determinate da variazioni di colore e porosità.

TUFO

Roccia sedimentaria piroclastica e coerente formata da lapilli. Dovrà essere di struttura litoide, compatta ed uniforme, dovrà essere escluso il tufo pomicioso e quello facilmente friabile. Modesta resistenza a compressione (30-50 kg/cm²), peso specifico di 1,3-1,5.

I prodotti di cui sopra dovranno rispondere a quanto segue:

1) appartenere alla denominazione commerciale e/o petrografica indicata nel progetto, oppure avere origine dal bacino di estrazione o zona geografica richiesta, essere conformi ai campioni di riferimento precedentemente selezionati. Dovranno, altresì, essere della migliore qualità, ed essere esenti di scaglie, brecce, vene, spaccature, nodi, peli, crepe, discontinuità o altri difetti che li potrebbero rendere fragili, poco omogenei e non adattai alla specifica funzione. Non saranno tollerati: stuccature, tasselli, rotture e scheggiature;
2) avere lavorazione superficiale e/o finiture indicate nel progetto e/o rispondere ai campioni di riferimento; avere le dimensioni nominali concordate e le relative tolleranze;

3) delle seguenti caratteristiche il fornitore dichiarerà i valori medi (ed i valori minimi e/o la dispersione percentuale):
   - massa volumica reale ed apparente, (misurata secondo .....);
   - coefficiente di imbibizione della massa secca iniziale, (misurato secondo .....);
   - resistenza a compressione, (misurata secondo .....);
   - resistenza a flessione, (misurata secondo .....);
   - resistenza all'abrasione, (misurata secondo .....);
   - ..... ;
4) per le prescrizioni complementari da considerare in relazione alla destinazione d'uso (strutturale per murature, pavimentazioni, coperture ecc.) si rinvia agli appositi articoli del presente capitolato ed alle prescrizioni di progetto.

I valori dichiarati saranno accettati dalla D.L. anche in base ai criteri generali dell'art. 1 del presente Capo.

Tabella 9.1 Proprietà fisiche delle pietre naturali

Rocce	**Massa volumica (peso sp. app.) ton/m³**	**Massa volumica appar. (peso in mucchio) ton/ m³**	**Porosità assoluta % del volume**	**Porosità appar. volume %**	**Coefficiente d'imbibizione in peso %**
a) intrusive					
Granito, Sienite	2,60-2,80	1,3-1,4	0,4-1,5	0,4-1,4	0,2-0,5
Diorire, Gabbro	2,80-3,00	1,4-1,5	0,5-1,6	0,5-1,5	0,2-0,4
b) effusive					
Porfido quarzifero,	2,55-2,80	1,3-1,4	0,4-1,8	0,4-1,5	0,2-0,7
Porfirite, Andesite					
Basalto, Melafiro	2,95-3,00	1,4-1,5	0,2-0,9	0,3-0,7	0,1-0,3
Rocce	**Massa volumica (peso sp. app.) ton/m³**	**Massa volumica appar. (peso in mucchio) ton/ m³**	**Porosità assoluta % del volume**	**Porosità appar. volume %**	**Coefficiente d'imbibizione in peso %**
c) detritiche					
Pomice	50-1,10	0,5-0,9	30-70	25-60	30-70
Tufo vulcanico	1,80-2,00	0,6-1,0	20-30	12-30	6-15
a) clastiche					
Arenaria	2,60-2,65	1,3-1,4	0,4-0,2	0,4-1,3	0,2-0,5
b) organogene					
Calcare tenero, inclusi	1,70-2,60	1,3-1,4	0,5-30	0,5-25	1,0-25
i conglomerati					
Calcare compatto	2,65-2,85	1,3-1,4	0,4-2,0	0,5-1,8	2,0-4,0
c) chimica					
Dolomia	2,30-2,85	1,3-1,4	0,4-2,0	0,5-1,8	2,0-4,0
Travertino	2,40-2,50	1,1-1,2	5,0-12	4,0-10	2,0-5,0
Gneiss	2,65-3,00	1,3-1,5	0,4-2,0	0,3-1,8	0,1-0,6
Scisti (lavagna)	2,70-2,80		1,6-2,5	1,4-1,8	0,5-0,6
Marmo	2,70-2,80	1,3-1,4	0,5-3,0	0,5-2,0	0,0-1,0
Quarziti	2,60-3,65	1,3-1,4	0,4-2,0	0,2-0,6	0,2-0,6

Tabella 9.2 Proprietà meccaniche delle pietre naturali

Rocce	Resistenza a rottura per compressione MPa	Resistenza a rottura per flessione MPa	Modulo di elasticità MPa	Tenacità (rest. all'urto) kgcm/cm2	Resistenza ad usura (rifer. granito uguale ad 1)
Granito, Sienite	157-235	10-20	49.000-59.000	110-120	1
Diorire, Gabbro	167-295	10-21	78.400-98.000	130-180	1-1,5
Porfido quarzifero,	176-295	15-20	49.000-69.000	130-240	1-1,5
Porfirite, Andesite					
Basalto, Melafiro	245-395	12-25	88.000-118.000	160-300	1-2
Tufo vulcanico	5-20	0,7	9.800-29.500	---	---
Arenaria	120-200	4-9	30.000-40.000	150-260	
Calcare tenero	20-88	5-10	29.000-59.000	70-110	4-9
Calcare compatto	78-176	6-15	39.000-69.000	70-110	4-8

Travertino	20-60	4-10	24.500-49.000	60-100	7-12
Gneiss	157-275	---	49.000-69.000	40-100	1-2
Scisti (lavagna)	30-100	---	19.500-59.000	40-80	4-8
Marmo	100-176	6-15	39.000-69.000	70-100	4-8
Quarziti	145-295	---	49.000-69.000	110-180	1-1,5

Art. 10 - Materiali per pavimentazione e rivestimenti - Generalità

Si definiscono prodotti per pavimentazione quelli che potranno essere utilizzati per realizzare lo strato di rivestimento dell'intero sistema di pavimentazione. Per la realizzazione di integrazioni parziali o totali del sistema di pavimentazione si rinvia all'articolo specifico inerente l'esecuzione delle pavimentazioni.

I prodotti verranno di seguito considerati al momento della fornitura; il Direttore dei Lavori, ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni di seguito indicate. Tutti i prodotti dovranno essere contenuti in appositi imballi ed accompagnati da schede informative. I manufatti, prima della posa, andranno attentamente controllati avendo l'accortezza di mischiare i materiali contenuti in più imballi o appartenenti a lotti diversi.

ART. 10.1 PRODOTTI DI LEGNO

Tavolette, listoni, mosaico di lamelle, blocchetti ecc. in legno di acero, afrormosia, ciliegio, doussiè, faggio, iroko, jatobà, rovere, sucupira, teak, ulivo ecc. si intendono denominati nelle loro parti costituenti come indicato nella letteratura tecnica (UNI 4373-76). Se non diversamente specificato gli elementi soprindicati dovranno presentare le seguenti dimensioni:

– -*tavolette* (lamparquet) larghezza 40-60 mm, spessore 9-11 mm, lunghezza 220-320 mm nelle seguenti essenze

– -*listoncini* larghezza 60-80 mm, spessore 14-17 mm, lunghezza 350-500 mm nelle seguenti essenze .....

– -*listoni* larghezza 70-120 mm, spessore 22 mm, lunghezza 500-1000 mm, lavorati a maschio e femmina per incastro, nelle seguenti essenze .....

– -*quadretti di legno* a lamelle larghezza 20-40 mm, spessore 8 mm, dimensioni 120x120/160x160 mm, nelle seguenti essenze .....

I prodotti di cui sopra dovranno rispondere a quanto segue:

a) essere composti da legni stagionati ed essiccati di essenza legnosa adatta all'uso e prescritta nel progetto;

b) saranno ammessi i seguenti difetti visibili sulle facce in vista:

  b1) qualità I: piccoli nodi sani con diametro minore di 2 mm se del colore della specie (minore di 1 mm se di colore diverso) purché presenti su meno del 10% degli elementi del lotto; imperfezioni di lavorazione con profondità minore di 1 mm e purché presenti su meno del 10% degli elementi;

  b2) qualità II:

  – -piccoli nodi sani con diametro minore di 5 *mm* se del colore della specie (minore di 2 *mm* se di colore diverso) purché presenti su meno del 20% degli elementi del lotto;

  – imperfezioni di lavorazione come per la classe I;

  – piccole fenditure;

  – alburno senza limitazioni ma immune da qualsiasi manifesto attacco di insetti;

  b3) qualità III: esenti da difetti che potrebbero comprometterne l'impiego (in caso di dubbio varranno le prove di resistenza meccanica). Alburno senza limitazioni, ma immune da qualsiasi manifesto attacco di insetti;

c) avere contenuto di umidità tra il 10 ed il 15%;

d) tolleranze sulle dimensioni e finitura:

  d1) listoni: 1 mm sullo spessore; 2 mm sulla larghezza; 5 mm sulla lunghezza;

  d2) tavolette: 0,5 mm sullo spessore; 1,5% sulla larghezza e lunghezza;

  d3) mosaico, quadrotti ecc.: 0,5 mm sullo spessore; 1,5% sulla larghezza e lunghezza;

  d4) le facce a vista ed i fianchi da accertare saranno lisci;

e) resistenza meccanica a flessione minima ..... (misurata secondo la norma UNI EN 1533);

f) resistenza alla penetrazione minima..... (misurata secondo la norma UNI EN 1534);

g) stabilità dimensionale .....(misurata secondo la norma UNI EN 1910);

h) elasticità e resistenza all'usura per abrasione .....(misurata secondo la norma UNI EN 13696);

i) resistenza agli agenti chimici .....(misurata secondo la norma UNI EN 13442).

I prodotti dovranno essere contenuti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche, umidità nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa. Nell'imballo un foglio informativo dovrà indicare, oltre al nome del fornitore e contenuto, l'essenza legnosa nonché le caratteristiche di cui sopra.

ART. 10.2 PIASTRELLE DI CERAMICA

Dovranno essere del materiale indicato nel progetto tenendo conto che le dizioni commerciali e/o tradizionali (cotto, grès, monocottura ecc.) dovranno essere associate alla classificazione basata sul metodo di formatura e sull'assorbimento d'acqua secondo la norma UNI vigenti

I prodotti di seconda scelta, cioè quelli che risponderanno parzialmente alle norme predette, saranno accettati in base alla rispondenza ai valori previsti dal progetto ed, in mancanza, in base ad accordi tra la D.L. e il fornitore.

In dettaglio le piastrelle potranno essere classificate secondo le seguenti categorie:

a) *prodotti a pasta porosa colorata, terrecotte e laterizi* (dovranno rispondere al RD n. 2234 del 16 gennaio 1939): ovverosia "pianelle comuni di argilla", "pianelle pressate ed arrotate di argilla", dovranno presentare una buona massa volumetrica (1800-1900 Kg/m²), essere ben cotti, di tinta forte ed omogenea, costituiti da argille esenti di composti idrosolubili e presentare buona resistenza a compressione e all'usura; dovranno inoltre essere rispettate le seguenti prescrizioni minime: resistenza alla flessione 2,5 N/mm² (3 N/mm² per le pianelle pressate ed arrotate), resistenza a compressione 40 N/mm², porosità 5%, resistenza all'urto 2 Nm; coefficiente di usura al tribometro 15 mm per 1 km di percorso per le pianelle comuni. Dovranno essere forniti nella forma, colore e dimensione così come richiesto dalla Direzione Lavori;

b) *pietrini e mattonelle di terracotta greificata*: ovverosia "mattonelle greificate", elementi di prima scelta greificati per tutto lo spessore, inattaccabili da agenti chimici e meccanici, di forma regolare a spigoli vivi e superficie piana. Sottoposti ad un esperimento di assorbimento mediante gocce d'inchiostro, non dovrà verificarsi l'assorbimento del liquido neanche in minima parte. Se non diversamente specificato dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni minime: resistenza alla flessione > 15 N/mm², assorbimento d'acqua non superiore al 15%, resistenza all'urto 2 Nm; coefficiente di usura al tribometro 4 mm per 1 km di percorso, tolleranza dimensionale + 0,5-1 mm, tolleranza sugli spessori del 2%. Si distinguono in:

   – *-maioliche*, a pasta colorata come i laterizi e le terrecotte, dovranno presentarsi rivestite con smalti bianchi a base di ossido di stagno od altro opacizzante, sopra questo primo strato dovrà essere applicata un'ulteriore decorazione, sovente policroma, dove verranno utilizzati materiali vetrificabili a base di ossidi metallici; le loro masse volumiche dovranno essere comprese tra i 1800 e i 1900 kg/m³;

   – *-faenze*, simili alle maioliche, dovranno essere a pasta porosa di colore grigiastro, ricoperte con smalti trasparenti od opacizzanti denominati "ingobbi" (faenze ingobbate). Dovranno essere confezionate a temperatura più alta delle terrecotte e si rileveranno meno porose;

c) *prodotti a pasta porosa bianca, terraglie*: ovverosia elementi costituiti da argille plastiche molto povere di ferro costituite principalmente da caolino. Si distinguono in terraglie tenere (cotte fra i 100 e i 1200 °C) e terraglie forti (cotte a circa 1300 °C), nel primo caso l'argilla di base sarà mescolata con quarzo (30%) e calcare (20%) mentre per le terraglie forti la percentuale di quarzo sarà superiore (30-50%) e, al posto del calcare sarà aggiunto felpato (15%). Come per le maioliche e le faenze, le terraglia presenteranno un rivestimento con smalto trasparente o, più di frequente, con vetrine bianche, colorate o dipinte;

d) *prodotti a pasta compatta, grès, grès ceramico, monocotture, clinker e porcellane* dovranno essere forniti in cantiere nelle loro confezioni originali e nell'imballo dovrà essere ben leggibile il nome del produttore, la scelta commerciale, il calibro ed il colore, dovranno altresì essere di prima scelta ed essere omogenei, per l'intera fornitura, nel calibro e nel tono del colore. Lo strato di usura ottenuto mediante smaltatura o vetrificatura dovrà presentare le caratteristiche di impermeabilità, durezza, resistenza all'attacco degli agenti chimici e resistenza meccanica così come richiesto per lo specifico utilizzo (interno o esterno, traffico pesante o leggero, contatto con sostanze aggressive ecc.). Questi prodotti, dove richiesto, dovranno essere forniti con pezzi speciali tipo jolly o bordi; se non diversamente specificato dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni minime:

   – *-piastrelle in grès* spessori di 8-10 mm (piastrelle normali), spessori di 11-18 mm (piastrelle speciali per traffico), tolleranze dimensionali di + 0,4%, resistenza alla flessione non inferiore a 24,5 N/mm², assorbimento d'acqua non superiore al 4% della loro massa, buona resistenza al gelo, indice di resistenza all'abrasione non inferiore allo 0,5, perdita di massa per attacco acido non superiore allo 9% e per attacco basico non superiore al 16%;

   – *-piastrelle in grès ceramico* spessori di 8-9-11 mm (con tolleranza del 5%), tolleranze dimensionali di + 0,5-1 mm, resistenza alla flessione 34,3 N/mm², assorbimento d'acqua non superiore allo 0,1%, resistenza al gelo, indice di resistenza all'abrasione non inferiore ad 1, perdita di massa per attacco acido non superiore allo 0,05% e per attacco basico non superiore al 15%;

e) *piastrelle colate* (ivi comprese tutte le produzioni artigianali) le caratteristiche rilevanti da misurare ai fini di una qualificazione del materiale dovranno essere le stesse indicate per le piastrelle pressate a secco ed estruse per cui:

– per quanto attiene ai metodi di prova si rimanda alla normativa UNI EN vigente;

– -per quanto attiene i limiti di accettazione, tenendo in dovuto conto il parametro relativo all'assorbimento d'acqua, i valori di accettazione per le piastrelle ottenute mediante colatura dovranno essere concordati fra produttore ed acquirente, sulla D.L.

I prodotti dovranno essere contenuti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche, sporcatura ecc. nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa ed essere accompagnati da fogli informativi riportanti il nome del fornitore e la rispondenza alle prescrizioni predette.

ART. 10.3 PRODOTTI DI PIETRE NATURALI O RICOSTRUITE

I prodotti che rientrano in questa categoria si intendono definiti come segue:

a) *elemento lapideo naturale*: elemento costituito integralmente da materiali lapideo (senza aggiunta di leganti);

b) *elemento lapideo ricostituito* (conglomerato): elemento costituito da frammenti lapidei naturali legati con cemento o con resine;

c) *elemento lapideo agglomerato ad alta concentrazione di agglomerati*: elemento il cui volume massimo del legante risulterà minore del 21% nel caso di lapidei agglomerati con aggregati di dimensione massima fino a 0,8 mm, e minore del 16%, nel caso di lapidei agglomerati con aggregati di dimensione massima maggiore;

d) *blocco informe*: blocco la cui conformazione non risulterà ridotta ad una forma geometrica regolare;

e) *blocco squadrato*: blocco la cui conformazione risulterà ridotta ad una forma geometrica regolare tendenzialmente parallelepipeda, destinata a successivo taglio e segagione in lastre;

f) *lastra*: elemento semilavorato avente una dimensione (lo spessore) notevolmente minore delle altre due (la lunghezza e la larghezza), determinato da due facce principali nominalmente parallele. In riferimento allo spessore si distinguerà in: *sottile* (spessore minore a 20 mm) o spessa (spessore maggiore di 80 mm); mentre, in riferimento agli strati di finitura superficiale si distinguerà in:

– *-lastra a piano sega* ovvero lastra la cui faccia a vista non avrà subito una lavorazione di rifinitura successiva alla segagione (ad es., lucidatura o bocciardatura);

– *-lastra a paramento lavorato* ovvero lastra la cui faccia a vista avrà subito una lavorazione di rifinitura successiva alla segagione;

– *-lastra a spacco* ovvero lastra con facce nello stato di finitura che si presenterà dopo l'operazione di spacco;

– *lastrame* ovvero lastre con facce a piano naturale di cava.

A riguardo della conformazione planimetrica delle facce le lastre potranno distinguersi in:

– *-lastre da telaio* ovvero con bordi laterali irregolari aventi conformazione planimetrica assimilabile ad un rettangolo;

– *lastre informi* ovvero con contorno irregolare, con facce indifferentemente lavorate;

g) lastra rifilata: (definita anche marmetta) elemento lastriforme tagliato nella conformazione e nelle misure richieste per la posa in opera; a richiesta potrà essere calibrata (lavorata meccanicamente per mantenere lo spessore entro le tolleranze dichiarate). Le suddette lastre potranno essere a misura fissa, a misura fissa di serie, a misura fissa a casellario o a correre (cioè di larghezza fissata e lunghezza non definita, variabile entro limiti stabiliti);

h) *massello*: elemento semilavorato non lastriforme di conformazione parallelepipeda. Il massello si potrà distinguere in: *massello a spacco* (avente cioè le facce ricavate con spacco cava); *massello rifilato* (con le facce ricavate con lavorazione meccanica); *massello a correre* (avente larghezza e spessore fissate e lunghezza non definita variabile entro limiti stabiliti;

i) *cubetto*: elemento semilavorato di forma pressoché cubica ottenuto, per spaccatura meccanica il cui spigolo è variabile a seconda del tipo classificato. Tali materiali verranno distinti, a seconda della lunghezza in centimetri di detto spigolo nei seguenti assortimenti: 4/6, 6/8, 8/10, 10/12, 12/14 e 14/18; la tolleranza dovrà essere non superiore a 1 cm. i vari spigoli del cubetto non dovranno essere necessariamente uguali e le facce spaccate non saranno necessariamente ortogonali tra loro. La superficie del cubetto dovrà essere a piano naturale di cava e non dovrà presentare eccessive ruvidità. Le quattro facce laterali saranno ricavate a spacco e non segate, si presenteranno, pertanto, con superficie più ruvida ed in leggera sottosquadro. I cubetti devono essere costituiti da porfidi, graniti basalti o da altre rocce particolarmente dure e tenaci, preferibilmente a grana non troppo fine. Ogni assortimento dovrà comprendere cubetti di varie dimensioni entro i limiti che definiscono l'assortimento stesso con la tolleranza prevista. I cubetti dovranno rispondere alle norme prescritte dalla Circolare Ministeriale LL.PP. 13 gennaio 1955, n. 98.

Per gli altri termini specifici dovuti alle lavorazioni, finiture ecc., si rimanda alla norma UNI 9379 e UNI 10330.

I prodotti sopra descritti dovranno rispondere alle prescrizioni del progetto (dimensioni, tolleranze, aspetto ecc.) ed a quanto prescritto nell'art. 9 "Pietre naturali o ricostruite" del presente Capo. In mancanza di tolleranze su disegni di progetto si intenderà che le lastre grezze conterranno la dimensione nominale; le lastre finite, marmette ecc. avranno tolleranza 1 mm sulla larghezza e lunghezza e 2 mm sullo spessore (per prodotti da incollare le tolleranze predette saranno ridotte).

Le lastre ed i quadrelli di marmo o di altre pietre dovranno, qualora non diversamente specificato, rispondere ai Regi Decreti del 16 novembre 1939, n. 2234 e n. 2232 e alle norme CNR-UNI vigenti.

Le forniture dovranno essere fatte su *pallets* ed i prodotti, dovranno essere opportunamente legati ed eventualmente protetti dall'azione di sostanze estranee. Il foglio informativo indicherà almeno le caratteristiche di cui sopra e le istruzioni per la movimentazione, sicurezza e posa.

ART. 10.4 GRANIGLIA PER SEMINATI ALLA VENEZIANA

La graniglia di marmo o di altre pietre idonee dovrà corrispondere, per tipo e granulosità, ai campioni di pavimento prescelti e risultare perfettamente scevra di impurità. Il grado di durezza delle graniglie dovrà essere tale da corrispondere alle prove d'usura per attrito rasente e per getto di sabbia, in conformità a quanto disposto nei Regi Decreti del 16 novembre 1939, n. 2232 e n. 2234 e alle norme UNI vigenti.

ART. 10.5 PEZZAMI PER PAVIMENTI A BOLLETTONATO E ALLA PALLADIANA

I pezzami di marmo o di altre pietre idonee dovranno essere costituiti da elementi, di forma, colore e dimensioni opportune secondo i campioni prescelti, ovverosia, qualora non diversamente specificato:

– per pavimenti a bollettonato il pezzame dovrà avere uno spessore di 2-3 cm e le altre dimensioni di 5-7 cm;

– per il mosaico romano (*opus quadratum*) il pezzame dovrà costituirsi di dadi o di elementi quadrati di lato 4-8 cm;

– -per pavimenti alla palladiana il pezzame dovrà avere perimetro irregolare con frattura a martello di spessore di 2-3 cm e con le altre dimensioni non superiori a 10 cm per la palladiana normale, 30 cm per quella semigigante e 50-60 cm per quella gigante. La dimensione minima di ciascun elemento non potrà essere inferiore al 65% di quella massima.

I pezzami di marmo, qualora non diversamente specificato dovranno rispondere alle norme di accettazione di cui ai Regi Decreti 2234 del 16 novembre 1939 n. 2232 e n. 2234 e alle norme UNI vigenti.

ART. 10.6 TESSERE PER PAVIMENTI A MOSAICO

Le tessere di marmo o di altre pietre idonee dovranno corrispondere, per tipo e dimensione ai campioni prescelti ovverosia, qualora non diversamente specificato, dovranno avere una forma quadrangolare, con dimensione variabile da 0,8 mm a 10 mm, ed essere di colore uniforme anche nel caso di litotipi venati o macchiati.

ART. 10.7. MARMETTE, MARMITTONI E PIETRINI DI CEMENTO

Le marmette o mattonelle di cemento potranno avere dimensioni da 10x10 cm a 40x40 cm e il loro spessore potrà variare da 18 mm a 32 mm. Si definiranno, più propriamente, *marmette* fino al formato 25x25 cm e *marmittoni* fino a 40 cm ed oltre. Gli elementi dovranno essere costituiti da uno strato in vista a pavimento finito e da un secondo strato di supporto. Il primo strato dovrà comporsi di un impasto di graniglie (in ragione del 45% non inferiore a 10-25 mm per marmette fino a 20x20 cm) o scaglie di marmo (in ragione del 45% non inferiori a 15-35 e 30-50 mm rispettivamente per i marmittoni da 30x30 e 40x40 cm), polvere di marmo e cemento bianco ad alta resistenza (minimo tipo 42,5). Il legante cementizio potrà essere pigmentato con ossidi colorati anche in armonia con il colore del marmo impiegato. Lo strato di supporto, di spessore doppio di quello superficiale, dovrà costituirsi di malta cementizia. Lo spessore dello strato superficiale non dovrà essere inferiore, in ciascun punto degli elementi, ad un terzo dello spessore degli elementi stessi. Lo spessore complessivo delle marmette e dei marmittoni, misurato dopo la levigatura e lucidatura in opera non dovrà essere in alcun punto inferiore a 22 mm per marmette 20x20 cm; 24 mm per marmette 25x25 cm; 28 mm per marmittoni 30x30 cm e 32 mm per marmittoni 40x40 cm. La superficie a vista potrà essere fornita prelevigata da lucidare in opera o già lucidata e munita di bisellatura.

I pietrini dovranno presentare uno spessore complessivo non inferiore a 30 mm se di tipo carrabile e 20 mm se normale. Lo spessore dello strato superficiale non dovrà risultare inferiore a 10 mm per i pietrini carrabili e da 8 mm per gli altri. La superficie dei pietrini potrà essere richiesta liscia, bocciardata, bugnata o scanalata.

Le marmette, i marmittoni ed i pietrini di cemento, qualora non diversamente specificato dovranno rispondere alle norme di accettazione di cui al RD n. 2234 del 16 novembre 1939 per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza all'urto, resistenza alla flessione e coefficiente di usura al tribometro. I pietrini, se carrabili, dovranno rispondere anche alle norme UNI 2623-2629.

ART. 10.8 PRODOTTI DI METALLO

Dovranno rispondere alle prescrizioni date nella norma UNI 4630 per le lamiere bugnate e nella norma UNI 3151 per le lamiere stirate. Le lamiere dovranno, inoltre, essere esenti da difetti visibili (quali scagliature, bave, crepe, crateri ecc.) e da difetti di forma (svergolamento, ondulazione ecc.) che ne pregiudichino l'impiego e/o la messa in opera e dovranno avere l'eventuale rivestimento superficiale prescritto nel progetto.

Art. 11 - Colori e vernici - Generalità

Dovrà essere fatto obbligo all'appaltatore di utilizzare colori e vernici di recente produzione, che non presentino fenomeni di sedimentazione o di addensamento, gelatinizzazioni o di qualsiasi altro difetto. Dovranno essere forniti in cantiere in recipienti sigillati recanti l'indicazione della ditta produttrice, il tipo, la qualità, le modalità d'uso e di conservazione del prodotto nonché la data di scadenza. L'appaltatore dovrà aprire i contenitori solo al momento dell'utilizzo ed in presenza della D.L. che avrà l'obbligo di controllarne il contenuto. La stessa D.L. potrà procedere anche a lavori iniziati a ulteriori controlli (anche parziali) su campioni della fornitura. I prodotti, se non diversamente richiesto da indicazioni di progetto e/o prescrizioni della D.L., dovranno essere pronti all'uso (ad eccezione delle eventuali diluizioni previste dalle ditte produttrici seguendo i rapporti indicati o le specifiche prescrizioni della D.L.); dovranno assolvere le funzioni di protezione e/o decorazione, conferire alle superfici l'aspetto previsto dal progetto e mantenere tali proprietà nel tempo.

Per quanto riguarda i prodotti per la tinteggiatura di strutture murarie saranno da utilizzarsi esclusivamente, se non diversamente specificato, prodotti non pellicolanti secondo le definizioni delle norme UNI 8752-8758 recepite anche dalla raccomandazione NorMaL 04/85. I prodotti da utilizzarsi dovranno, in ogni caso, avere ottima penetrabilità, compatibilità con il supporto, garantendogli buona traspirabilità; tali caratteristiche dovranno risultare indiscutibilmente prevalenti rispetto alla durabilità dei cromatismi.

Secondo la norma UNI/EDL 8752 si intendono con i termini:

– *-pittura*: rivestimento riportato filmogeno avente potere coprente dotato di proprietà protettive e decorative ed eventualmente di proprietà tecniche particolari;

– *-tinta* rivestimento riportato non filmogeno avente potere coprente dotato di proprietà decorative e non necessariamente di proprietà protettive o proprietà tecniche particolari;

– *vernic*e: rivestimento riportato filmogeno trasparente, incolore o colorato.

Tutti i prodotti dovranno essere conformi alle norme UNI e UNICHIM vigenti.

In ogni caso i prodotti da utilizzarsi dovranno avere ottima penetrabilità e compatibilità con il supporto, così da garantire una buona traspirabilità. Tali caratteristiche dovranno risultare prevalenti rispetto alla durabilità dei cromatismi.

Nel caso in cui si proceda alla tinteggiatura e/o verniciatura di fabbriche, ovvero manufatti di dichiarato interesse storico, artistico, archeologico, o documentario posti sotto tutela, o su manufatti soggetti ad interventi di conservazione e restauro, sarà obbligo procedere dietro specifica autorizzazione della D.L. e degli organi competenti. In questi casi dovrà essere assolutamente vietato utilizzare prodotti a base di resine sintetiche senza una specifica autorizzazione della D.L., ovvero degli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento.

Per i prodotti di comune impiego dovranno essere osservate, salvo diverse precisazioni, le seguenti prescrizioni:

a) *olio di lino cotto:* l'olio di lino cotto dovrà essere ben depurato, presentare un colore bruno rossastro perfettamente limpido, un odore forte ed amarissimo al gusto, essere scevro da adulterazioni con olio minerale, olio di pesce ecc. Non dovrà lasciare alcun deposito né essere rancido, e disteso sopra una lastra di vetro o di metallo dovrà essiccare completamente nell'intervallo di 24 ore. L'acidità massima ammessa dovrà essere in misura del 7%, impurità non superiore al 1% ed alla temperatura di 15 °C presenterà una densità compresa fra 0,91 e 0,93;

b) *acquaragia* (senza essenza di trementina): solvente apolare usato come diluente di altri solventi o di vernici, o come solvente per resine sintetiche. Dovrà essere limpida, incolore, di odore gradevole e molto volatile. La sua densità a 15 °C dovrà essere di 0,87. È consigliabile il suo uso in ambiente aerato;

c) *bianco di zinco:* il bianco di zinco dovrà presentarsi come polvere finissima, bianca, costituita da ossido di zinco, non dovrà contenere più del 4% di sali di piombo allo stato di solfato, né più del 1% di altre impurità; l'umidità non dovrà superare il 3%. Dovrà essere utilizzato principalmente nella preparazione di prodotti vernicianti per interni;

d) *bianco di titanio:* biossido di titanio dovrà presentare un ottimo potere coprente e opacizzante, normalmente presente nella quasi totalità dei prodotti vernicianti in tinta bianca;

e) *latte di calce:* il latte di calce dovrà essere ricavato dal filtraggio di una soluzione particolarmente acquosa ottenuta stemperando accuratamente grassello di calce fino ad ottenere una miscela liquida e biancastra. Vi si potrà aggiungere la quantità di nero fumo strettamente necessaria per evitare la tinta giallastra. Per tinteggi, scialbatura o velature su murature di particolare valore storico- artistico dovrà essere vietato ricavare il latte di calce stemperando calce idrata in polvere.

ART. 11.1 PIGMENTI

Potranno essere definiti pigmenti i materiali (di granulometria molto fine dell'ordine di millesimi di millimetro) che, già colorati di per sé, risulteranno in grado di colorarne altri, se applicati sopra, inglobati o meno in apposite matrici. La natura chimica determinerà le caratteristiche proprie del pigmento; il potere colorante dovrà essere in relazione alla capacità maggiore o minore di un pigmento di conferire colore, mentre il potere coprente dovrà essere in relazione alla capacità di un pigmento di celare il supporto sottostante e dipenderà dalle caratteristiche stesse del pigmento. I pigmenti potranno essere di struttura chimica organica od inorganica (cioè minerale) e di origine naturale o artificiale. Per le superfici architettoniche risulteranno particolarmente adatti i pigmenti inorganici in quanto stabili al contatto con la calce presente nella tinta o nel supporto. I

Pigmenti di origine inorganica dovranno essere costituiti in prevalenza da composti dei metalli (ferro, manganese, rame, piombo, cromo ecc.); risulteranno più resistenti agli agenti atmosferici, più coprenti e più economici di quelli organici ma dotati di un minore potere colorante.

a) *Ossidi di ferro*: pigmenti puri ottenuti, attualmente, per via sintetica, stabili alla luce, agli agenti atmosferici, agli acidi, agli alcali alla calce e al cemento. I più comuni sono: ossido di ferro giallo, ossido di ferro rosso, ossido di ferro nero e ossido di ferro bruno. Tali ossidi risulteranno particolarmente indicati per la preparazione di tinte per calce e cemento, per la colorazione in pasta di cementi, calcestruzzi, malte per intonaci e stucchi, per la colorazione di granulati per tegole, asfalti e bitumi. Al fine di ottenere una buona dispersione, salvo diverse specifiche di progetto, l'ossido e gli altri materiali dovranno essere miscelati a secco, aggiungendo solo in seguito la quantità di acqua richiesta. Le percentuali d'uso potranno variare secondo l'intensità di tinta che si vorrà ottenere e al potere coprente dl materiale in cui verranno miscelati, in ogni caso, salvo diverse specifiche, la percentuale non dovrà mai essere superiore al 10% in peso sulla massa.

b) *Terre naturali*: pigmenti che si rintracciano in natura con qualità specifiche di terrosità e finezza tali da essere impiegati come sostanze coloranti. Le terre coloranti dovranno contenere ossidi minerali di origine naturale, in mescolanze e percentuali variabili a seconda dei tipi (mediamente 20-40%, non saranno, in ogni caso, utilizzabili i depositi minerali che contengano ossidi in percentuale inferiore al 10%); le terre dovranno comporsi di un composto del ferro, un ossido, un idrossido, un silicato idrato. Le uniche terre che non sono a base di ferro sono le terre nere. La lavorazione delle terre coloranti, dopo che sono state estratte e asciugate si diversificherà a seconda della specifica tipologia; alcune verranno sbriciolate grossolanamente, separate dall'impurità e poi nuovamente macinate più o meno finemente (terre naturali) altre invece, cotte a temperature intorno ai 200-400 °C (terre bruciate): in questo modo si produrranno profonde alterazioni mineralogiche che daranno vita a differenti tonalità di colore. Le terre più comuni sono: terre gialle: idrossidi di ferro associati ad argille, il contenuto di minerali di ferro potrà variare tra il 15-20% e il 60-70%. Terre rosse il cui colore è imputabile alla presenza d'ossido rosso associato ad argille e silicati amorfi; la terra rossa si può, anche, ottenere dalla calcinazione a basse temperature (200-400 °C) di terre gialle. Il colore delle terre d'ombra è dovuto, invece, alla presenza di ossidi di manganese e di ferro dispersi su base argillosa; per calcinazione si potranno ottenere tonalità più scure.

Caratteristiche chimico-fisiche medie delle terre coloranti: peso specifico assoluto 4-5 gr/ml; massa volumica apparente 400-800 gr/lt; pH 3,5-6; ottima stabilità chimica alla luce, alla calce, all'umidità; insolubili sia in acqua sia in solventi inorganici.

Tabella 11.1 Pigmenti più utilizzati

Colore	**Tipo di pigmento**
Bianco	Latte di calce, Bianco San Giovanni, Bianco Spagna, Bianco Meudon, Bianco Zinco
Nero	Terra Nera Venezia, Nero Vite, Nero Manganese, Nero Roma
Bruno	Terra d'Ombra Naturale e Bruciata, Terra Colonia, Ocra Avana, Terra di Cipro
Giallo	Terre Gialle e Ocre Gialle, Terra Siena Naturale, Ocra Gialla
Rosso	Terra Rossa, Terra Siena Bruciata, Ocra Rossa, Cinabro Naturale, Rosso Ercolano
Verde	Terra Verde Nicosia, Verde Brentonico, Ossido di Cromo, Verde Cobalto
Azzurro	Azzurro di Cobalto, Blu Oltremare

ART. 11.2 TINTE

TINTE ALLA CALCE

Dovranno costituirsi di un'emulsione di calce idrata in fiore o di grassello di calce in cui verranno stemperati pigmenti inorganici naturali a base di terre coloranti, carbonati ed ossidi di ferro l'indurimento e la stabilizzazione della tinta avverrà mediante reazione con anidride carbonica dell'aria che produrrà, con la simultanea cessione di acqua, un calcare similmente a quanto avviene per gli intonaci di calce area. Per ottenere un'omogenea dispersione dei colori i pigmenti (precedentemente calibrati sulla tinta voluta) dovranno essere prima miscelati a secco e poi, preventivamente, messi in bagno in una quantità d'acqua pari a circa il doppio del loro volume, lasciandoli riposare per ore. I pigmenti, prima di aggiungerli al latte di calce dovranno obbligatoriamente essere passati attraverso un setaccio, in modo da eliminare eventuali grumi. L'aderenza alle malte potrà essere migliorata con additivi quali colle artificiali, animali e vegetali o con limitate quantità di resina acrilica in emulsione acquosa (massimo 5-10%). I suddetti additivi, ovvieranno a difetti come il dilavamento e lo spolverio, aumentando la durata e la resistenza della calce in presenza di inquinamento atmosferico.

Le tinte alla calce potranno essere applicate anche su pareti intonacate di fresco; in questo caso come pigmenti dovranno essere utilizzate terre naturali passate al setaccio. Per interventi conservativi si potrà ricorrere a velature di tinte a calce fortemente stemperate in acqua in modo da affievolire il potere coprente, rendendo la tinta trasparente.

TINTE AI SILICATI

DOVRANNO COSTITUIRSI DI UN LEGANTE A BASE DI SILICATO DI POTASSIO, DI UN SILICATO DI SODIO O DA UNA MISCELA DI ENTRAMBI GLI ELEMENTI E DA PIGMENTI ESCLUSIVAMENTE INORGANICI (PER LO PIÙ OSSIDI DI FERRO) TRATTATI IN MANIERA DA ESSERE STABILI ALL'ACIDITÀ AMBIENTALE. LA TINTA AI SILICATI POTRÀ ESSERE STESA, IN LINEA GENERALE, SU QUALUNQUE TIPO DI SUPPORTO (ESCLUSO IL GESSO IN OGNI SUA FORMA, INTONACO, CARTONGESSO ECC.), PURCHÉ QUESTO SI PRESENTI ASCIUTTO E ACCURATAMENTE SPOLVERATO E A PATTO CHE SI DISPONGANO, A SECONDA DELLA NATURA E DELLO STATO DI CONSERVAZIONE DELLO STESSO, DIFFERENTI ED IDONEI

TRATTAMENTI PRELIMINARI. PER OVVIARE AI PROBLEMI DI APPLICAZIONE LEGATI AI SISTEMI DI COLORITURA AI SILICATI NON STABILIZZATI SARÀ CONSIGLIABILE L'UTILIZZO DI TINTE COSTITUITE DA SILICATO DI POTASSIO IN SOLUZIONE STABILIZZATO ED IDROFOBIZZATO. QUESTE TINTE SI DIFFERENZIERANNO DA QUELLE TRADIZIONALI IN QUANTO CONTERRANNO, OLTRE ALL'AGENTE SILICATO DI POTASSIO LEGANTE, UNA DISPERSIONE SINTETICA RESISTENTE AGLI ALCALI, CARICHE, ADDITIVI REOLOGICI E ANTIBIODETERIOGENI; LA QUANTITÀ TOTALE DI SOSTANZE ORGANICHE POTRÀ RAGGIUNGERE AL MASSIMO IL 5% DEL PESO, CON RIFERIMENTO AL PESO TOTALE DEL PRODOTTO FINITO. LA DISPERSIONE SINTETICA CONTENUTA IN QUESTE TINTE ORGANOSILICATICHE NON DARÀ VITA A PELLICOLA E PERCIÒ NON SARÀ CONSIDERATA AGENTE LEGANTE. LA DISPERSIONE SINTETICA AVRÀ SOLTANTO UNA FUNZIONE REOLOGICA E PROTETTIVA SUBITO DOPO L'APPLICAZIONE DELLA TINTA FINO A CHE LA "SILICIFICAZIONE" NON PROGREDISCE IN MODO SUFFICIENTE. SOVENTE IN QUESTA SECONDA TIPOLOGIA DI TINTA AI SILICATI NON SI FA USO DI PIGMENTI BIANCHI (CON ELEVATO POTERE COPRENTE) DI CONSEGUENZA RISULTANDO SEMITRASPARENTI POTRANNO RILEVARSI VALIDE ALTERNATIVE ALLA TINTA ALLA CALCE SPECIALMENTE IN AMBIENTI ESTERNI PARTICOLARMENTE AGGRESSIVI SIA DAL PUNTO DI VISTA CLIMATICO CHE ATMOSFERICO.

Nel caso in cui non si aggiungano i pigmenti queste miscele acquose (massima diluizione 50%) di silicati di potassio in soluzione stabilizzati ed idrofobizzati potranno rilevarsi buoni prodotti impregnanti con funzioni di consolidamento e protezione specialmente per intonaci e laterizi. Di norma il tempo di essiccamento superficiale o al tatto (a +20 °C e 65% di UR) sarà di circa 2 ore, mentre ne occorreranno 24 per l'essiccamento in profondità.

Il legame chimico che si istituirà tra tinta ed intonaco sottostante è stabile, la tintura non risulterà soggetta a degradi di sfogliamento anzi, agirà da consolidamento del supporto. Le caratteristiche che dovranno possedere tali tinte saranno:

– ottima adesione al supporto;
– buona permeabilità al vapore;
– resistenza all'acqua;
– resistenza ai raggi ultravioletti;
– resistenza alle muffe;
– invecchieranno per progressiva erosione e dilavamento superficiale.

Le suddette tinte dovranno essere applicate a temperatura minima +8 °C massima +35 °C; umidità relativa dell'ambiente massima 85% e temperatura del supporto minima +5 °C massima +40 °C.

ART. 11.3 PITTURE

Le pitture dovranno di norma, costituirsi da un pigmento, un veicolo o legante, un diluente e un seccante. In taluni casi, al composto, potrà essere aggiunto un antifermentativo o degli antimuffa. Il pigmento dovrà essere, generalmente, di origine inorganica o artificiale. Il potere coprente richiesto alle pitture sarà determinato dal pigmento e dalle cariche.

PITTURE A COLLA O TEMPERA

Dovranno costituirsi di sospensioni acquose di pigmenti, cariche (calce, gesso, carbonato di calcio finemente polverizzati), e leganti a base di colle naturali (caseina, colla di pesce, latte, colla di farina ecc.) o sintetiche (colle viniliche, acriliche o di altro tipo di sintesi). Dovranno essere, preferibilmente, utilizzate su pareti interne intonacate perfettamente asciutte. In relazione alle modalità realizzativi questa pittura potrà essere suddivisa in tre tipi: quella che si ottiene "stemperando" i colori in acqua e aggiungendo in un secondo momento il legante (ovvero la colla); quella che si ottiene tinteggiando con pigmenti precedentemente stemperati in acqua e poi a soluzione asciutta vaporizzando soluzioni molto diluite di colla e quella ottenuta dalla stesura della miscela ottenuta dall'impasto unico di colla colori ed acqua.

Il prodotto utilizzato, in ogni caso, dovrà possedere buona adesività al fine di eliminare lo scrostamento al contatto, buon potere coprente permettere sia la sovrapposizione dei colori sia, gli eventuali ritocchi, buona resistenza all'azione dell'acqua e dell'umidità, soprattutto se estesa all'esterno, brillantezza di colore e resistenza nel tempo.

PITTURE AD OLIO

Potranno comporsi di oli, resine sintetiche, pigmenti e sostanze coloranti. Rispetto alla tinteggiatura a tempera, dovrà presentare una maggiore elasticità e quindi capacità di seguire le eventuali deformazioni del fondo e presentare, inoltre, notevole impermeabilità e capacità di ritocco senza che i colori si mescolino tra loro in modo incontrollabile. Dovranno possedere un alto potere coprente, risultare resistenti all'azione degradante dell'atmosfera, delle piogge acide, dei raggi ultravioletti.

PITTURE CEMENTIZIE

Si comporranno di sospensioni acquose di cementi bianchi, resine acriliche in emulsione, cariche micronizzate, pigmenti inorganici ed additivi chimici (antialga e antimuffa) in polvere. Dovranno essere preparate in piccoli quantitativi a causa del velocissimo tempo di presa. L'applicazione dovrà concludersi entro 30 minuti dalla preparazione, prima che avvenga la fase di indurimento. Terminata tale fase sarà fatto divieto diluirle in acqua per eventuali riutilizzi. Il film essiccato di queste pitture, presenterà una bassa porosità che lo renderà particolarmente indicato per il trattamento e la protezione di strutture in cemento armato, dall'azione aggressiva dell'anidride carbonica. Inoltre il suo basso assorbimento d'acqua permette di preservare i supporti dall'azione di usura dovuta all'azione di "gelo-disgelo". Il tipo di finitura satinata permetterà di uniformare l'aspetto cromatico di getti non omogenei di calcestruzzo senza coprirne il disegno. Nel caso in cui si proceda alla tinteggiatura di fabbriche come manufatti di dichiarato interesse storico, artistico, archeologico, o documentario posti sotto tutela, ovvero su manufatti sottoposti ad interventi di conservazione e restauro, l'utilizzo di pitture cementizie dovrà essere vietato.

PITTURE EMULSIONATE

Emulsioni o dispersioni acquose che si costituiranno di pigmenti organici o inorganici, di cariche (carbonati di calcio, silicati di alluminio, polveri di quarzo ecc.) e da additivi sospesi in una resina sintetica (acrilica o acetoviniliche-versatiche). Poste in commercio come paste dense, da diluirsi in acqua al momento dell'impiego, dovranno essere in grado di realizzare sia forti spessori sia film sottilissimi. Potranno essere utilizzate su superfici interne ed esterne, in questo ultimo caso dovranno possedere una spiccata resistenza all'attacco fisico-chimico operato dagli agenti inquinanti. Queste pitture dovranno risultare impermeabili ed il loro degrado avverrà per filmazione od spogliamento-spellatura. Dovranno essere applicate con maestria e possedere colorazione uniforme. Potranno essere applicate anche su calcestruzzi, legno, cartone ed altri materiali. Non dovranno mai essere applicate su strati preesistenti di tinteggiatura, pittura o vernice non perfettamente aderenti al supporto.

IDROPITTURA (PITTURA ALL'ACQUA, PITTURE LAVABILI) A BASE DI COPOLIMERI ACRILICI

Pitture in cui il legante dovrà essere costituito da una dispersione acquosa di resine sintetiche (soprattutto copolimeri acrilici) con pigmenti che potranno essere organici ad alto potere coprente o inorganici (ad es., farina di quarzo, caolino, biossido di titanio ecc.) comunque molto coprenti con l'aggiunta di additivi reologici ed antimuffa. Questo consentirà di dare luogo a coloriture "piatte" con un effetto "cartonato". Le cariche dovranno essere costituite da materiali inerti, stabili rispetto all'acidità degli ambienti inquinanti. Le caratteristiche principali di questa pittura saranno: aspetto opaco-serico, ottima adesione al supporto, insaponificabile, ottimo potere riempitivo, resistenza agli alcali ed agli agenti aggressivi dell'inquinamento, resistenza all'attacco di funghi, muffe e batteri, superlavabile (resiste ad oltre 500 cicli di spazzola), eccellente stabilità di tonalità delle tinte e non ingiallente, resistenza ai raggi ultravioletti. Questo tipo di pittura risulterà idonea su intonaco civile di malta bastarda, cementizia o equivalente, intonaco a gesso, nuovo o già rivestito con altre pitturazioni (previa preparazione con pulizia ed applicazione di idoneo fissativo uniformante e/o consolidante), elementi prefabbricati in conglomerati cementizi a superficie compatta, uniforme e piana, legno truciolare. Nel caso in cui si proceda alla tinteggiatura di manufatti di chiaro interesse storico, artistico, archeologico, o documentario posti sotto tutela, se non diversamente specificato dalla D.L., dovrà essere vietato l'utilizzo di idropitture acriliche.

BOIACCA PASSIVANTE

Boiacca passivante anticarbonatante, pennellabile per la protezione dell'armatura di strutture in cemento armato normalmente caratterizzata da colori vivaci (arancio, azzurro, verde ecc.). Il prodotto potrà essere monocomponente, esente da nitrati, da miscelare con sola acqua (quantità variabile tra 0,3 e 0,5 l/kg), o bicomponente (A = miscela di cemento o leganti idraulici ad elevata resistenza, polveri silicee con idonea curva granulometrica, inibitori di corrosione, B = polimeri in dispersione acquosa; rapporto tra A e B variabile da 2:1 a 3:1); in ogni caso le caratteristiche minime della boiacca dovranno essere: adesione all'armatura ed al cls > 2,5 N/mm², resistenza alla nebbia salina dopo 120 h nessuna corrosione, pH > 12, tempo di lavorabilità a 20 °C e 50% U.R. circa 40-60 min, temperatura limite di applicazione tra +5 °C e +35 °C, classe 0 di reazione al fuoco.

Lo strato minimo di protezione di tale pittura dovrà essere di almeno 1 mm.

ART. 11.4 VERNICI

Per vernice dovranno intendersi tutti gli impregnanti, i consolidanti e gli idrorepellenti; in genere utilizzati su legno, pietre naturali, cemento armato a vista, intonaci e su altri supporti murari quando si vorrà aumentarne la consistenza l'impermeabilità o l'idrorepellenza. I prodotti vernicianti dovranno essere classificati in rivestimenti incorporati (impregnanti superficiali: idrorepellenti, consolidanti, mordenti e primer per supporti in legno, conglomerati legati con calce e/o cemento come intonaci cementi decorativi e calcestruzzi) e rivestimenti riportati (smalti, flatting, "pitture").

VERNICI NATURALI E SINTETICHE

Le vernici dovranno creare una pellicola trasparente, lucida od opaca. Di norma si otterranno per sospensioni di pigmenti e delle cariche (talco, quarzo, caolino ecc.) in soluzioni organiche di resine naturali (coppale, colofonia, trementina benzoino, mastice ecc.) o sintetiche, (acriliche, alchidiche, oleoalchidiche, cloroviniliche, epossidiche, poliuretani, poliesteri, fenoliche, siliconiche ecc.). La percentuale di veicolo (legante + solvente) dovrà di norma essere pari al 50%, nel caso di verniciature per esterno, la composizione dovrà essere: 40% di pigmento e 60% di veicolo caratterizzato da resistenze particolari agli agenti atmosferici ed agli agenti alcalini.

Le vernici per gli interni dovranno essere a base di essenza di trementina e gomme pure di qualità scelte; disciolte nell'olio di lino dovranno presentare una superficie brillante. Dovrà essere fatto divieto l'impiego di gomme prodotte da distillazione.

Di norma le vernici essiccheranno con rapidità formando pellicole molto dure. Dovranno essere resistenti agli agenti atmosferici, alla luce ed agli urti; essere utilizzate dietro precise indicazioni della D.L. che dovrà verificarne lo stato di conservazione una volta aperti i recipienti originali.

SMALTI

Prodotti di natura vetrosa composti da silicati alcalini: alluminio, piombo, quarzo, ossido di zinco, minio ecc.; si utilizzeranno per eliminare la porosità superficiale della ceramica e/o per decorarla. All'interno di questa categoria rientreranno anche gli smalti sintetici: miscele di resine termoindurenti sciolte in acquaragia insieme ai pigmenti; queste sostanze dovranno possedere forte potere coprente, avere le caratteristica di essiccare in poche ore (intorno alle 6 ore), facilità di applicazione, luminosità e resistere agli urti per diversi anni anche all'esterno.

VERNICE ANTIRUGGINE E ANTICORROSIVE

Dovranno essere rapportate al tipo di materiale da proteggere ed alle condizioni ambientali. Il tipo di vernice da impiegare su ferro e sue leghe dovrà essere indicato dalla D.L., se non diversamente specificato si intenderà a base di resine gliceroftaliche a caucciù clorurato, plastificanti in saponificabili e pigmenti inibitori della corrosione, fosfato basico di zinco ed ossido di ferro rosso. La vernice dovrà risultare sovraverniciabile (entro sei-otto giorni dall'applicazione) con pitture a smalto oleosintetiche, sintetiche e al clorocaucciù. L'applicazione di tale vernice potrà avvenire sia a pennello (consigliata) sia a rullo, in entrambi i casi lo spessore minimo di pellicola secca per strato dovrà essere di 25 mm, ottenibile da pellicola umida di 70-80 mm mentre lo spessore massimo sarà di 40 mm, ottenibile da pellicola umida di 110-120 mm.

Art. 12 - Additivi

Gli additivi per malte e calcestruzzi dovranno essere sostanze chimiche che, aggiunte in dosi calibrate, risulteranno capaci di modificarne le proprietà (lavorabilità, impermeabilità, resistenza, durabilità, adesione ecc.). Dovranno essere forniti in recipienti sigillati con indicati il nome del produttore, la data di produzione, le modalità di impiego. Gli additivi dovranno, inoltre, possedere caratteristiche conformi a quelle prescritte dalle rispettive norme UNI (UNI 7101, UNI EN 480/2-10) e dal DM 26 marzo 1980. Gli additivi per iniezione sono classificati dalla norma UNI EN 934-4/2001.

Gli additivi sono classificati in funzione alle loro proprietà:

a) *fluidificanti*: (norma UNI 7102, 7102 FA 94-80) migliorano la lavorabilità dell'impasto, tensioattivi in grado di abbassare le forze di attrazione tra le particelle della miscela, diminuendo, in questo modo, l'attrito nella fase di miscelazione e di conseguenza la quantità d'acqua (riduzione rapporto. acqua-cemento del 5%) vengono denominati anche riduttori d'acqua. I fluidificanti potranno essere miscelati tra loro in svariati modi (ad es. fluidificanti-aeranti UNI 7106, 7106 FA 96-80, fluidificanti-ritardanti UNI 7107, 7107 FA 97-80, fluidificanti-acceleranti UNI 7108, 7108 FA 98-80);

b) *superfluidificanti*: (norma UNI 8145, 8145 FA 124-83) permettono un'ulteriore diminuzione dell'acqua nell'impasto rispetto ai fluidificanti normali, rapporto di riduzione acqua-cemento fino al 20-40%. Sono, in genere, costituiti da miscele di polimeri di sintesi mischiati con altre sostanze come la formaldeide.

c) *porogeni-aeranti*: (norma UNI 7103, 7106 FA 96-80) in grado di creare micro e macro bolle d'aria ad elevata stabilità all'interno della massa legante 0,30-0,60 kg per 100 kg di legante saranno sufficienti per ottenere un'introduzione di aria del 4-6% (limite massimo di volume di vuoto per calcestruzzi al fine di mantenere le resistenze meccaniche entro valori accettabili); per rinzaffi ed arricci di intonaci macroporosi deumidificanti la percentuale d'aria dovrà salire fino al 30-40%. Questo tipo di additivo risulterà in grado di facilitare, prima della presa, la lavorabilità nonché evitare la tendenza alla essudazione ovverosia il processo di sedimentazione della malta fresca nel periodo precedente all'indurimento. Il limite di questo additivo risiede nel progressivo riempimento delle microbolle con materiali di idratazione;

d) *acceleranti*: (norma UNI 7105) agiscono sull'idratazione aumentandone la velocità, si distingueranno in acceleranti di presa ed acceleranti di indurimento. I più comuni sono costituii da silicato o carbonato di sodio e/o di potassio, cloruro di calcio (additivo antigelo uni 7109);

e) *ritardanti*: (norma UNI 7104, 7104 FA 95-80) loro scopo è ritardare l'idratazione quindi la presa al fine di consentire un tempo più lungo di lavorabilità, potranno essere di origine organica e inorganica;

f) *plastificanti*: sostanze solide allo stato di polvere sottile di pari finezza di quella del legante, miglioreranno la viscosità, la stabilità e l'omogeneità dell'impasto aumentando la coesione tra i vari componenti e diminuendo lo spurgo dell'acqua;

g) *espansivi*: (norma UNI 8146-8149) gli agenti espansivi comprendono un ampio ventaglio di prodotti preconfezionati (prevalentemente di natura organica) che, pur non essendo propriamente additivi potranno, in qualche misura rientrare ugualmente nella categoria. La caratteristiche principale e quella di essere esenti da ritiro.

Per le modalità di controllo ed accettazione il Direttore dei Lavori potrà far eseguire controlli (anche parziali) su campioni di fornitura od accettare l'attestazione di conformità alle norme secondo i criteri dell'art. 1 del presente Capo.

Art. 13 - Materiali diversi (sigillanti, adesivi, geo-tessuti, tessuti-non-tessuti)

I prodotti del presente articolo, dovranno essere considerati al momento della fornitura. La D.L. ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura ovvero, richiedere un attestato di conformità della stessa alle prescrizioni di seguito indicate. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova dovrà essere fatto riferimento ai metodi UNI esistenti.

SIGILLANTI

La categoria dei sigillanti comprenderà i prodotti impiegati per colmare, in forma continua e durevole, i giunti tra elementi edilizi (in particolare nei serramenti, nelle pareti esterne, nelle partizioni interne ecc.) con funzione di tenuta all'aria, all'acqua ecc. Oltre a quanto specificato negli elaborati di progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, i sigillanti dovranno rispondere alle seguenti caratteristiche:

– compatibilità chimica con il supporto sul quale verranno applicati;

– -diagramma forza-deformazione (allungamento) compatibile con le deformazioni elastiche del supporto al quale sono destinati;

– -durabilità ai cicli termoigrometrici prevedibili nelle condizioni di impiego intese come decadimento delle caratteristiche meccaniche ed elastiche tali da non pregiudicarne la sua funzionalità;

– durabilità alle azioni chimico-fisiche di agenti aggressivi presenti nell'atmosfera o nell'ambiente di destinazione.

Il soddisfacimento delle prescrizioni predette si intenderà comprovato allorché il prodotto risponderà agli elaborati di progetto od alle norme UNI 9611, UNI EN ISO 9047, UNI EN ISO 10563, UNI EN ISO 10590, UNI EN ISO 10591, UNI EN ISO 11431, UNI EN ISO 11432, UNI EN 28339, UNI EN 28340, UNI EN 28394, UNI EN 29046, UNI EN 29048 e/o in possesso di attestati di conformità; in loro mancanza si farà rimando ai valori dichiarati dal produttore ed accettati dalla D.L.

ADESIVI

La categoria degli adesivi comprenderà i prodotti utilizzati per ancorare un elemento ad uno attiguo, in forma permanente, resistendo alle sollecitazioni meccaniche, chimiche ecc. dovute alle condizioni ambientali ed alla destinazione d'uso. Saranno inclusi in questa categoria gli adesivi usati in opere di rivestimenti di pavimenti e pareti o per altri usi e per diversi supporti (murario, ferroso, legnoso ecc.); non saranno, invece, inclusi fuori gli adesivi usati durante la produzione di prodotti o componenti. Oltre a quanto specificato negli elaborati di progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, gli adesivi dovranno rispondere alle seguenti caratteristiche:

– compatibilità chimica con il supporto sul quale si applicheranno;

– -durabilità ai cicli termoigrometrici prevedibili nelle condizioni di impiego intesa come decadimento delle caratteristiche meccaniche tale da non pregiudicare la loro funzionalità;

– -durabilità alle azioni chimico-fisiche dovute ad agenti aggressivi presenti nell'atmosfera o nell'ambiente di destinazione;

– caratteristiche meccaniche adeguate alle sollecitazioni previste durante l'uso.

Il soddisfacimento delle prescrizioni predette si intenderà comprovato quando il prodotto risponderà alle seguenti norme UNI:

– -UNI EN 1372, UNI EN 1373, UNI EN 1841, UNI EN 1902, UNI EN 1903, in caso di adesivi per rivestimenti di pavimentazioni e di pareti;

– UNI EN 1323, UNI EN 1324, UNI EN 1346, UNI EN 1347, UNI EN 1348, in caso di adesivi per piastrelle;

– UNI EN 1799 in caso di adesivi per strutture di calcestruzzo.

In alternativa, ovvero in aggiunta il soddisfacimento delle prescrizioni predette, si intenderà attestato allorché il prodotto risulterà in possesso di attestati di conformità; in loro mancanza dovrà essere fatto riferimento ai valori dichiarati dal produttore ed accettati dalla D.L.

GEO-TESSUTI

La categoria dei geo-tessuti comprenderà i prodotti, ottenuti dalla combinazione di fibre di poliestrere e caratterizzati da una forte resistenza alla trazione, di norma utilizzati per costituire strati filtranti, di separazione (interfaccia tra strati archeologici e strati di materiale di riporto), contenimento, drenaggio in opere di terra (rilevati, scarpate, strade, giardini, rinterri di scavi ecc.) ed in coperture ovvero per foderature. Si distingueranno in:

– tessuti (UNI sperimentale 8986): stoffe realizzate intrecciando due serie di fili (realizzando ordito e trama);

– -non tessuti (UNI 8279): feltri costituiti da fibre o filamenti distribuiti in maniera casuale, legati tra loro con trattamento meccanico (agugliatura) oppure chimico (impregnazione) oppure termico (fusione). Si avranno non tessuti ottenuti da fiocco o da filamento continuo.

Salvo diverse specifiche presenti negli elaborati di progetto, ovvero negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intenderanno forniti se risponderanno alle seguenti caratteristiche:

– tolleranze sulla lunghezza e larghezza: ± 1%;
– spessore: ± 3%;
– resistenza a trazione ..... (non tessuti: UNI 8279-4);
– resistenza a lacerazione ..... (non tessuti: UNI 8279-9; tessuti 7275);
– resistenza a perforazione con la sfera ..... (non tessuti: UNI 8279-11; tessuti: UNI 5421);
– assorbimento dei liquidi ..... (non tessuti: UNI 8279-5);
– ascensione capillare ..... . (non tessuti: UNI 8279-7);
– variazione dimensionale a caldo ..... (non tessuti: UNI 8279-12);
– permeabilità all'aria ..... (non tessuti: UNI 8279-3);
– .....

Nota per il compilatore: completare l'elenco e/o eliminare le caratteristiche superflue. Indicare i valori di accettazione ed i metodi di controllo per ogni singola tipologia di geotessuto facendo riferimento alle norme UNI e/o CNR esistenti ed in loro mancanza a quelle della letteratura tecnica (in primo luogo le norme internazionali ed estere).

Il soddisfacimento delle prescrizioni predette si intenderà confermato allorché il prodotto risponderà alle norme UNI sopra indicate ovvero sarà in possesso di attestato di conformità; in loro mancanza dovrà essere fatto riferimento ai valori dichiarati dal produttore ed accettati dalla D.L.

Dovrà, inoltre, essere sempre specificata la natura del polimero costituente (poliestere, polipropilene, poliammide ecc.).

Per i non tessuti dovrà essere precisato:

– se sono costituiti da filamento continuo o da fiocco;
– se il trattamento legante è meccanico, chimico o termico;
– il peso unitario.

TESSUTI-NON-TESSUTI

Prodotti composti da sottili filamenti di Polipropilene stabilizzato ai raggi U.V., saldati tra loro per termo-pressione. Si presenteranno come teli non tessuti, ma formati da una massa disordinata molto morbida e resistente, traspirante e alcuni potranno essere dotati di una buona permeabilità all'acqua. Nelle grammature medio basse (15-30 g/m²) potranno essere utilizzati per protezione a contatto di reperti mobili.

Art. 14 - Solventi

La scelta del solvente rappresenta di norma un compromesso tra esigenze diverse: potere solvente, stabilità, non corrosività, tossicità ed infiammabilità. Considerando i parametri di solubilità (ovvero fs forze di dispersione, fp forze polari e fh forze di legame a Idrogeno) dei solventi organici sarà consigliabile sostituire un solvente organico con un altro solvente o una miscela di solventi la cui terna di parametri di solubilità sia analoga a quella del solvente da sostituire specialmente se questo ultimo si rileva molto tossico. L'utilizzo di solventi gelificanti nelle operazioni di pulitura di superfici policrome sarà da preferire dal momento che consentirà di ottenere un'azione più controllata e selettiva sullo strato da rimuovere, oltre ad una minore volatilità dei solventi stessi, e maggiore sicurezza per l'operatore.

Per utilizzare, manipolare e/o conservare i suddetti prodotti si dovrà, obbligatoriamente, fare riferimento a quanto indicato sulle relative etichette e schede di sicurezza. I prodotti dovranno, inoltre, essere ad esclusivo uso di personale professionalmente qualificato. In ogni caso dovranno sempre essere utilizzati i dpi (dispositivi di sicurezza individuali) adeguati a protezione della pelle, degli occhi, del viso e delle vie respiratorie.

I solventi potranno essere suddivisi in due sottocategorie ovvero: solventi polari e solventi apolari.

– -Acetato di amile solvente polare aprotico, penetrante volatile a media ritenzione. Ottimo per la rimozione di resine nitrocellulosiche, resine naturali non invecchiate, resine sintetiche. Infiammabilità +25 °C.

– -Acetato di butile solvente polare aprotico, penetrante volatile a bassa ritenzione. Molto efficace per la rimozione di resine nitrocellulosiche, resine naturali non invecchiate, resine sintetiche. Infiammabilità +22 °C.

– -Acido acetico liquido incolore di odore pungente, miscelabile con acqua. In forma concentrata (a titolo superiore al 99%) e detto acido acetico glaciale (congela a temperatura ambiente) solvente a pH acido utilizzabile per la pulitura di patine carbonatiche o per la pulitura di superfici affrescate. T_f = 16,6 °C; T_{eb} = +118,1 °C.

– -Acetato di etile solvente polare aprotico, penetrante volatile a bassa ritenzione di odore gradevole e caratteristico. Ottimo per la rimozione di resine nitrocellulosiche, resine naturali non invecchiate, resine sintetiche. Infiammabilità –3 °C.

– -Acetone anidrite solvente polare, volatile atossico utilizzabile sia per la rimozione di olii, cere, grassi, resine naturali e sintetiche, inchiostri e per diluizione di vernici e prodotti a base di resine sintetiche protettive e/o consolidanti. Presenta un ottimo potere solvente, miscibile con molti liquidi può essere impiegato come solvente intermediario. T_f = –94 °C; T_{eb} = +56,5 °C; V_e (relativa all'etere) = 1,9; d_s = 10,0.

– -Acqua ragia minerale solvente apolare utilizzato come diluente di altri solventi o di vernici ovvero come solvente per resine. La versione dearomatizzato presenterà una tossicità inferiore; sarà, comunque, consigliabile utilizzarlo in ambiente areato.

– -Alcool benzilico solvente a moderata tossicità, attivo per la rimozione di resine naturali e sintetiche, nonché per alcune sostanze di natura proteica. Valida alterativa alla dimetilformammide.

– -Alcool butilico solvente polare protico, non molto volatile, a media ritenzione e media penetrazione. Buon potere solvente verso grassi, olii, resine naturali, comprese coppali e gommalacca.

– -Alcool etilico denaturato 99% (Etanolo) solvente polare protico atossico risulta infiammabile, volatile e miscibile con acqua, acetone, etere usato efficace per la rimozione di resine naturali, comprese coppali e gommalacca. T_f = –117 °C; T_{eb} = +78,3 °C; V_e (relativa all'etere) = 7; d_s = 12,7.

– Alcool isopropilico solvente polare protico atossico impiegabile per la diluizione di reattivi, protettivi e consolidanti.

– -Benzina rettificata 100/140 solvente idrocarburico apolare mediamente volatile utilizzato per la rimozione di cere, paraffina, bitumi e grassi. Per benzina si intende miscele di idrocarburi saturi o limitatamene insaturi, più o meno ramificati, che si raccolgono nelle frazioni basso bollenti del petrolio (da 30 a 200 °C).

– -Cloroformio liquido limpido, incolore, volatile di odore etereo, tossico. Ottimo solvente per oli, resine e grassi. Come tutti i solventi clorurati deve essere protetto dalla luce del sole. Data la sua tossicità se ne consiglia un uso limitato e controllato. T_{eb} = +61,3 °C; V_e (relativa all'etere) = 2,2; d_s = 9,3

– -Cloruro di metilene solvente apolare volatile presenta una forte azione su materiali grassi, media azione su resine naturali. Al fine di diminuire la volatilità può essere impiegato in miscela con materiali addensanti.

– -Diacetone alcool solvente incolore, inodore, mediamente polare tossico miscibile con acqua, presenta un punto di ebollizione elevato ed un buon potere solvente nei confronti di resine e alcune sostanze proteiche e polisaccaridiche. Data la sua tossicità se ne consiglia un uso limitato e controllato.

– -Diluente nitro antinebbia miscela di vari solventi (toluene, acetone, dicloropropano, alcool isopropilico) alcuni tossici a polarità media a rapida evaporazione, possiede un buon potere solvente per vernici nitro e sintetiche in generale, olii ed alcuni materiali proteici.

– -Dimetilformammide solvente polare aprotico altamente tossica, di odore sgradevole, miscibile con acqua, esteri, alcoli, etere, chetoni, idrocarburi aromatici e clorurati. Solvente indicato per moltissimi polimeri fra cui, resine epossidiche, poliuretaniche, e viniliche. Data la sua alta tossicità se ne consiglia un uso limitato e controllato adottando le massime precauzioni di manipolazione ed aerazione.

– -Esano denaturato idrocarburo alifatico di odore leggero, volatile. Ottimo solvente per cere, grassi, vernici. T_f = –95 °C; T_{eb} = +69 °C.

– -Essenza di petrolio solvente apolare usato come diluente di altri solventi o di vernici, come solvente per resine o per saturare, temporaneamente, un colore. Non lascia residui evaporando. La versione dearomatizzato presenterà una tossicità inferiore; sarà, comunque, consigliabile utilizzarlo in ambiente areato.

– -Essenza di trementina solvente apolare, incolore la versione rettificata debolmente giallo la versione pura, di odore caratteristico, efficace sia come diluente per colori ad olio sia per la rimozione di vernici, grassi e parzialmente cere e paraffine.

– -Etere etilico composto organico ottenuto per disidratazione dell'alcool etilico con acido solforico. Liquido incolore, di odore pungente, pochissimo miscelabile con acqua miscibile con solventi organici molto volatile e molto infiammabile. Utilizzabile come solvente per grassi, resine, cere e gomme. T_f = –116 °C; T_{eb} = +34,6 °C.

– -Etil laccato solvente ottimo per la diluizione e la rimozione di colori e vernici. Utilizzabile come ottima alternativa al più tossico xilolo nella pulitura di superfici policrome.

– -Limonane solvente polare atossico con elevato potere sgrassante, utilizzabile in percentuale opportuna insieme ad altri così da ottenere miscele di polarità calcolata, ad es. come alternativa al diluente nitro o la clorotene.

– -Ligroina solvente idrocarburico apolare impiegato tal quale o come diluente per altri solventi e per la pulitura di manufatti policromi. Valida alternativa all'essenza di petrolio.

– -Meilpirrolidone solvente ammidico penetrante, mediamente polare, nocivo, solvente molto forte per vernici, polimeri acrilici e resine; miscibile con essenza di petrolio, white spirit, alcool etilico. Solubile in acqua si rileva un ottimo sostituito della dimetilformammide.

– -Metiletilchetone solvente polare aprotico penetrante, incolore con odore caratteristico (simile all'acetone). Omologo superiore all'acetone presenta, rispetto a quest'ultimo, una minore volatilità. Impiegabile per la rimozione o la diluizione di olii, cere, resine naturali e sintetiche (epossidiche, fenoliche, acriliche ecc.), inchiostri. d_s = 9,3.

– -Toluene, Toluolo solvente apolare, di odore caratteristico (simile al benzene) ottimo per la rimozione di resine naturali fresche, resine sintetiche, olii, grassi, cere e paraffine. Esente da benzene, contiene il 10% di dicloropropano. T_{eb} = +110,6 °C; V_e (relativa all'etere) = 4,5; d_s = 8,9.

– -Tributilsolfato liquido leggero, incolore, inodore, stabile. Impiagato come agente bagnate prima dell'iniezione delle malte per affreschi ed intonaci murali, può essere impiegato anche come coadiuvante per la macinazione dei pigmenti e per facilitare la dispersione degli stessi in acqua. Miscibile con la maggior parte dei solventi e diluenti si rileva un buon solvente per lacche, resine viniliche ed inchiostri. È inoltre un sequestratore per solfati, 1 ml si scioglie in circa 165 ml di acqua.

– -Tricloroetano liquido limpido, incolore, di odore etereo caratteristico. Solvente non infiammabile ottimo per oli, grassi, cere e resine sia naturali che artificiali. È moderatamente volatile e offre scarsi fenomeni di ritenzione.

– -Tricloroetilene (trielina) liquido limpido, di odore caratteristico che ricorda il cloroformio. Buon solvente per olii, grassi, cere, bitumi. Impiegato per la pulitura e grassaggio di metalli e tessuti. Presenta, inoltre, un effetto insetticida.

– -Xilene, Xilolo solvente apolare aprotico, di odore caratteristico ottimo per la rimozione di resine naturali fresche, resine sintetiche, olii, grassi, cere e paraffine. Esente da benzene, contiene il 10% di dicloro propano. d_s = 8,8.

– -White spirit (ragia dearomatizzato) miscela di idrocarburi, liquido limpido di odore caratteristico. Insolubile in acqua ma miscibile con la maggior parte dei solventi organici.

Le miscele più utilizzate saranno le cosiddette miscela 2A formata da acqua, ammoniaca (al 6%); miscela 3A formata da acqua, acetone, alcool etilico puro (di norma in rapporto 1:1:1), miscela 4A formata da acqua, acetone, alcool etilico puro, ammoniaca al 6% (in rapporto 1:1:1:1). Tutti i rapporti indicati sono da considerarsi orientativi e potranno essere modificati ribilanciando i componenti.

Nota per il compilatore: l'abbreviazione Tf indica la temperatura di fusione; Teb indica la temperatura di ebollizione; Ve indica la velocità di evaporazione relativa all'etere; d_s indica il parametro di solubilità.

Art. 15 - Materiali per la pulizia di manufatti lapidei - Generalità

La pulitura di una superficie di un manufatto, soprattutto se di valore storico-architettonico, dovrà prefiggersi lo scopo di rimuovere la presenza di sostanze estranee patogene, causa di degrado, limitandosi alla loro asportazione. Il lato estetico e cromatico post-intervento non dovrà incidere sul risultato finale, l'intento della pulitura non dovrà essere quello di rendere "gradevole" l'aspetto della superficie ma, bensì, quello di sanare uno stato di fatto alterato. Saranno, perciò, inutili, nonché dannose, puliture insistenti che potrebbero intaccare la pellicola naturale del materiale formatasi nel corso degli anni, puliture mosse, generalmente, dalla volontà di restituire al materiale il suo aspetto originario. Tenendo conto che anche la risoluzione meno aggressiva causerà sempre una, seppur minima, azione lesiva sul materiale, sarà opportuno ben calibrare l'utilizzo dei singoli prodotti (raccomandazioni NorMaL) che dovranno essere messi in opera puntualmente (mai generalizzandone l'applicazione) e gradualmente, procedendo per fasi progressive su più campioni, in questo modo l'operatore potrà verificare l'idoneità della tecnica prescelta e, allo stesso tempo, definire quando l'intervento dovrà interrompersi.

All'Appaltatore sarà fatto divieto impiegare prodotti senza la preventiva autorizzazione della D.L. e degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto. Ogni prodotto potrà essere messo in opera previa esecuzione di idonei test-campione eseguiti in presenza della D.L. e dietro sua specifica indicazione.

I prodotti di seguito elencati, (forniti nei contenitori originali e sigillati) saranno valutati al momento della fornitura. La D.L. ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura ovvero, richiedere un attestato di conformità. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova si farà riferimento alle norme UNI vigenti.

ART. 15.1 ACQUA PER LAVORI DI PULITURE

Per la pulitura di manufatti, dovrà essere utilizzata, in generale acqua assolutamente pura, dolce, priva di sali e calcari, con un pH neutro e una durezza inferiore al 2%. Dovranno essere utilizzate: in presenza di calcari teneri acque più dure, acque a grana fine dove si riscontreranno problemi di solubilità di carbonato di calcio mentre, per i graniti e le rocce silicate potrà essere utilizzata acqua distillata ovvero deionizzata ottenuta tramite l'utilizzo di appositi filtri contenenti resine scambiatrici di ioni acide (RSO_3H) e basiche (RNH_3OH) rispettivamente. Il processo di deionizzazione non renderà le acque sterili, nel caso in cui sia richiesta sterilità, potranno essere ottenute acque di quel tipo, operando preferibilmente per via fisica.

La produzione di acqua deionizzata si potrà effettuare in cantiere tramite utilizzo di specifica apparecchiatura con gruppo a resine a scambio ioniche di portata sufficiente a garantire una corretta continuità di lavoro.

ART. 15.2 SPUGNE PER PULITURE A SECCO

Queste spugne specifiche per la pulitura a secco di superfici delicate (affreschi, superfici decorate con graffiti) costituite da una massa di consistenza più o meno morbida e spugnosa (secondo del tipo prescelto), normalmente di colore giallo chiaro, supportata da una base rigida di colore blu. La massa spugnosa dovrà, necessariamente essere esente da ogni tipo di sostanza dannosa, presentare un pH neutro e contenere saktis (sorta di linosina), lattice sintetico, olio minerale, prodotti chimici vulcanizzati e gelificanti legati chimicamente. L'utilizzo di queste spugne consentirà di asportare, oltre ai normali depositi di polvere, il nero di fumo causato da candele d'altari e da incensi mentre non saranno adatte per rimuovere un tipo di sporco persistente (ad es., croste nere) e sostanze penetrate troppo in profondità.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 15 del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

ART. 15.3 CARTA GIAPPONESE

Carta molto leggera a base di fibre di riso, dotata di robustezza disponibile in commercio in diversi spessori e pesi minimo 6 gr/m² massimo 110 gr/m². Queste carte serviranno da filtro per operazioni di puliture su superfici delicate o in avanzato stato di degrado, inoltre si rileveranno utili per velinature ovvero per operazioni di preconsolidamento.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 15 del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

ART. 15.4 PRODOTTI CHIMICI

A causa della dannosità e della difficoltà di controllo dell'azione corrosiva innescata dai reagenti chimici dovrà essere cura dell'appaltatore operare con la massima attenzione e cautela, nel pieno rispetto di leggi e regolamenti; l'uso di suddetti prodotti dovrà, pertanto, obbligatoriamente, essere prescritto da specifica autorizzazione della D.L. e circoscritto a quelle zone dove altri tipi di prodotti (ossia di procedure di pulitura) meno aggressivi non siano stati in grado di rimuovere l'agente patogeno.

Se non diversamente specificato, sarà cura dell'appaltatore utilizzare formulati in pasta resi tixotropici da inerti di vario tipo (quali carbossilmetilcellulosa, polpa di carta, argille assorbenti, od altro materiale) che dovranno essere convenientemente diluiti, con i quantitativi d'acqua prescritti dalla D.L.

EDTA BISODICO

Sale bisodico chelante si presenta come polvere bianca inodore a pH debolmente acido (pH @ 5) utilizzato per la pulitura di croste nere; particolarmente efficace per le patine a base di solfato, generate da solfatazioni e carbonato di calcio legati alla presenza di scialbi o ricarbonatazioni superficiali. Fondamentalmente è un agente sequestrante ha la proprietà di formare con gli ioni dei metalli, composti di coordinazione molto solubili e stabili, mascherandone la presenza in soluzione. I principali metalli che potrà "captare" sono, in ordine di affinità, i seguenti: calcio, potassio, sodio, cromo, nichel, rame, piombo, zinco, cobalto, manganese, magnesio.

EDTA TETRASODICO

Come l'EDTA Bisodico ma meno solubile in acqua e con pH basico (pH @ 11) si rileva più efficace per le patine a base di ossalato (prodotto da certi tipi di licheni o da ossidazione di eventuali materiali organici vari applicati in passato a scopo protettivo o decorativo e, in seguito, ossidati da batteri installatisi sulla superficie) che si concretizzano in patine di vario colore (giallo, rosa, bruno).

ACIDO CITRICO

Sale ad azione chelante (più debole dell'EDTA) da utilizzare come sale triammonico per la pulizia di affreschi e superfici policrome.

CARBOSSIMETILCELLULOSA

Solubile in acqua ed in soluzioni alcaline permette di ottenere liquidi molto viscosi dotati di proprietà addensanti, emulsionanti, detergenti e stabilizzanti. Il miglior modo per preparare una soluzione di carbossimetilcellulosa è quello di versarla lentamente in acqua calda sotto agitazione veloce. La viscosità diminuisce con il riscaldamento per tornare al valore iniziale con il raffreddamento.

ACIDO POLIACRILICO

Polimero acrilico per la preparazione di sistemi solvent-gel acquosi ad alta viscosità per la pulitura controllata di strati policromi. I polimeri reticolari dell'acido acrilico ad alto peso molecolare sono usati come agenti addensanti, sospendenti e stabilizzanti. Presenteranno una elevata versatilità di impiego e si rilevano ottimi prodotti per preparazione di gel trasparenti, alcolici e non, con viscosità media o altissima.

AMMINA DI COCCO

Ammina di cocco etossilata per la preparazione di sistemi solvent-gel per la pulitura controllata di strati policromi. Questo prodotto verrà utilizzato nella preparazione del solvent-gel per la proprietà che possiede di neutralizzare la funzione acida dell'acido poliacrilico e, contemporaneamente, di conferire all'addensante anche blande proprietà tensioattive. Dovranno, in ogni caso, essere aggiunte in quantità tale da salificare solo parzialmente l'acido, così da provocarne semplicemente la distensione e da permettere l'addensamento della soluzione.

AMMONIACA

Gas di odore irritante che liquefa a –33 °C, normalmente commercializzato in soluzioni acquose. L'ammoniaca veicolata con compresse imbevute, stesa a tampone o a pennello potrà essere utilizzata miscelata con acqua o con acqua, acetone ed alcool per la rimozione di sostanze soprammesse di varia natura quali olii, vernici, cere, ridipinture ecc. su strutture in pietra quali marmo, brecce, arenarie, calcari duri e teneri, travertino e tufo.

ENZIMI

Composti organici proteici di origine naturale in grado di promuovere reazioni che, in loro assenza, risulterebbero trascurabili. In pratica si tratta di molecole particolarmente selettive nei confronti di un determinato substrato, possono rappresentare una valida alternativa all'utilizzo di acidi e basi per l'asportazione idrolitica di sostanze filmogene invecchiate quali ridipinture o patinature proteiche, grasse o polisaccaridiche. Una delle caratteristiche principali degli enzimi risiede nell'elevata specificità per il substrato (fondamentale nel restauro di superfici policrome) ovvero un enzima che agisce, in un data reazione, su un determinato fondo, non sarà in grado di catalizzare nessuna altra reazione chimica vale a dire che non potrà modificare una sostanza diversa dal substrato, di conseguenza, l'operazione di pulitura, non potrà intaccare le parti del dipinto non interessate dalla pulitura. La seconda caratteristica esclusiva degli enzimi, è l'alta attività catalitica, ossia limitate molecole enzimatiche sono in grado di operare su quantità di substrato molto maggiori di quelle trasformabili da qualunque altra sostanza, senza perdere l'efficacia. Gli enzimi principalmente utilizzati sono:

– -le proteasi capaci di scindere le molecole proteiche idrolizzando i legami peptidici, si rileverà efficace per la rimozione di macchie dovute a colle e gelatine animali, albumine, casine e uovo. Si potrà trovare nelle versioni stabilizzato, con pH acido (pH @ 5) o con pH alcalino (pH @ 8,4) per la rimozione controllata di sostanze proteiche anche su supporti delicati come gli affreschi;

– -le lipasi (pH @ 8,4) in grado di sciogliere i grassi catalizzando l'idrolisi dei trigliceridi, si rileverà efficace per la rimozione di sostanze grasse, pellicole a base di olii essiccativi, vernici oleoresinose, cere e resine sintetiche come esteri acrilici e vinilici;

– le amilasi (pH @ 7,2) idrolizzano i legami glucosidici di polisaccaridi quali amido, cellulosa, gomme vegetali;

– -saliva artificiale prodotto a base di mucina per la pulitura pittorica superficiale, particolarmente efficace se impiegata come lavaggio intermedio dopo la pulitura con enzimi o con saponi resinosi.

FORMULATI

Per asportare croste nere di piccolo spessore (1-2 mm) potrà essere utilizzato un preparato così formulato:

– 1000 cc di acqua deionizzata;

– 50 g di carbosilmetilcellulosa (per dare consistenza tixotropica all'impasto);

– 30 g di bicarbonato di sodio ($NaHCO_3$);

– 50-100 g di EDTA (bisodico).

In alternativa AB 57; formulato messo a punto dall'ICR, dovrà presentare, preferibilmente, un PH intorno a 7,5 (sarà comunque sufficiente che il pH non superi il valore 8 così da eludere fenomeni di corrosione dei calcari e la eventuale formazione di sotto prodotti dannosi). Sarà composto da:

– 1000 cc. di acqua;

– 30 g di bicarbonato d'ammonio(Na_4HCO_3);

– 50 g di bicarbonato di sodio($NaHCO_3$);

– 25 g di EDTA (bisodico);

– 10 cc. di desogen (sale d'ammonio quaternario, tensioattivo, fungicida);

– 60 g di carbossimetilcellulosa.

La quantità di EDTA potrà essere variata e portata, se ritenuto necessario, a 100-125 g.

Alla miscela potranno essere aggiunte ammoniaca (NH_4OH) o trietanolammina $(C_3H_4OH_3)N$ allo scopo di facilitare la dissoluzione di componenti “grassi” presenti nell’agente patogeno.

Dietro specifica indicazione della D.L. l’appaltatore potrà, inoltre, impiegare acido cloridrico per l’asportazione di solfato di calcio (rapporto con acqua 1/500); acido fosforico, floruri, fosfati e citrati per rimuovere macchie di ruggine su pietre silicee; soluzione satura di fosfato di ammonio (con pH portato a 6) per rimuovere macchie di ruggine su pietre calcaree.

ART. 15.5 CARBONATO E BICARBONATO DI AMMONIO

Sali solubili in acqua, utilizzati in percentuali che potranno variare dal 5% al 100%. Detti prodotti, potranno essere utilizzati singolarmente o in composti (ad es., in combinazione con resine a scambio ionico). Sia il carbonato che il bicarbonato di ammonio presenteranno la capacità di decomporsi spontaneamente originando prodotti volatili (di norma questi sali risulteranno attivi per un lasso di tempo di circa 4-5 ore), la liberazione di ammoniaca conferirà al trattamento proprietà detergenti, mentre l’alcalinità (maggiore per il Carbonato che per il Bicarbonato) consentirà una graduale gelificazione di materiale di accumulo e vecchie patine proteiche e lipidiche, consentendone la rimozione dalla superficie. Questi sali eserciteranno, inoltre, un’azione desolfatante, riuscendo a trasformare il gesso, eventualmente presente sul supporto, in Solfato di Ammonio più solubile e facilmente asportabile con lavaggio acquoso. Se il materiale da asportare presenterà un’elevata percentuale di gesso, la concentrazione in acqua del carbonato o bicarbonato dovrà essere di tipo saturo (circa il 15-20% di sale in acqua deionizzata) mentre, per gli altri casi, basterà raggiungere il pH necessario (9 per il carbonato, 8 per il bicarbonato) con soluzioni meno sature (5-7% in acqua deionizzata). L’uso del Bicarbonato d’Ammonio (o di sodio) sarà sconsigliato nel caso di interventi su materiali particolarmente degradati, specie per i marmi (nei quali si può avere una facile corrosione intergranulare e decoesione dei grani di calcite superficiale) e i calcari sensibilmente porosi dove potrà incontrare difficoltà nel rimuovere i residui dell’impacco.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell’ultimo capoverso dell’articolo 15 dal presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

ART. 15.6 TENSIOATTIVI E DETERGENTI

Prodotti composti da molecole contenenti un piccolo gruppo polare idrofilo ed una più lunga catena liofila; queste molecole si orienteranno in modo da avere il primo gruppo (quello polare) immerso in acqua e la parte apolare nello strato di sporco. I tensioattivi saranno utilizzati allo scopo di diminuire la tensione superficiale dell’acqua così da aumentarne la “bagnabilità” e, di conseguenza, l’azione pulente. Essi, contrariamente da altre sostanze solubili in acqua, non si distribuiscono con uniformità nella massa ma si raggruppano selettivamente in maniera ordinata alla superficie della soluzione per tanto non richiedono, per essere efficienti, di una grande solubilità in acqua né di raggiungere un’alta concentrazione in tutto il volume.

Il detergente dovrà rispondere a svariate proprietà tra le quali:

– potere bagnate ovvero capacità di ridurre la tensione superficiale dell’acqua, facilitandone la penetrazione;

– potere dissolvente organico ovvero capacità di solubilizzare sostanze organiche (olii, grassi, proteine);

– -potere disperdente ovvero capacità di tenere in sospensione le particelle di depositi inorganici non solubilizzati o disgregati;

– potere emulsionante ovvero capacità di emulsionare grassi edoli;

– -potere sequestrante e chelante ovvero capacità di legarsi ai sali di calcio e di magnesio per convertirli in sostanze solubili;

– potere tampone ovvero capacità di mantenere invariato il pH;

– potere battericida ovvero capacità di distruggere i microrganismi;

– -potere sciacquante ovvero capacità di un detergente di essere asportato insieme allo sporco senza lasciare alcun residuo;

La sequenza di queste particolarità individuerà anche le fasi in cui si svilupperà l’azione detergente.

L’uso di tali prodotti dovrà essere autorizzato dalla D.L. I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell’ultimo capoverso dell’art. 15 del presente Capo inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

ART. 15.7 RESINE A SCAMBIO IONICO

Le resine a scambio ionico sono copolimeri stirene funzionanti con gruppi acidi (resine a scambio cationico) o basici (resine a scambio anionico) in grado di “agganciare” le sostanze ioniche presenti nel substrato a cui vengono applicati.

Le resine a scambio cationico (descialbante) funzioneranno come agenti di pulitura nei confronti di scialbature e incrostazioni calcaree di neoformazione “sequestrando” ioni Calcio al supporto cui verrà applicata in modo lento e delicato, garantendo, pertanto, un buon controllo del grado di pulitura.

Le resine a scambio anionico (desolfatante) risulteranno invece attive nei confronti di gesso e solfati su superfici lapidee e affreschi, l’Idrossido di Calcio che viene prodotto da questa reazione reagirà spontaneamente con l’anidride carbonica atmosferica convertendosi in Carbonato di Calcio con conseguente ricomposizione della tessitura carbonatica del substrato e azione consolidante riaggregante.

Questi pulitori saranno applicate in seguito a miscelazione con acqua demineralizzata o distillata in rapporto variabile a secondo sia del prodotto utilizzato sia della consistenza finale (più pastosa da applicare a spatola ovvero più liquida da applicare a pennello) descritta negli elaborati di progetto. Se non diversamente specificato negli elaborati di progetto dovranno essere utilizzati impasti miscelati entro la stessa giornata lavorativa

Sia le quantità di acqua, ottimali per la consistenza voluta dell’impasto, che la durata ed il numero delle applicazioni dovranno, necessariamente, essere ricercati di volta in volta, a seconda dei problemi di pulitura da affrontare, effettuando prove preliminari di trattamento su zone ridotte e tipologicamente significative delle superfici. I suddetti campioni dovranno essere eseguiti dall’appaltatore sotto stretto controllo della D.L.

I criteri d’accettazione dovranno essere quelli enunciati nell’ultimo capoverso dell’art. 15 del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

ART. 15.8 ADDENSANTI E SUPPORTANTI

Questi prodotti garantiscono la gelificazione del solvente in modo da mantenerlo localizzato sulla superficie del manufatto policromo. In questo modo rendono l’operazione di pulitura più selettiva, e, allo stesso tempo, impediscono la penetrazione del solvente negli strati sottostanti, in più riducono il processo d’evaporazione, diminuendo l’inalazione del solvente da parte dell’operatore. In linea generale gli addensanti dovranno essere lavorati ed applicati a pennello per tempi variabili secondo il caso e rimossi a secco o a tampone leggermente imbevuto di solvente senza lasciare residui dannosi per l’opera. La densità del gel finale sarà controllata dall’operatore a seconda delle esigenze specifiche.

I supportanti fondamentalmente si dividono in due categorie: addensanti cellulosici e solvent-gel. La scelta di gelificare un solvente con un addensante cellulosico anziché per mezzo di solvet-gel potrà discendere da molteplici fattori come ad esempio, l’eventuale presenza di materiali particolarmente sensibili all’acqua renderà gli addensanti cellulosici preferibili ai solvent-gel che, al contrario, risulteranno più idonei (grazie all’azione blandamente tensioattiva) per procedure di pulitura più generiche di superfici pittoriche e non.

ADDENSANTI CELLULOSICI

Supportanti inerti cellulosici agiscono per rigonfiamento diretto della struttura cellulosica da parte del solvente puro o di loro miscele. La metilcellulosa si rileva più adatta per gelificare solventi polari (acqua, alcool ecc.) o miscele di questi, da utilizzarsi in concentrazione dal 2 al 4% p/v. L’etilcellulosa si rileva, invece, più adatta per solventi a polarità medio bassa (clorurati, chetoni, esteri ecc.) o apolari; la percentuale di utilizzo va da il 6% al 10% (p/v) a seconda dei casi.

IDROSSI METIL-PROPIL CELLULOSA

Supportante cellulosico di enzimi o gelificazioni di solventi. Agisce da tensioattivo, diminuendo la tensione superficiale dell’acqua ovvero del solvente organico, amplificando il potere bagnate della soluzione e diminuendo il potere penetrante in un corpo poroso o la capacità di risalita capillare. Proprietà: modifica la viscosità di soluzioni, emulsioni e dispersioni acquose ed organiche dando vita a films elastici termoplastici, non appiccicosi, poco sensibili all’umidità da utilizzare per la pulitura di superfici policrome.

SOLVENT-GEL

Sono costituiti da acido poliacrilico e ammina di cocco (art. 15.4 “Prodotti chimici”). L’aggiunta del solvente scelto e di poche gocce d’acqua provocano il rigonfiamento del sistema e la formazione del gel.

ART. 15.9 POLPA DI CELLULOSA

La polpa di carta ovverosia la pasta di cellulosa dovrà presentare un colore bianco, dovrà essere deresinata e ottenuta da cellulose naturali. Le fibre dovranno presentare un'elevata superficie specifica, ed un'altrettanto elevato effetto addensante, un comportamento pseudoplastico, una buona capacità di trattenere i liquidi e dimostrarsi insolubili in acqua ed in solventi organici. Un chilogrammo di polpa di cellulosa dovrà essere in grado di trattenere circa 3-4 litri di acqua; minore sarà la dimensione della fibra (00, 40, 200, 600, 1000 m) maggiore sarà la quantità di acqua in grado di trattenere.

I criteri di accettazione dovranno essere quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 15 del presente Capo inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

ART. 15.10 ARGILLE ASSORBENTI

La sepiolite, ovverosia fillosilicato idrato di magnesio, appartiene al gruppo strutturale della paligorskite, dovrà risultare capace di impregnarsi di oli e grassi senza operare azioni aggressive sulla superficie oggetto di intervento. La granulometria dell'argilla dovrà essere di almeno 100-220 Mesh, dovrà, altrettanto, essere in grado di assorbire una grande quantità di liquidi (110-130%) in rapporto al suo peso (un chilogrammo di sepiolite dovrà risulterà capace di assorbire 1,5 kg d'acqua senza aumentare di volume). Le argille assorbenti, rispetto alla polpa di cellulosa, presenteranno l'inconveniente di sottrarre troppo rapidamente l'acqua dalle superfici trattate. In presenza di pietre molto porose potrà essere indicato ricorrere alla polpa di cellulosa (più facile da rimuovere rispetto alle argille).

I suddetti prodotti dovranno essere preparati diluendoli esclusivamente con acqua distillata o deionizzata fino a raggiungere un "fango" a consistenza pastosa (con notevoli caratteristiche tixotropiche) in modo da consentirne la lavorazione in spessori di 2-3 cm.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 15 del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

ART. 15.11 IMPACCHI BIOLOGICI

Sono impasti da utilizzare su manufatti lapidei delicati o particolarmente decoesi, posti all'esterno, su quali non sarà possibile eseguire puliture a base di acqua nebulizzata senza arrecare ulteriori danni. I suddetti impacchi dovranno essere a base di argille assorbenti, contenenti prodotti a base ureica così composti:

– 1000 cc di acqua;
– 50 g di urea $(NH_2)2CO$;
– 20 cc di glicerina $(CH_2OH)2CHOH$.

Il fango che si otterrà dovrà essere steso in spessori di almeno 2 cm da coprire con fogli di polietilene. I tempi di applicazione saranno stabiliti dall'appaltatore sotto il controllo della D.L. in base a precedenti prove e campionature.

ART. 15.12 APPARECCHIATURA LASER

L'apparecchiatura selettiva Laser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) ad alta precisione è utile per asportare depositi carbogessosi da marmi e da materiali di colore chiaro, oltre che depositi e patine superficiali da legno, bronzo, terrecotte ed intonaci.

Lo strumento sarà principalmente composto da due elementi: il gruppo laser ed il gruppo di raffreddamento. Il gruppo laser se separato dal gruppo di raffreddamento, dovrà essere allocato in idonea struttura concepita appositamente per le condizioni di cantiere (dotazione di ruote con gomme gonfiabili, anello di sollevamento ecc.).

Il raggio, secondo il tipo di apparecchio, potrà essere condotto sulla superficie da pulire utilizzando un braccio meccanico snodato (dotato, all'interno degli snodi, di una serie di specchi) della lunghezza di circa 2 m terminante con un utensile che l'operatore governa a mano per indirizzare il raggio sulla superficie o un sistema a fibre ottiche che conducono il raggio sino ad una pistola che verrà utilizzata direttamente dall'operatore (la distanza tra apparecchio e superficie dipenderà dalla lunghezza delle fibre ottiche utilizzate, normalmente si aggirerà sui 10-15 m); su questa sorta di pistola dovranno essere posizionati i sistemi di regolazione dell'emissione laser (più precisamente la regolazione dell'emissione di energia, la modulazione della frequenza di emissione graduabile in termini di colpi al secondo, e la focalizzazione del raggio sulla superficie del manufatto da pulire). L'apparecchio dovrà, in ogni caso, possedere buone doti di maneggevolezza, avere la possibilità di poter utilizzare diverse lunghezze d'onda (oltre alla classica 1064 anche 532, 355, 266 mm), di regolare l'emissione di energia per impulso (di norma variabile da 80 mJ a 900 mJ), la modulazione delle frequenze di emissione degli impulsi (di norma 1/2/5/10/20/50 Hz), la focalizzazione del raggio sulla superficie del manufatto da pulire.

Le apparecchiature laser potranno utilizzare essenzialmente due diversi regimi di funzionamento che corrisponderanno a diverse durate temporali di impulso:

– modalità *Q-Swicthing* ad impulso corto (4-10 ns) atto alla rimozione diretta del deposito;

– -modalità *Free Running* con impulso lungo (200-1000 ms) con energie incidenti controllate, atte semplicemente a staccare il deposito dal substrato, da rimuovere successivamente con altre tecniche (bisturi).

Apparecchi di nuova generazione o in via di sperimentazione si collocano in una regione di durata di impulso intermedia ovvero *short free running*.

L'apparecchiatura dovrà, essere esclusivamente utilizzata da personale altamente specializzato in grado di valutare attentamente i risultati ottenuti, eventualmente variando di volta in volta i parametri esecutivi ed applicativi (lunghezza d'onda, durata, ripetizione degli impulsi, energia del flusso, sezione trasversale, convergenza del fascio). In questo modo il laser potrà essere tarato in modo da ottenere risultati specifici (autolimitazione, selettività, discriminazione).

Le caratteristiche richieste all'apparecchiatura laser in relazione sia allo specifico utilizzo (pulitura di croste nere, depositi calcarei su reperti archeologici, incrostazioni su vetrate artistiche, discialbi su affreschi ecc.) sia al materiale (marmo, arenaria, calcare, intonaco affrescato, vetro ecc.) dovranno essere le seguenti:

modello ..... ;

lunghezza d'onda (nm)..... ;

energia/frequenza (mJ/ mm) ..... ;

frequenza d'impulsi (Hz)..... ;

diametro spot (mm) ..... ;

angolo di divergenza del fascio in relazione alla lunghezza d'onda ..... ;

durata impulso in relazione alla lunghezza d'onda (ns)..... ;

dimensione testa laser (mm) ..... ;

peso testa laser (kg) ..... ;

dimensioni unità alimentazione (mm) ..... ;

dimensioni unità di raffreddamento (mm) ..... ;

peso unità di raffreddamento (kg) ..... ;

sistema di trasmissione del fascio ..... ;

lunghezza cavo (tra testa del laser ed unità di raffreddamento) (m) ..... ;

massima altezza operativa (tra testa del laser ed unità di raffreddamento) (m)..... .

Nota per il compilatore: completare la scheda e/o eliminare le caratteristiche superflue. Indicare, per ogni apparecchiatura laser (ovvero per ogni tipologia di utilizzo), le caratteristiche, i valori accettazione e gli eventuali metodi di controllo facendo riferimento alle norme UNI e/o CNR esistenti ed in loro mancanza a quelle della letteratura tecnica (in primo luogo le norme internazionali ed estere).

ART. 15.13 BIOCIDI

Prodotti da utilizzarsi per l'eliminazione di muschi e licheni. I suddetti prodotti dovranno, necessariamente, essere utilizzati con molta attenzione e cautela, dietro specifica indicazione della D.L. e solo dopo aver eseguito accurate indagini sulla natura del terreno e sul tipo di azione da svolgere oltre naturalmente all'adozione di tutte le misure di sicurezza e protezione degli operatori preposti all'applicazione del prodotto. Questi prodotti potranno presentare, a seconda dei casi e delle indicazioni di progetto, le seguenti caratteristiche:

– azione selettiva e limitata alla specie da eliminare;

– -tossicità limitata verso l'ambiente così da non alterare per tempi prolungati l'equilibrio del terreno interessato dall'azione disinfettante;

– atossicità nei riguardi dell'uomo;

– -totale assenza di prodotti o componenti in grado di danneggiare l'organismo murario ovvero le porzioni intonacate;

– limitata durata dell'attività chimica;

– totale assenza di fenomeni inquinanti nei confronti delle acque superficiali e profonde.

Per indicazioni inerenti la scelta dei metodi di controllo del biodeterioramento si rimanda a quanto enunciato nel documento NorMaL 30/89, mentre per ulteriori informazioni sulla caratterizzazione, sull'efficacia e sul trattamento dei biocidi si rimanda a quanto enunciato nei documenti NorMaL 35/91, 38/93, 37/92.

ALGHICIDI, BATTERICIDI, FUNGICIDI

COMPOSTI INORGANICI

1) *Perossido di idrogeno* (acqua ossigenata) utilizzato a 120 volumi risulterà adatto per sopprimere alghe e licheni su apparecchi murari. Presenta forti capacità ossidanti; potrà essere causa di sbiancamenti del substrato, ed agirà esclusivamente per contatto diretto. La sua azione non durerà nel tempo.
2) *Ipoclorito di sodio* (varechina) utilizzato in soluzione acquosa al 2%-7% per asportare alghe e licheni. La varechina potrà essere causa di sbiancamenti del materiale lapideo; inoltre, se non verrà interamente estratta dal materiale lapideo ne potrà determinare l'ingiallimento.

COMPOSTI ORGANICI

Formalina soluzione acquosa di aldeide formica, disinfettante utilizzato in soluzione acquosa al 5% per irrorare superfici attaccate da alghe verdi licheni e batteri.

COMPOSTI FENOLICI E DERIVATI

1) *Orto-fenil-fenolo (OPP)* ed i suoi sali sodici (OPPNa) sono attivi su un largo spettro di alghe, funghi e batteri; la loro tossicità potrà ritenersi tollerabile. L'orto-fenil-fenolo risulterà preferibile poiché presenterà una minore interazione con il supporto.
2) *Di-clorofene* prodotto ad amplissimo spettro, con tossicità molo bassa, non presenterà interazioni con il supporto anche se organico.
3) *Penta-clorofenolo* (PCP) ed i suoi sali sodici (PCPNa) utilizzati in soluzioni acquose all'1% presentano un largo spettro. La loro tossicità è al limite della tolleranza; la loro interazione con il supporto potrà determinare l'annerimento del legno ed il mutamento cromatico dei pigmenti basici.

COMPOSTI DELL'AMMONIO QUATERNARIO

Derivati dell'ammonio quaternario (come il Benzetonio cloruro) da utilizzare in soluzione dal 2-4% in acqua demineralizzata per la disinfestazione di alghe, muschi e licheni, anche se per questi ultimi la sua efficacia risulterà, talvolta, discutibile. La miscelabilità in acqua del prodotto permette un elevato potere di penetrazione e di assimilazione dei principi attivi da parte dei microrganismi eliminandoli e neutralizzando le spore. Il benzetonio cloruro è di fatto un disinfettante germicida con spettro d'azione che coinvolge batteri, lieviti, microflora ed alghe. La sua azione risulterà energica ma non protratta nel tempo, in quanto non sarà in grado di sopprimere le spore; l'eventuale presenza di nitrati ne ridurrà considerevolmente l'efficienza. Potrà essere utilizzato sia su pietra che su superfici lignee.

ERBICIDI

Il controllo dello sviluppo della vegetazione infestante superiore potrà essere assicurato solo utilizzando prodotti che interverranno sulla fotosintesi, tali composti potranno, talvolta, essere indicati anche per la soppressione di certi tipi di alghe. Per la rimozione di vegetazione inferiore e superiore su apparecchi murari, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, dovranno essere preferiti erbicidi non selettivi (ovvero che impediscano qualsiasi sviluppo vegetale) a base nitro-organica.

1) *Solfato di ammonio* prodotto da impiegare per il trattamento puntuale delle radici degli alberi così da trattenerne lo sviluppo.
2) *Fluometuron* da impiegare contro muschi e licheni in soluzioni acquose al 2%.
3) *Simazina* prodotto antigermitivo di preemergenza da utilizzare per impedire la crescita di vegetazione superiore, licheni e muschi presenta una azione preventiva per circa 1-2 anni. Da utilizzare preferibilmente in area archeologica.
4) *Picloram* erbicida non selettivo da impiegare per il controllo della vegetazione, dovrà, pertanto, essere impiegato con estrema cautela e solo dietro specifica indicazioni della D.L. e degli organi di tutela del bene oggetto di trattamento.
5) *Gliyfosato* diserbante sistematico da utilizzare per sopprimere licheni e piante superiori in soluzioni acquose al 2%. È l'unica molecola in grado di devitalizzare alla radice infestanti come gramigna e rovo. Dovrà essere applicato nel momento di massimo rigoglio vegetativo. Non presenterà, una volta terminato il trattamento, composti residui.

Tabella 14.1 Tabella riassuntiva dei biocidi e dei loro campi di applicazione

Biocidi	Alghe	Licheni	Funghi	Batteri	Piante
Perossido di idrogeno	+++	++	-	++	-
120 vol.					
Benzetonio cloruro	+++	++	-	++	-
Di-clorofene	+++	++	+	-	-

Penta-clorofenolo	+++	-	++	++	-
Formalina	+++	+++	++	+++	+
Fluometuron	+++	++	++	-	-
Simazina	-	++	+++	-	+++
Gliyfosato	-	+++	-	-	+++

I criteri d'accettazione dei biocidi dovranno essere quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 15 del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Art. 16 - Materiali impregnanti - Generalità

La procedura di impregnazione dei materiali costituenti le superfici esterne dei fabbricati sarà rivolta a tutelare le strutture architettoniche (ovvero archeologiche) da attacchi da agenti patogeni siano essi di natura fisica (che si otterrà mediante il consolidamento dei supporti al fine di accrescere o fornire quelle capacità meccaniche di resistenza al degrado che non hanno mai posseduto o che, col trascorrere del tempo, si sono indebolite) che chimica (che si effettuerà mediante idrofobizzazione dei supporti in modo da renderli adatti a limitare l'assorbimento delle acque meteoriche). I "prodotti" da utilizzarsi per l'impregnazione dei manufatti potranno essere utilizzati quali pre-consolidanti, consolidanti e protettivi. All'appaltatore sarà, vietato utilizzare prodotti impregnanti senza la preventiva autorizzazione della D.L. e degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto, nonché fare uso generalizzato delle suddette sostanze. Ogni prodotto potrà essere utilizzato previa esecuzione di idonee prove applicative eseguite in presenza della D.L. e dietro sua specifica indicazione.

La scelta dei suddetti prodotti dovrà riferirsi alla natura e alla consistenza delle superfici che potranno presentarsi: privi di rivestimento con pietra a vista compatta e tenace ovvero con pietra a vista tenera e porosa; privi di rivestimento in cotti a vista albasi e porosi, mezzanelli (dolci o forti) o ferrioli; esenti di rivestimento in calcestruzzo; rivestite con intonaci e coloriture realizzati durante i lavori di restauro o, infine, rivestite con intonaco e coloriture preesistenti al restauro.

Altri fattori che dovranno influenzare la scelta delle sostanze impregnanti dovranno essere quelli risultati a seguito della campagna diagnostica condotta, necessariamente, dall'appaltatore secondo quanto prescritto dalle raccomandazioni NorMaL e da quanto indicato dalla D.L. Ogni fornitura dovrà, in ogni caso, essere sempre accompagnata da una scheda tecnica esplicativa fornita dalla casa produttrice, quale utile riferimento per le analisi che si andranno ad eseguire. In specifico, le peculiarità richieste, in relazione al loro utilizzo, saranno le seguenti:

– atossicità;
– elevata capacità di penetrazione;
– resistenza ai raggi U.V.;
– buona inerzia chimica nei confronti dei più diffusi agenti inquinanti;
– assenza di sottoprodotti di reazione dannosi;
– comprovata inerzia cromatica (comunque da verificarsi in fase applicativa);
– traspirabilità al vapor d'acqua;
– assenza di impatto ambientale;
– sicurezza ecologica;
– soddisfacente compatibilità fisico-chimica con il materiale da impregnare;
– totale reversibilità dalla reazione di indurimento;
– facilità di applicazione;
– solubilizzazione dei leganti.

I prodotti di seguito elencati (forniti nei contenitori originali e sigillati), saranno valutati al momento della fornitura. La D.L. ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura ovvero richiedere un attestato di conformità. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova dovrà essere fatto riferimento alle norme UNI vigenti.

ART. 16.1 IMPREGNANTI PER IL CONSOLIDAMENTO

I prodotti impregnati da impiegarsi per il consolidamento e/o la protezione dei manufatti architettonici od archeologici, salvo eventuali prescrizioni o specifiche inerenti il loro utilizzo, dovranno possedere le seguenti caratteristiche comprovate da prove ed analisi da eseguirsi in situ o in laboratorio:

– elevata capacità di penetrazione nelle zone carenti di legante;

– resistenza chimica e fisica agli agenti inquinanti ed ambientali;

– -spiccata capacità di ripristinare i leganti tipici del materiale oggetto di intervento senza dar vita a sottoprodotti di reazione pericolosi (quali ad es. sali superficiali);

– capacità di fare traspirare il materiale così da conservare la diffusione del vapore;

– penetrazione in profondità così da evitare la formazione di pellicole in superficie;

– "pot-life" sufficientemente lungo tanto da consentire l'indurimento solo ad impregnazione completata;

– perfetta trasparenza priva di effetti traslucidi;

– spiccata capacità a mantenere inalterato il colore del manufatto.

I prodotti consolidanti più efficaci per materiali lapidei (naturali ed artificiali) apparterranno fondamentalmente alla classe dei composti organici, dei composti a base di silicio e dei composti inorganici la scelta sarà in ragione alle problematiche riscontrate.

COMPOSTI ORGANICI

A differenza dei consolidamenti inorganici, che basano il loro potere consolidante sull'introduzione nel materiale di molecole simili a quelle del substrato lapideo naturale o artificiale con il quale devono legarsi, i consolidamenti organici eserciteranno la loro azione mediante un elevato potere adesivo, capace di saldare tra loro i granuli decoesi del materiale lapideo.

Questi composti, in gran parte dotati anche di proprietà idrorepellente e quindi protettive, saranno per lo più polimeri sintetici noti come "resine" le quali opereranno introducendosi all'interno del sistema capillare dei materiali dove si deporranno successivamente all'evaporazione del solvente (soluzione) o del veicolo (emulsioni) che le racchiude, dando vita ad una rete polimerica che circonderà le particelle.

I suddetti composti potranno essere termo-plastici o termo-indurenti: i primi sono costituiti da singole unità polimeriche (sovente con struttura quasi lineare) non stabilmente legate una con l'altra ma connesse solo da deboli forze. Tali polimeri garantiranno una buona reazione ad urti e vibrazioni, non polimerizzando una volta penetrati nel materiale; manterranno, inoltre, una certa solubilità che ne garantirà la reversibilità, saranno, in genere adoperati per materiali lapidei, per le malte e per i legnami (nonché per la protezione degli stessi materiali e dei metalli); la loro applicazione avverrà distribuendo una loro soluzione (ovvero anche un'emulsione acquosa) magari associando altri componenti (tensioattivi, livellanti ecc.), la successiva evaporazione del solvente lascerà uno strato più o meno sottile di materiale consolidante. I polimeri termoplastici risulteranno spesso solubili in appropriati solventi (sovente funzionalizzanti come chetoni, idrocarburi clorurati, aromatici ecc.) e potranno essere, all'occorrenza plasmati attraverso un idoneo riscaldamento.

I prodotti termoindurenti (costituiti da catene singole che però sono in grado di legarsi fortemente tra loro dando vita ad una struttura reticolare che interessa tutta la zona di applicazione) avranno, al contrario, solubilità pressoché nulla, risulteranno irreversibili, piuttosto fragili e sensibili all'azione dei raggi U.V.; saranno, di norma, impiegati come adesivi strutturali. Al fine di migliorare il grado di reticolazione e di conseguenza le caratteristiche di aderenza può risultare utile operare una preliminare operazione di deumidificazione del supporto di applicazione.

RESINE ACRILICHE

Le resine acriliche sono composti termoplastici ottenuti dalla polimerizzazione di esteri etilici e metilici dell'acido acrilico e dell'acido meacrilico. Le caratteristiche dei singoli prodotti variano entro limiti abbastanza ampi in relazione al monomero (ovvero ai monomeri, se copolimeri) di partenza e la peso molecolare del polimero. La maggior parte delle resine acriliche liberano i solventi con una certa difficoltà e lentezza, pertanto un solvente ad evaporazione rapida come l'acetone (in rapporto 1:1), fornisce, generalmente, risultati migliori rispetto ad altri solventi tipo toluolo e xilolo (che inoltre presentano un grado di tossicità più elevato). Questa classe di resine presenterà una buona resistenza all'invecchiamento, alla luce, agli agenti chimici dell'inquinamento. Il loro potere adesivo è buono grazie alla polarità delle molecole, ma essendo polimeri termoplastici, non potranno essere utilizzati come adesivi strutturali; il limite risiede nella scarsa capacità di penetrazione, sarà, infatti, difficile raggiungere profondità superiori a 0,5-1 cm (con i solventi alifatici clorurati si possono ottenere risultati migliori per veicolare la resina più in profondità). Possiedono in genere buona idrorepellenza che tenderà, però a decadere nel tempo; se il contatto con l'acqua si protrarrà per tempi superiori alle 90 ore, inoltre, sempre in presenza di acqua, tenderanno a dilatarsi pertanto, risulteranno adatte per superfici interne o quantomeno per superfici non direttamente esposte agli agenti atmosferici.

Resine acriliche solide: tra le resine acriliche da utilizzare in soluzione, se non diversamente specificato da indicazioni di progetto, si può ricorrere ad una resina acrilica solida a base di Etil-metacrilato/metil-acrilato fornita in scaglie diluibile in vari solventi organici tra i quali i più usati sono diluente nitro, acetone, clorotene, sarà anche miscibile con etanolo con il quale formerà una soluzione lattiginosa e film completamente trasparente. Questa resina grazie all'eccellente flessibilità, trasparenza, resistenza agli acidi, agli alcali, agli oli minerali, vegetali e grezzi, alle emanazioni dei prodotti chimici ed al fuoco può essere impiegata per il consolidamento di manufatti in pietra, legno, ceramica e come fissativo ed aggregante superficiale di intonaci ed affreschi interni. In linea generale la preparazione della soluzione dovrà seguire i seguenti passaggi: unire per ogni litro di solvente scelto dalla D.L. a seconda del tipo di intervento, da 20 fino a 300 g di resina solida, in un contenitore resistente ai solventi. Il solvente dovrà essere messo per primo nel recipiente di diluizione e mentre verrà tenuto in agitazione, si inserirà gradualmente la resina fino a perfetta soluzione. Sarà consigliabile tenere in agitazione la miscela ed operare ad una temperatura di oltre 15°C così da evitare che i tempi di dissoluzione siano troppo lunghi. Dovranno, inoltre, essere evitate le soluzioni superiori al 30% perché troppo vischiose. Se richiesta dagli elaborati di progetto potranno essere aggiunti nella soluzione quali agenti opacizzanti: cera microcristallina (fino al 47% del solido totale) o silice micronizzata (fino al 18% del solido totale). Orientativamente le percentuali di resina utilizzate p/v potranno essere: 2-5% per il preconsolidamento di elementi lapidei; 10% per il consolidamento del legno e per la verniciatura fissativa a spray di dipinti; 20% per il fissaggio di frammenti di pietra, stucco decoeso, tessere di mosaico ecc. mediante fazzoletti di garza di cotone; 30% per il fissaggio di scaglie in pietra o laterizio.

I criteri di accettazione dovranno essere quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

RESINE EPOSSIDICHE

A questa categoria appartengono prodotti a base di resine epossidiche liquide che presenteranno le seguenti caratteristiche: bassa viscosità, elevato residuo secco, esenti da solventi con reattività regolare, polimerizzabile a temperatura ambiente (12-15 °C) ed in presenza di umidità. Questa classe di resine presenterà, inoltre, elevate caratteristiche di resistenza chimica (soprattutto agli alcali), meccanica e di adesione così da consentire il ripristino dell'omogeneità iniziale delle strutture lesionate. L'applicazione potrà avvenire a pennello, a tampone, con iniettori in ogni caso sotto stretto controllo dal momento che presenteranno un limitato pot-life. L'elevate caratteristiche meccaniche (in genere non compatibili con i materiali lapidei), la bassa permeabilità al vapore, il rapido invecchiamento con conseguente ingiallimento se esposte ai raggi U.V. non rende questo tipo di resine particolarmente adatto per superfici di materiali porosi quali pietra, legno, cotto, malta. Il loro impiego dovrà, pertanto, essere attentamente vagliato dall'appaltatore e sempre dietro specifica richiesta della D.L. orientativamente potranno essere messe in opera per il consolidamento/protezione di manufatti industriali, di superfici in cls e di costruzioni sottoposte ad un forte aggressione chimica.

I criteri di accettazione dovranno essere quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità) del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da foglio apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

RESINE FLUORURATE (PERFLUOROPOLIETERI ED ELASTOMERI FLUORURATI)

Prodotti a doppia funzionalità, adatti come protettivi idro ed oleorepellenti i perfluoropolieteri, come aggreganti superficiali-protettivi per materiali lapidei porosi gli elastomeri fluorurati. Sono prodotti che non polimerizzano dopo la loro messa in opera in quanto già pre-polimerizzati, pertanto il prodotto mantiene costanti nel tempo le proprie caratteristiche chimico-fisiche, assicurando un protezione costante contro l'invecchiamento oltre alla reversibilità del trattamento. Questi composti presenteranno sia discrete doti di aggreganti superficiali, utili per il preconsolidamento di materiali decoesi come marmi, pietre, laterizi ed intonaci (anche se non potranno essere considerati veri e propri consolidanti nonostante presentino il vantaggio di creare una struttura “non rigida” attorno ai granuli degradati della pietra eludendo, in questo modo, le tensioni dovute a sbalzi termici e ai differenti coefficienti di dilatazione termica dei materiali), sia, soprattutto, doti protettive idrofobizzanti: risulteranno permeabili al vapore d’acqua, completamente reversibili (anche quelli dotati di gruppi funzionali deboli di tipo ammidico) in acetone anidro o altro solvente impiegato per l'applicazione e stabili ai raggi U.V. Generalmente, saranno disciolte in solventi organici (ad es. acetone, acetato di butile ecc.) dal 2-3% fino al 7-10% in peso (la viscosità elevata consiglia tuttavia di utilizzare soluzioni a basse concentrazioni ad es., al 3% in 60% di acetone e 37% di acetato di butile) e potranno essere applicati a pennello o a spray in quantità variabili a seconda del tipo di materiale da trattare e della sua porosità.

I criteri di accettazione dovranno essere quelli enunciati nell’ultimo capoverso dell’art. 16 (“Materiali impregnanti – Generalità”) del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

RESINE ACRIL-SILICONICHE

Classe di prodotti a base di resine acriliche e siliconiche che, combinando le caratteristiche di entrambe le sostanze, risultano in grado di assolvere sia la funzioni consolidante riaggregante (propria della resina acrilica), sia quella protettiva idrorepellente (propria di quelle siliconiche); inoltre, grazie alla bassa viscosità del composto, l’impregnazione, rispetto alle resine acriliche, avverrà più in profondità (fino a 4-5 cm). Disciolte in particolari solventi organici risulteranno particolarmente indicate per interventi di consolidamento su pietra calcarea, arenaria, per superfici intonacate di varia natura, su mattoni in laterizio, su marmi e manufatti in gesso, elementi in cemento, opere in cemento armato e legno dolce e duro purché ben stagionato ed asciutto. Questo specifico tipo di resina trova particolare utilizzo in presenza di un processo di degrado provocato dall’azione combinata da aggressivi chimici ed agenti atmosferici: la resina penetrando nel manufatto, lo consoliderà senza togliergli la sua naturale permeabilità al vapore acqueo e, formando un sottilissimo velo superficiale, lo proteggerà rendendolo idrorepellente e resistente all’azione degli agenti atmosferici ed ai raggi ultravioletti.

Le resine acril-siliconiche dovranno essere utilizzate con idonei solventi organici (di natura preponderalmente polari al fine di favorirne la diffusione) prescritti dal produttore o indicati dalla D.L. così da garantire una bassa viscosità della soluzione (25±5 mPas a 25 °C), il residuo secco garantito dovrà essere di almeno il 10%. L’essiccamento del solvente dovrà avvenire in maniera estremamente graduale in modo da consentire la diffusione del prodotto per capillarità anche dopo le 24 ore dalla sua applicazione.

Questa tipologia di resine non solo dovrà essere applicata su superfici perfettamente asciutte ma non potrà avere neanche in fase di applicazione (durante la polimerizzazione e/o essiccamento del solvente) contatti con acqua poiché questo fattore potrebbe comportare la formazione di prodotti secondari dannosi pertanto, dovrà essere cura dell’appaltatore proteggere tempestivamente dalla pioggia la superficie trattata prima, durante e dopo l’operazione di consolidamento. Al fine di evitare che il consolidante emetta il solvente troppo rapidamente e di conseguenza dia vita ad un film o una crosta sulla superficie del manufatto non sarà consentito operare con alte temperature (condizioni ottimali 15-25 °C) o con diretto irraggiamento solare.

La suddetta resina dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

– elevata penetrazione;
– elevata traspirabilità;
– resistenza agli agenti atmosferici;
– nessuna variazione ai raggi U.V.;
– impermeabile all’acqua;
– permeabile al vapore;
– essere in grado di aumentare la resistenza agli sbalzi termici (così da eliminare i fenomeni di decoesione);
– non ingiallirsi nel tempo.

I criteri di accettazione dovranno essere quelli enunciati nell’ultimo capoverso dell’art. 16 (“Materiali impregnanti – Generalità”) del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

RESINE POLIURETANICHE

Prodotti termoplastici o termoindurenti; in relazione ai monomeri utilizzati in partenza, presenteranno buone proprietà meccaniche, buona adesività ma bassa penetrabilità. Il prodotto dovrà possedere un'accentuata idrofilia in modo da garantire la penetrazione per capillarità, anche su strutture murarie umide inoltre, dovrà essere esente da ingiallimento (non dovranno pertanto contenere gruppi aromatici), presentare un basso peso molecolare, un'elevata resistenza agli agenti atmosferici e ai raggi U.V., un residuo secco intorno al 3%, un indurimento regolabile fino a 24 ore posteriore all'applicazione nonché una reversibilità entro le 36 ore dall'applicazione.

Sovente si potranno utilizzare in emulsione acquosa che indurirà rapidamente dopo l'evaporazione dell'acqua. Messe in opera per mezzo di iniezioni, una volta polimerizzate, le resine poliuretaniche dovranno trasformarsi in schiume rigide, utili alla stabilizzazione di terreni all'isolamento delle strutture dagli stessi, a sigillare giunti di opere in cls, e a risarcire fessurazioni nelle pavimentazioni e nelle strutture in elevazione sia di cemento armato sia in muratura. Queste resine, oltre che come consolidanti, potranno essere adoperate come protettivi e impermeabilizzanti: utilizzando l'acqua come reagente, si rileveranno confacenti per occlusioni verticali extramurari contro infiltrazioni. Questa classe di resine potrà essere considerata una buona alternativa alle resine epossidiche rispetto alle quali presentano una maggiore flessibilità ed una capacità di indurimento anche a 0 °C.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

COMPOSTI A BASE DI SILICIO

ESTERE ETILICO DELL'ACIDO SILICICO (SILICATI DI ETILE)

Sostanza monocomponente fluida, incolore, a bassa viscosità, dovrà essere applicata in diluizione in solventi organici in percentuali (in peso) comprese fra 60% e 80%. Al fine di stabilire la quantità di prodotto da utilizzare si renderanno necessari piccoli test da eseguirsi su superfici campioni. Questi test serviranno, inoltre, da spia per determinare l'eventuale alterazione dell'opacità della pietra e della sua tonalità durante e subito dopo il trattamento. Precipita per idrolisi, dando alcool etilico come sottoprodotto; è una sostanza bassomolecolare a base inorganica in solvente organico. Ha una bassissima viscosità, per cui penetra in profondità anche in materiali poco porosi, è applicabile a pennello, a spruzzo con irroratori a bassa pressione, a percolazione. Il materiale da trattare va completamente saturato sino a rifiuto; il trattamento potrà essere ripetuto dopo 2 o 3 settimane. Il supporto dovrà essere perfettamente asciutto, pulito e con una temperatura tra i 15 e i 20 °C.

Questo tipo di consolidante si rivelerà molto resistente agli agenti atmosferici e alle sostanze inquinanti, non verrà alterato dai raggi ultravioletti, e presenterà il vantaggio di possedere un elevato potere legante (dovuto alla formazione di silice amorfa idrata) soprattutto nei confronti di materiali lapidei naturali contenenti silice anche in tracce, quali arenarie, i tufi, le trachiti, ma anche su altri materiali artificiali quali i mattoni in laterizio, le terracotte, gli intonaci, gli stucchi, risultati positivi potranno essere ottenuti anche su materiali calcarei. Tale prodotto non risulta idoneo per il trattamento consolidante del gesso o di pietre gessose. Tra l'estere etilico dell'acido silicico e l'acqua che aderisce alle pareti dei capillari avviene una reazione che darà luogo alla formazione di gel di silice ossia un nuovo legante; come sottoprodotto si formerà alcol etilico che si volatilizzerà. La reazione chimica di consolidamento si completa entro circa 21-28 giorni dall'applicazione in condizioni normali (20 °C e 40-50% di umidità relativa).

Il consolidamento con silicato di etile dovrà rispondere ai seguenti requisiti fondamentali:

– prodotto monocomponente non tossico e di facile applicazione;

– -ottima penetrazione nel supporto lapideo da trattare, dovuta al suo basso peso molecolare e alla scelta della miscela solventi;

– -essiccamento completo senza formazione di sostenne secondarie appiccicose e di conseguenza nessuna adesione di depositi;

– formazione di sottoprodotti di reazione non dannosi al materiale trattato;

– formazione di un legante minerale, stabile ai raggi U.V., e affine al materiale lapideo;

– -impregnazione senza effetto filmogeno di conseguenza il materiale lapideo trattato dovrà rimanere permeabile al vapore;

– assenza di variazioni cromatiche dei materiali lapidei trattati;

– -il legante formatosi (SiO_2) si presenterà resistente agli acidi e pertanto resisterà alle piogge ed alle condense acide.

L'impregnazione con silicato di etile dovrà essere evitata (se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto) nel caso in cui: il materiale da trattare non risultasse assorbente, in presenza sia di elevate temperature (> 25 °C) che di basse temperature (< 10 °C), con U.R. non > 70% e, se si tratta di manufatto esposto a pioggia, nelle quattro settimane successive al trattamento per questo, in caso di intervento su superficie esterne, si renderà necessario la messa in opera di appropriate barriere protettive.

In caso di sovradosaggio sarà possibile asportare l'eccesso di materiale, prima dell'indurimento, con tamponi imbevuti di solventi organici minerali. Alcuni esteri silicici, miscelati con silossani, conferiscono una buona idrorepellenza al materiale trattato.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

COMPOSTI INORGANICI

Presentano, generalmente, una grande affinità con i materiali da trattare; risulteranno duraturi, ma irreversibili e poco elastici. La loro azione avverrà tramite l'infiltrazione, in forma liquida, nel materiale oggetto del trattamento dove, per evaporazione del veicolo, la componente minerale del composto, precipitando, darà vita ad una rete che si legherà alle particelle minerali circostanti. Le caratteristiche fisico-chimiche del legame saranno, quindi, simili (anche se non sempre uguali) a quelle del legante perduto o degradato.

A seguito all'uso dei consolidanti inorganici potranno insorgere i seguenti inconvenienti: scarsa penetrazione all'interno del materiale lapideo da trattare (potrà provocare il distacco della crosta superficiale alterata e consolidata), scarsa resistenza agli stress meccanici (imputabile alla loro rigidità e fragilità), scarsa efficienza se la pietra risulterà totalmente decoesa da presentare fratture con distanze fra i bordi superiori a 100 micron.

IDROSSIDO DI CALCE (CALCE SPENTA)

La calce applicata alle malte aeree (ovvero sugli intonaci) e alle pietre calcaree in forma di latte di calce penetra nei pori riducendone il volume; aderendo alle superfici dei minerali componenti, dovrebbe presentare la capacità di risaldarli tra loro. Il Carbonato di Calcio di neoformazione[10], non eserciterà, tuttavia, la stessa azione cementante avvenuto durante il lento processo di carbonatazione della calce pertanto, la similitudine tra processo naturale e la procedura di consolidamento si limiterà ad essere un'affinità chimica.

Questo tipo di trattamento potrà presentare l'inconveniente di lasciare depositi biancastri di carbonato di calce sulla superficie dei manufatti trattati, che, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto (ovvero se previsto un successivo trattamento protettivo con prodotti a base di calce ad es., scialbatura), dovranno essere rimossi. In linea di massima, il consolidamento a base d'Idrossido di Calcio potrà essere applicato su intonaci debolmente degradati, situati in luoghi chiusi o sottoposti a limitate sollecitazioni termiche e, in ogni modo, al riparo da acque ruscellanti e cicli di gelo/disgelo.

I criteri di accettazione dovranno essere quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

IDROSSIDO DI BARIO (BARITE)

L'idrossido di Bario potrà essere utilizzato su pietre calcaree chiare e per gli interventi indirizzati a porzioni di intonaco dipinte a buon fresco di dimensioni ridotte quando vi sia l'esigenza di neutralizzare prodotti gessosi di alterazione. I vantaggi di questo prodotto sono sostanzialmente relativi al legante minerale, che verrà introdotto nel materiale e nella desolfatazione che converte il CaSO4 (altamente solubile) in BaSO4 (insolubile)[11].

La porosità del materiale potrà essere ridotta solo parzialmente con il vantaggio nei riguardi dei meccanismi di alterazione legati all'assorbimento di acqua, ma non darà vita ad uno strato esterno impermeabile al vapore acqueo. Una controindicazione all'impiego di questo trattamento sarà rappresentata dal pericolo di sbiancamenti delle pietre o dei materiali scuri e nella formazione di patine biancastre superficiali, dovute alla precipitazione del Carbonato di Bario[12] causata dall'eventuale apporto diretto d'anidride carbonica. Questo "inconveniente" potrà essere facilmente evitato eliminando l'eccesso di Idrossido di Bario dalla superficie esterna dell'oggetto prima che precipiti il Carbonato di Bario. Sarà sconsigliato l'uso su materiali ricchi, oltre che di gesso, di altri sali solubili in modo da evitare possibili di combinazioni che potrebbero produrre azioni degradanti.

Il trattamento con Idrossido di Bario viene spesso effettuato attraverso l'applicazione di soluzioni al 5-6% di sale in acqua demineralizzata supportate in forma di impacco in polpa di cellulosa per tempi variabili da caso a caso (dalle dodici alle quarantotto ore a seconda della permeabilità del substrato). L'elevata alcalinità ne impedisce l'applicazione in corrispondenza di pigmenti a base di rame, di lacche, e di leganti organici, materiali altamente sensibili a variazioni di pH.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

[10] Sia la Calce idrata (Idrossido di Calcio, calce spenta) che il Bicarbonato di Calcio, in soluzione acquosa, precipitano dando Carbonato di Calcio; la Calce per reazione con l'anidride carbonica dell'aria: $Ca(OH)_2 + CO_2$ fi $CaCO_3 + H_2O$; il Bicarbonato di Calcio per decarbonatazione e disidratazione: $Ca(HCO_3)_2$ fi $CaCO_3 + CO_2 + H_2O$.

[11] $CaSO_4 + Ba(OH)_2$ fi $Ca(OH)_2 + BaSO_4$

[12] La reazione è: $Ba(OH)_2$ fi $CO_2 + BaCO_3 + H_2O$

ART. 16.2 IMPREGNANTI PER LA PROTEZIONE E L'IMPERMEABILIZZAZIONE

Tali prodotti andranno applicati, solo in caso di effettivo bisogno, su murature e manufatti eccessivamente porosi esposti agli agenti atmosferici, all'aggressione di umidità da condensa, di microrganismi animali e vegetali. Le operazioni andranno svolte su superfici perfettamente asciutte con una temperatura intorno ai 20 °C. Si potranno applicare a pennello, ad airless, per imbibizione completa e percolamento. Gli applicatori dovranno agire con la massima cautela, dotati di adeguata attrezzatura protettiva, nel rispetto delle norme antinfortunistiche e di prevenzione.

I prodotti utilizzabili per i trattamenti di protezione, di norma, dovranno possedere le seguenti caratteristiche comprovate da prove ed analisi da eseguirsi in laboratorio o direttamente in cantiere:

– basso peso molecolare ed un elevato potere di penetrazione;
– buona resistenza all'attacco fisico-chimico degli agenti atmosferici;
– buona resistenza chimica in ambiente alcalino;
– assenza di effetti collaterali e della formazione di sottoprodotti di reazione dannosi (produzione di sali);
– perfetta trasparenza ed inalterabilità dei colori;
– -traspirazione tale da non ridurre, nel materiale trattato, la preesistente permeabilità ai vapori oltre il valore limite del 10%;
– non tossicità.

I protettivi più efficaci per i materiali lapidei (naturali ed artificiali tipo intonaci e cotti) apparterranno fondamentalmente alla classe dei composti organici e dei composti a base di silicio, la scelta sarà in ragione alle problematiche riscontrate. Sarà sempre opportuno, ad applicazione, avvenuta, provvedere ad un controllo (cadenzato nel tempo) sulla riuscita dell'intervento onde verificarne l'effettiva efficacia.

COMPOSTI ORGANICI

RESINE FLUORURATE

Per le caratteristiche di questa resina si rimanda all'articolo precedente. I criteri di accettazione saranno, in ogni caso, quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

RESINE ACRIL-SILICONICHE

Per le caratteristiche di questa resina si rimanda all'articolo precedente. I criteri di accettazione saranno, in ogni caso, quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

RESINE POLIURETANICHE

Per le caratteristiche di questa resina si rimanda all'articolo precedente. I criteri di accettazione saranno, in ogni caso, quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

COMPOSTI A BASE DI SILICIO

SILANI

Più precisamente alchil-alcossi-silani monomeri che date le ridotte dimensioni delle molecole (uguali a quelle dell'acqua), presenteranno ottima penetrabilità e saranno capaci di idrofobizzare i capillari più piccoli e di opporre resistenza alla penetrazione dei cloruri e dei sali solubili. Presenteranno la capacità di trattare superfici umide grazie alla possibilità di solubilizzazione in solventi polari quali alcoli ed acqua; generalmente utilizzati su supporti alcalini e silicei, risultano perciò convenienti su oggetti in cotto, materiali lapidei, tufo, intonaci in malta bastarda, mattoni crudi ecc.; il loro uso sarà sconsigliato su marmi carbonatici e intonaci di calce aerea. Normalmente saranno utilizzati in soluzioni di solvente con concentrazione in secco variabile dal 20% al 40% in peso; in casi particolari si potranno utilizzare anche al 10%.

Il loro impiego sarà, in ogni modo, abbastanza limitato in quanto la notevole volatilità del composto ed un'eventuale pioggia battente a breve distanza di tempo dal trattamento (in pratica prima della polimerizzazione) potranno di-staccare gran parte del prodotto applicato, con il conseguente onere, necessario, di una maggior quantità di prodotto per avere gli effetti richiesti; inoltre, presenteranno l'inconveniente di generare un effetto perlante.

Questi prodotti potranno essere miscelati con silicato d'etile al fine di combinare le caratteristiche di entrambe le sostanze.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

SILLOSSANI (ALCHILSILOSSANI OLIGOMERI)

Più precisamente alchil-alcossi-silossani oligomerici ossia polimeri reattivi a basso peso molecolare. Potranno essere utilizzati sia in forma pura, cioè senza solvente, (in questo caso sarà consigliabile l'uso di monomeri piuttosto che quello di oligomeri o polimeri), sia in soluzione di solvente organico (generalmente con contenuto attivo del 5-10% in peso). Si rileverà efficace l'utilizzo su supporti compatti e scarsamente assorbenti; in funzione della loro particolare struttura chimica saranno in grado di infiltrarsi all'interno dei più fini capillari con un'elevata diffusione. Oltre all'ottima capacità di penetrazione i suddetti prodotti dovranno presentare le seguenti caratteristiche:

– elevata stabilità agli alcali ed ai raggi ultravioletti;

– -passaggio invariato del vapore acqueo delle superfici trattate consegnate all'assenza di formazione di pellicola superficiale e nessuna occlusione dei capillari o dei pori dei supporti trattati;

– essiccazione fuori polvere per sola emissione del solvente veicolante;

– assenza di sottoprodotti di reazione, dandosi ai manufatti trattati;

– possibilità di trattamento di superfici leggermente umide;

– assenza di variazioni cromatiche delle superfici trattate.

Il trattamento ai silossani modificherà lo stato di tensione superficiale del sottofondo in modo tale che le gocce di pioggia scorreranno sulla superficie verticale senza imbibirla; inoltre, il trattamento non creerà una pellicola continua sul supporto, lasciando in questo modo al sottofondo la possibilità di traspirare, senza modificare l'equilibrio. L'elevata riduzione d'assorbimento dei sali da parte dei manufatti impregnati con silossani renderà il trattamento particolarmente indicato nei casi di risalita capillare nelle murature. Due, essenzialmente, saranno i fattori determinanti in favore dei silossani rispetto a silani: ovvero la più celere reazione per formare la materia attiva e la non perdita di materiale causata dall'evaporazione.

Questi prodotti potranno essere miscelati con silicato di etile al fine di combinare le caratteristiche di entrambe le sostanze, orientativamente una miscela idrorepellente consolidante potrà essere composta da il 7% di silossani ed il 60% di silicato di etile.

Gli alchilsilossani oligomeri potranno essere utilizzati anche in micro emulsioni acquose i componenti di una microemulsione saranno:

– una fase acquosa che costituiranno il liquido disperdente;

– una fase oleosa composta sa silani, silossani e polisilossani;

– -un emulsificante formato da polisilossani con gruppi funzionali a base di acetato di ammonio, lo sviluppo di acido acetico da questo composto durante l'essiccazione serve da agente catalitico dei siliconi;

– un co-emulsionante costituito da silani e silossani a basso peso molecolare

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

COMPOSTI A BASE NATURALE

OLIO DI LINO E CERE

L'olio di lino è un prodotto essiccativo costituito per l'85-90% da gliceridi degli acidi grassi non saturi. Gli olii essiccativi si useranno, se non diversamente specificato, dopo essere stati sottoposti a una particolare cottura allo scopo di esaltarne il potere essiccativo. L'olio di lino dopo la cottura (a 150-300 °C) dovrà presentarsi ben depurato, con un colore giallo-bruno rossastro perfettamente limpido, di odore forte ed amarissimo al gusto, scevro da adulterazioni con olio minerale, olio di pesce ecc. Non dovrà lasciare alcun deposito né essere rancido, e disteso sopra una lastra di vetro o di metallo dovrà essiccare completamente nell'intervallo di 24 ore. L'acidità massima ammessa dovrà essere in misura del 7%, impurità non superiore al 1% ed alla temperatura di 15 °C presenterà una densità compresa fra 0,91 e 0,93. Troverà utilizzo prevalentemente per l'impregnazione del legno, di pavimenti e materiali in cotto.

Le cere potranno essere divise in tre categorie secondo la loro derivazione:

– -*cere animali* derivanti da secrezioni animali o contenute in alcune parti di essi come nei cetacei, la più utilizzata è la cera d'api simile alle sostanze grasse, pur essendo di costituzione chimica diversa, non contiene glicerina e, a differenza dei grassi, saponifica difficilmente. È di colore giallo intenso, più o meno scura, rammollisce a circa 35 °C, fonde a ca. 62 °C e solidifica a 61 °C, pH 20,7; infiammabile brucia senza lasciare residuo; insolubile in alcool freddo solubile a calco in essenza di trementina negli oli grassi, benzene, cloroformio ecc., insolubile in acqua ma permeabile al vapore. Questi tipi di cera solubilizzeranno anche a distanza di tempo pertanto si rilevano reversibili;

– -*cere vegetali* contenute all'interno o in superficie di fibre vegetali, più dure delle cere animali e presentano un'alta brillantezza (cera di cotone, di lino, di tabacco ecc.): cera carnuba (detta anche cera brasiliana), è un prodotto molto pregiato di colore giallo verdastro pallido o grigio giallognolo prodotto ricavato dall'essudazione delle foglie della palma del Brasile (copernicia cerifera o corypha cerifera), si presenta in pezzi duri ma fragili a seconda dell'untuosità al tatto si classifica grassa o magra. Solubile a caldo nei comuni solventi organici tipo alcool etilico, benzene, trementina, ragia minerale ecc.; punto di fusione 82-85 °C. di norma difficilmente solubile a freddo, resistente e brillante sovente utilizzata per aumentare il punto di fusione delle altre cere o per dare più lucentezza e durezza ovvero per diminuire l'effetto appiccicoso;

– -*cere minerali* possono essere di origine fossile (cera montana, ozocerite) o frutto di sintesi del petrolio (paraffine): *cera microcristallina* miscela d'idrocarburi alifatici saturi a peso molecolare medio alto, punto di fusione da 90 °C a 95 °C, punto di goccia 106-110 °C, si presenta come piccole scaglie bianche o leggermente giallognole con una particolare struttura microcristallina. Particolarità positive risiedono nell'elevato potere adesivo a freddo, l'inerzia chimica, ottima reversibilità ed idrorepellenza. Poco solubili a freddo nei solventi polari solubili a caldo e a freddo nei solventi clorurati e nell'essenza di trementina.

Le cere potranno essere impiegate in forma di soluzione o dispersione. Tutte le cere troveranno, in ogni caso, impiego ristretto nel trattamento dei materiali lapidei e porosi a causa dell'ingiallimento e dell'opacizzazione delle superfici trattate; inoltre, in presenza di umidità e carbonato di calcio, potranno dare luogo alla formazione di saponi che scoloriranno l'oggetto trattato. Se non diversamente specificato non andranno utilizzati su manufatti in esterno, esposti agli agenti atmosferici in quanto poco resistenti e possibili terreni di coltura per batteri ed altri parassiti. Le cere potranno trovare utilizzo nei trattamenti protettivi per strutture in legno e manufatti in cotto.

Oli e cere dovranno essere, se non diversamente specificato, applicati a pennello.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

ART. 16.3 IMPREGNANTI PER INTERVENTI DI DEUMIDIFICAZIONE

La tipologia dei formulati impregnanti per questo tipo di trattamenti sarà varia (silossano oligomero in solvente alifatico dearomatizzato, microemulsione silosillanica in solventi eteropolari idrolizzati, silano in acqua demineralizzata ecc.), le caratteristiche che accrediteranno una buona miscela idrofobizzante dovranno essere:

– -bassa tensione superficiale, bassa viscosità, basso peso specifico e buon potere bagnante al fine di conferire la massima facilità di penetrazione del liquido nella muratura;

– -bassa velocità di polimerizzazione e capacità di polimerizzazione anche in presenza di acqua per consentire un rapido funzionamento della barriera ed evitare che, nel tempo successivo all'operazione, agenti estranei ne disperdano l'efficacia;

– valore di pH nullo, assenza di componenti tossici, nessuna efflorescenza in asciugatura.

In ogni caso i formulati dovranno rispettare i requisiti richiesti dalla Raccomandazione NorMaL 20/85.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Art. 17 - Materiali vari

ART. 17.1 MATERIALI VARI PER CONSOLIDAMENTO

ALCOOL POLIVINILICO

Sostanza ad alto peso molecolare, solubile in acqua, alla quale si impartisce forte viscosità e proprietà emulsionanti. Si rileva poco solubile in solventi organici viene sovente utilizzato in miscele di acqua e alcool etilico denaturato (in soluzioni dal 3 al 10%) nelle operazioni di preconsolidamento per fissaggi di scaglie e/o frammenti oppure per fissaggi mediante velinature con garza di cotone o carta giapponese.

ACETATO DI POLIVINILE

Resina sintetica termoplastica, preparata per polimerizzazione dell'acetato di vinile, a sua volta ottenuto da acetilene e acido acetico. Utilizzata in soluzione dal 3 al 10% in alcool etilico o isopropilico oppure in miscele a base di acido etilico denaturato e acqua come fissativo di pellicole pittoriche o per eseguire "ponti di cucitura" di frammenti scaglie decoese. Punto di rammollimento 155-180 °C, viscosità a 20 °C della soluzione 20% in estere etilico dell'acido acetico 180-240 mPas.

POLYFILLA

Stucco riempitivo per esterni o interni da impastare con acqua (2-2 1/2 parti in polvere con 1 parte di acqua), privo d amianto e resistente all'acqua, applicabile con temperature variabili da 5 a 30 °C. Può essere impiegato per stuccare lesioni, fessure, cavillature, per pareggiare superfici o per ripristini di modeste dimensioni. La polyfilla presenta un'elevata durezza dopo l'essiccazione (minimo 6 ore) conservando la forma datagli. Questo stucco può essere colato, colorato, modellato e, dopo l'essiccamento, intagliato, levigato e lucidato.

ART. 17.2 MATERIALI VARI PREMISCELATI

MALTA PREMISCELATA PER INIEZIONI DI CONSOLIDAMENTO E RIADESIONE DI INTONACI

La malta da iniezione dovrà essere composta da calci naturali e leganti idraulici speciali, chimicamente stabili ed a bassissimo contenuto di sali solubili, inerti silicei, ardesia, pozzolana superventilata e da una speciale combinazione di additivi fluidificanti, ritentivi ed aeranti. La speciale formulazione, prodotta in dispersione planetaria 1/10.000 per un tempo inferiore a 20 minuti, dovrà formare un premiscelato omogeneo di colore grigio chiaro. Il prodotto, dovrà, inoltre, presentare un'ottima penetrabilità nelle murature senza preliminare bagnatura dei supporti, facile pulitura delle fuoriuscite, compatibilità chimico/meccanica con calce e pozzolana, bassa resistenza meccanica, assenza di efflorescenze anche in ambienti molto umidi. La malta dovrà essere impastata energicamente (per circa 3 minuti) con acqua demineralizzata (sarà consigliabile filtrare la boiacca ottenuta al fine di eliminare eventuali piccoli grumi formatisi in fase di impasto). Il prodotto non dovrà essere addizionato nella preparazione e posa con nessun altro componente oltre all'acqua di impasto e non dovrà essere assolutamente aggiunta acqua una volta che avrà iniziato la presa. Sarà consigliabile utilizzare siringhe con aghi di tipo veterinario (diametro di uscita superiore ai 2 mm).

Il premiscelato, per la particolarità dell'applicazione, deve essere sperimentato da almeno 10 anni in ricerche promosse dal Ministero BB.AA.CC. Del prodotto utilizzato dovranno essere dichiarate le principali caratteristiche chimico-fisiche, i luoghi e la data dell'avvenuta sperimentazione. Il produttore dovrà, inoltre, fornire gli elaborati relativi all'attività di ricerca svolta, ratificati dall'Ente pubblico preposto al controllo della stessa.

Le caratteristiche chimico-fisiche medie dovranno essere: peso specifico 1,02 kg/dm³, lavorabilità 1 h, essudamento assente, aderenza 0,8 N/mm², inizio presa a +20 °C 24 h, fine presa a +20 °C 48 h, resistenza a compressione a 28 gg 6 N/mm², resistenza a flessione a 28 gg 2 N/mm², modulo elastico 5000 N/mm², ritiro 0,7-1,8 mm, ritenzione acqua > 80%, permeabilità al vapore 6 m; ritiro 0,7-1,8 mm.

MALTA PREMISCELATA PER RIADESIONE E RIEMPIMENTO DI VUOTI A BASSO PESO SPECIFICO

La malta da iniezione dovrà presentare basso peso specifico (0,4 kg/dm³) e basse resistenze meccaniche così da risultare idonea per eseguire riempimenti di grosse cavità presenti fra strati di intonaco (3-4 cm), sigillatura di lesioni superficiali, reincollaggio di parti di intonaco degradate e friabili, riadesione di elementi privi di funzioni statiche e non appesantibili. L'impasto dovrà essere composto da calci naturali e leganti idraulici speciali (C30), chimicamente stabili ed a bassissimo contenuto di sali solubili, pozzolana, perlite ventilata ed una particolare combinazione di additivi fluidificanti, ritentivi ed aeranti. La speciale formulazione, prodotta in dispersione planetaria 1/10.000 per un tempo inferiore a 20', dovrà formare un premiscelato omogeneo di colore bianco. La malta può essere additivata con microfibre al fine di migliorarne le caratteristiche meccaniche in impieghi particolari; in ogni caso dovrà essere impastata energicamente (con trapano elettrico a bassa velocità per circa 6-8 minuti) con acqua demineralizzata (sarà consigliabile filtrare la boiacca ottenuta al fine di eliminare eventuali piccoli grumi formatisi in fase di impasto). Se non diversamente specificato, questi prodotti dovranno essere iniettati entro 30 minuti dalla preparazione. Il prodotto non dovrà essere addizionato nella preparazione e posa con nessun altro componente oltre all'acqua di impasto e non dovrà essere assolutamente aggiunta acqua una volta che avrà iniziato la presa. Sarà consigliabile utilizzare siringhe di tipo veterinario prive di ago (diametro di uscita superiore ai 6 mm).

Il premiscelato, per la particolarità dell'applicazione, deve essere sperimentato da almeno 10 anni in ricerche promosse dal Ministero BB.AA.CC. Del prodotto utilizzato dovranno essere dichiarate le principali caratteristiche chimico-fisiche, i luoghi e la data dell'avvenuta sperimentazione. Il produttore dovrà, inoltre, fornire gli elaborati relativi all'attività di ricerca svolta, ratificati dall'Ente pubblico preposto al controllo della stessa.

Le caratteristiche chimico-fisiche medie dovranno essere: peso specifico 0,4 kg/dm³, lavorabilità 4 h, essudamento assente, aderenza 0,9 N/mm², inizio presa a +20 °C 20 h, fine presa a +20 °C 44 h, resistenza a compressione a 28 gg 31 N/mm², resistenza a flessione a 28 gg 8 N/mm², modulo elastico 5200 N/mm², ritiro 0,4-1,2 mm, ritenzione acqua > 85%, permeabilità al vapore 3 m; ritiro 0,4-1,2 mm.

MALTA PREMISCELATA PER INIEZIONE DI CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE

La malta per iniezioni dovrà essere a base di calce idraulica naturale, priva di sali solubili, rafforzata con metacaolino purissimo ad alta reattività pozzolanica (od in alternativa con polvere di coccio pesto) caricata con carbonato di calcio scelto e micronizzato, (o perlite superventilata se si ricerca una malta a basso peso specifico) a cui andranno aggiunti additivi quali ritenitori d'acqua di origine naturale e superfluidificanti al fine di poter iniettare la miscela a bassa pressione. Se non diversamente specificato l'acqua da utilizzare nell'impasto dovrà, essere demineralizzata. Il prodotto non dovrà essere addizionato nella preparazione e posa con nessun altro componente oltre all'acqua di impasto, possibilmente demineralizzata, e non dovrà essere assolutamente aggiunta acqua una volta che avrà iniziato la presa.

Le caratteristiche chimico-fisiche medie dovranno essere: peso specifico 1,4 kg/dm³, lavorabilità 2 h, bleending trascurabile, aderenza 1,4 N/mm², inizio presa a +20 °C 18 h, fine presa a +20 °C 72 h, resistenza a compressione a 28 gg 13 N/mm², resistenza a flessione a 28 gg 3,5 N/mm², modulo elastico 11000 N/mm², temperatura massima durante l'indurimento < 30 °C, ritiro 0,7-1,2 µm, ritenzione acqua > 70%, permeabilità al vapore 9 µ.

MALTA PREMISCELATA PER BETONCINO DI COLLABORAZIONE STATICA

La malta dovrà presentare un modulo elastico basso così da limitare eventuali inconvenienti legati all'instabilizzazione per carico di punta; a tal fine si potranno utilizzare malte a base di calce idraulica naturale caricata con inerti a comportamento pozzolanico (ad es., pozzolana, metacaolino, coccio pesto ecc.), sabbie silicee (granulometria 0,1-2 mm) con l'eventuale aggiunta di additivi aeranti naturali, fibre minerali inorganiche atossiche (così da ridurre le tensioni generate dall'evaporazione dell'acqua e limitare le fessurazioni da ritiro plastico) ed espansivi minerali (così da controllare il ritiro igronometrico).

Le malte, a ritiro compensato, da utilizzare per i betoncini dovranno, in ogni caso, presentare le seguenti caratteristiche: granulometria inerti 0,1-2,0 mm, inizio presa 5 h, fine presa 15 h, resistenza a compressione a 28 giorni > 18 N/mm²; modulo elastico a 28 giorni <15000 N/mm²; espansione contrastata a 7 giorni > 300 µm/m; coefficiente di permeabilità al vapore < 150 µ.

L'utilizzo di premiscelati a base di calce idraulica naturale o idraulica pozzolanica (calce aerea miscelata a cariche con reattività pozzolaniche), rispetto all'uso del cemento presenterà il vantaggio di ottenere un impasto più plastico e maggiormente lavorabile, inoltre l'uso della calce idraulica garantirà capacità di traspirazione delle pareti.

MALTA PREMISCELATA A BASE DI CALCE IDRAULICA NATURALE DA RINZAFFO

Il rinzaffo, che dovrà essere applicato a copertura totale del supporto, sarà costituito da una malta a grana grossa, costituita esclusivamente da materie prime naturali quali legante di pura calce idraulica naturale NHL 3.5, calce idraulica HL 5, pozzolana naturale micronizzata, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0-2,5 mm. Le caratteristiche richieste, ottenute esclusivamente con l'impiego di materie prime di origine rigorosamente naturale, dovranno garantire una totale resistenza ai sali (Tabella 1- ASTM C 1012-95a ? 0,034%). La malta da rinzaffo dovrà soddisfare i requisiti della norma EN 998/1 - GP/CS III / W1, adesione 0,7 N/mm², reazione al fuoco classe A1. Il rinzaffo avrà uno spessore medio di 10 mm ed una finitura a rustico in unico strato strollato. L'applicazione, eseguita a mano dovrà avere una resa media circa 15 kg/m² per centimetro di spessore.

Le caratteristiche finali dell'impasto dovranno essere: coefficiente di resistenza alla diffusione del vapore d'acqua (m) ? 20 EN 1015-19; assorbimento d'acqua per capillarità Categoria W1 EN 998-1; profondità d'infiltrazione dell'acqua 1 h ? 5 mm EN 1015-18; profondità d'infiltrazione dell'acqua 24 h ? 20 mm EN 1015-18; reazione al fuoco Classe A1 EN 13501-1; resistenza a compressione a 28 gg Categoria CS III EN 998-1; aderenza al supporto (laterizio) ? 0,7 N/mm² - FP: B EN 1015-12; resistenza ai solfati (Tabella 1 ? 0,034%) Superata ASTM C 1012-95a; conducibilità termica (l 10, dry) 0,83 W/mK (valore tabulato) EN 1745; durabilità (al gelo-disgelo) valutazione basata sulle disposizioni valide nel luogo di utilizzo previsto della malta EN 998-1; indice di radioattività I = 0,27 UNI 10797/1999.

MALTA PREMISCELATA A BASE DI CALCE IDRAULICA NATURALE DA ARRICCIO

L'arriccio, che dovrà essere steso al fine di realizzare uno strato "protettivo e deumidificante" ad altissima porosità, igroscopicità, traspirabilità e ridotto assorbimento capillare d'acqua, sarà costituito da una malta a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5, pozzolana naturale extrafine e inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0-2,5 mm. Le caratteristiche richieste, ottenute esclusivamente con l'impiego di materie prime di origine rigorosamente naturale, dovranno garantire un'altissima traspirabilità dell'intonaco (coefficiente di resistenza al vapore acqueo m ? 3), un'elevata porosità della malta indurita (? 40%), una naturale conducibilità termica (pari a 0,47 W/mK), una notevole aria occlusa in fase d'impasto (? 25%), una totale resistenza ai sali (WTA 2-2-91/0 Superata) e una ridotta profondità d'infiltrazione d'acqua (nelle 24 h ? 5 mm). L'impasto dovrà soddisfare i requisiti della norma EN 998/1 - R/CS II/W24 ? 0,3 kg/m², adesione 0,2 N/mm², reazione al fuoco classe A1. L'intonaco dovrà avere uno spessore minimo di 20 mm, costituito da due strati dello spessore medio di 10 mm, ed una finitura a rustico fine. L'applicazione, eseguita a mano, dovrà avere una resa media di circa 12 kg/m² per ogni centimetro di spessore.

Le caratteristiche finali dell'impasto dovranno essere: coefficiente di resistenza alla diffusione del vapore d'acqua (m) ? 3 EN 1015-19; assorbimento idrico capillare W24 ? 0,3 kg/m² EN 1015-18; profondità d'infiltrazione dell'acqua 24 h ? 5 mm EN 1015- 18; porosità ? 40% WTA 2-2-91/D; reazione al fuoco Classe A1 EN 13501-1; resistenza a compressione a 28 gg Categoria CS II EN 998-1; aderenza al supporto (laterizio) ? 0,2 N/mm² - FP: B EN 1015-12; rapporto resistenza compressione/flessione ? 3 WTA 2-2-91/D; resistenza ai sali Superata WTA 2-2-91/D; conducibilità termica (l 10, dry) 0,47 W/mK (valore tabulato) EN 1745; durabilità (al gelo-disgelo) valutazione basata sulle disposizioni valide nel luogo di utilizzo previsto della malta EN 998-1; indice di radioattività I = 0,30 UNI 10797/1999.

Art. 18 - Materiali compositi FRP

I prodotti denominati FRP (acronimo di *Fiber Reinforced Polymers*) sono "sistemi compositi" fibrosi a matrice polimerica. Il materiale base sarà il rinforzo fibroso costituito da lunghe fibre aventi un diametro di circa 8mm, accostate le une alle altre ed impregnate in situ con una matrice a base di resine (epossidiche o poliestere bicomponenti a bassa viscosità) che polimerizzeranno a temperatura ambiente o industrialmente mediante il processo di pultrusione. La matrice polimerica avrà il compito di trasferire le sollecitazioni alle fibre di rinforzo, di proteggere la fibra da attacchi di tipo chimico o meccanico o da variazioni di temperatura, ed infine, di dare forma al composito.

Le fibre, commercialmente prodotte, per la realizzazione dei FRP potranno essere di quattro tipi:

– -*fibre di carbonio* presentano elevata resistenza e rigidezza, modesta sensibilità alla fatica, eccellente resistenza all'umidità ed agli agenti chimici; per contro presentano un modesto valore di deformazione ultima, bassa resistenza agli urti e sono danneggiabili all'intaglio, in conseguenza di una limitata deformabilità in direzione trasversale. Le fibre di carbonio potranno essere classificate in: ad alta tenacità (HT con E < 250 GPa), alto modulo (HM con E< 440 GPa), ed altissimo modulo (UHM con E > 440 GPa);

– -*fibre in vetro* sono prodotte per estrusione, presenteranno un elevata resistenza a trazione che però sarà accompagnata da una limitata resistenza ai carichi ciclici e da una forte sensibilità agli ambienti alcalini. I tipi di vetro comunemente utilizzati saranno il tipo E, il tipo S e ad alta resistenza chimica di tipo AR;

– -*fibre aramidiche* sono di natura polimerica, oltre che per la buona resistenza e rigidezza sono caratterizzate da un'ottima resistenza agli agenti chimici: una forte deperibilità delle caratteristiche meccaniche può essere causata dai raggi U.V. Le fibre aramidiche potranno essere classificate in: alto modulo (HM), ed altissimo modulo (UHM);

– -*fibre polivinilalcol* (PVA) estremamente leggere e con una maggiore deformabilità rispetto alle fibre in vetro, presenteranno al contempo una maggiore capacità di sopportazione alle deformazione e una grande compatibilità con il cemento.

Tabella 16.1 Caratteristiche meccaniche delle fibre

	CARBONIO	VETRO	ARAMIDE	POLIVINILALCOL
Resistenza a trazione	2500-4800 MPa	1800-3500 MPa	2800-3500 MPa	1400- MPa
Modulo Elastico (E)	200-600 GPa	70-85 GPa	80-140 GPa	29-30 GPa
Allungamento a rottura	1-2 %	3-4 %	2-3 %	6%
Densità	1,7-1,9 g/cm$_3$	2,5 g/cm$_3$	1,4 g/cm$_3$	1,3 g/cm$_3$

Le tipologie dei compositi FRP utilizzate saranno rappresentate da: i tessuti, le lamine e le barre.

I *tessuti* (utilizzabili nel rinforzo esterno a flessione, a taglio e per il confinamento a compressione) potranno essere realizzati in fibre secche (carbonio, aramide, vetro) unidirezionali (fibre orientate secondo un'unica direzione), bi-direzionali (fibre orientate secondo direzioni 0° e 90°) o bi-assiale (fibre inclinate a±45°). Le larghezze delle strisce potranno variare da un minimo di 10 *cm* ad un massimo di 100 *cm* in tessuto di fibra con spessore a secco variabile a seconda della natura della fibra se non diversamente specificato (ad es., per fibre unidirezionali si potranno avere: carbonio circa 0,16 mm, vetro circa 0,23 mm, aramide circa 0,21 mm); anche il peso sarà variabile in rapporto al materiale ed alla tipologia della fibra (per es. fibre di carbonio unidirezionali peseranno circa 300-600 g/m², le fibre di carbonio bi-direzionali peseranno circa 230-360 g/m², mentre quelle bi-assiali circa 450-600 g/m²).

Le *lamine* (utilizzabili nel rinforzo esterno a flessione) rappresenteranno piattine pultruse in fibre secche (carbonio, aramide, vetro) di spessore superiore a quello del tessuto (rapporto circa 1:8 o superiore) e variabile (per le fibre di carbonio) da 1,4 a 50 mm così come la larghezza variabile da 50 a 150 mm.

Le *barre* (utilizzabili nel rinforzo interno a flessione come tiranti o come armature) potranno essere realizzate in fibra di carbonio, di vetro o di aramide con diametro circolare (f 5, 7, 10 mm) o rettangolare di varie sezioni (da 1,5 x 5 mm a 30 x 40 mm). Le suddette barre pultruse potranno presentare, se richiesto dagli elaborati di progetto, un'aderenza migliorata ottenuta mediante sabbiatura superficiale di quarzo sferoidale e spiralatura esterna. Questo tipo di prodotto dovrà, inoltre, presentare un'elevata durabilità nei confronti di tutti gli aggressivi chimici (quali ad es., idrossidi alcalini, cloruri e solfati).

A complemento di quanto specificato negli elaborati di progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, i materiali compositi FRP si intenderanno forniti con le seguenti caratteristiche:

Tipologie dei compositi FRP

– tessuto ..... ;
– lamina ..... ;
– barra ..... ;

Tipologia di filamento

– carbonio ..... ;
– vetro ..... ;
– aramide ..... ;
– polivinilalcol ..... ;
– ..... ;

Orientamento fibre

– unidirezionale ..... ;
– bi-direzionale ..... ;
– bi-assiale ..... ;

Spessore della fibra per il calcolo (mm) ..... ;

Larghezza nastro o lamina (mm) ..... ;

Peso fibra (g/m²) ..... ;

Densità fibra (kg/m³)..... ;

Modulo Elastico (GPa) ..... ;

Tensione di rottura a Trazione fibra (MPa) ..... ;

Allungamento a rottura (%) ..... ;

Caratteristiche matrice polimerica ..... ;

Caratteristiche dell'adesivo ..... ;

Nota per il compilatore: completare la scheda e/o eliminare le caratteristiche superflue. Indicare, per ogni tipologia di FRP, le caratteristiche, i valori accettazione ed i metodi di controllo facendo riferimento alle norme UNI e/o CNR esistenti ed in loro mancanza a quelle della letteratura tecnica (in primo luogo le norme internazionali ed estere).

I prodotti sopra elencati verranno considerati al momento della fornitura; la D.L. ai fini della loro accettazione potrà procedere a controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni indicate negli articoli specifici. In caso di contestazione si intende che le procedure di prelievo dei campioni, i metodi di prova e valutazione dei risultati saranno quelli indicati nelle norme UNI vigenti e in mancanza di queste ultime quelli indicati dalle norme estere o internazionali.

Art. 19 - Materiali per coperture – Generalità

Si definiscono prodotti per le coperture quelli utilizzati per realizzare lo strato di tenuta all'acqua nei sistemi di copertura e quelli usati per altri strati complementari.

Per la realizzazione delle coperture discontinue nel loro insieme si rinvia all'articolo sull'esecuzione delle coperture discontinue. I prodotti vengono di seguito considerati al momento della fornitura; la D.L. ai fini della loro accettazione potrà procedere a controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni indicate negli articoli specifici.
Nel caso di contestazione si intende che le procedure di prelievo dei campioni, i metodi di prova e valutazione dei risultati saranno quelli indicati nelle norme UNI vigenti e in mancanza di queste ultime quelli indicati dalle norme estere o internazionali.

ART. 19.1 TEGOLE E COPPI DI LATERIZIO

Le tegole e coppi di laterizio per coperture ed i loro pezzi speciali si intenderanno denominate secondo le dizioni commerciali usuali (marsigliese, coppo, embrice ecc.). I prodotti di cui sopra dovranno rispondere alle prescrizioni del progetto, alle specifiche di cui alla norma UNI EN 1304 ("Tegole di laterizio per coperture discontinue – Definizioni e specifiche di prodotto") e in mancanza e/o a completamento alle prescrizioni di seguito riportate:

a) i difetti visibili potranno essere ammessi nei seguenti limiti:

– le fessure non dovranno essere visibili o rilevabili a percussione;

– -le protuberanze e scagliature non dovranno avere diametro medio (tra dimensione massima e minima) maggiore di 15 *mm* e non dovrà esserci più di 1 protuberanza; è ammessa 1 protuberanza di diametro medio tra 7 e 15 *mm* ogni 2 dm^2 di superficie proiettata;

– sbavature tollerate purché non limitino il corretto assemblaggio;

– l'esame dell'aspetto e della confezione dovrà avvenire secondo le modalità di cui alla norma UNI 8635-1;

b) sulle dimensioni nominali e forma geometrica saranno ammesse le seguenti tolleranze:

– lunghezza (misurata secondo le prescrizioni della norma UNI 8635-2): ± 3%;

– larghezza (misurata secondo le prescrizioni della norma UNI 8635-3):± 3% per tegole e ± 8% per coppi;

c) lo spessore dovrà essere determinato secondo le modalità di cui alla norma UNI 8635-5;

d) la planarità, l'ortometria e la rettilineità dei bordi ed il profilo dovranno essere determinati secondo le modalità di cui alla norma UNI 8635, rispettivamente ai punti 5, 6 e 7;

e) sulla massa convenzionale (misurata secondo le prescrizioni della norma UNI 8635-8) sarà ammessa una tolleranza del 15%;

f) l'impermeabilità (norme UNI 8635-10 e UNI EN 539-1) dovrà essere tale da non permettere la caduta di goccia d'acqua dall'intradosso;

g) la resistenza a flessione (forza F singola), misurata secondo le modalità di cui alla norma UNI EN 538, dovrà essere maggiore di 1000 N;

h) per il carico di rottura (norma UNI 8635-13) il valore singolo della forza F dovrà essere maggiore di 1000 N ed il valore medio maggiore di 1500 N.

I criteri di accettazione saranno quelli dell'articolo 19 ("Materiali per coperture – Generalità") del presente Capo; in caso di contestazione si procederà secondo quanto indicato nell'ultimo periodo del suddetto articolo.

I prodotti dovranno essere forniti su appositi *pallets*, legati e protetti da azioni meccaniche e chimiche nonché dalla sporcizia che potrebbe degradarli durante la fase di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa. Gli imballi, solitamente di materiale termoretraibile, dovranno contenere un apposito foglio informativo che segnali almeno il nome del fornitore e le indicazioni dei commi da a) ad h) nonché eventuali istruzioni complementari.

ART. 19.2 LASTRE DI PIETRA NATURALE

Le lastre in pietra naturale (ardesia, porfido, beole ecc.) dovranno rispondere alle caratteristiche di resistenza a flessione, resistenza all'urto, resistenza al gelo e disgelo, comportamento agli agenti inquinanti indicati per i prodotti in pietra naturale del presente capitolato (art. 9 "Pietre naturali e ricostruite"). La fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la corrispondenza alle caratteristiche richieste.

Se non diversamente specificato le lastre dovranno essere sagomate in forme il più possibile regolari, come spessori e formati, nei limiti concessi dalla natura della pietra e dalle tecniche di estrazione e taglio. La pendenza di messa in opera sarà superiore o uguale al 60%.

Per le lastre di ardesia o di altro materiale, comunque lavorabile a macchina, saranno richiesti formati regolari (quadrate, rettangolari, ad angolo acuto, ad arco ecc.), con dimensioni variabili a seconda della tipologia di copertura. Se non diversamente specificato le lastre di copertura in ardesia avranno le seguenti dimensioni:

– lastre con ganci dim. 57 x 40 x 0,8 *c*m o 57 x 30 x 0,8 cm;

– lastre alla francese dim. 40 x 40 x 1 cm;

– lastre alla genovese dim. 60 x 60 x 0,6 cm , 60 x 40 x 0,6 cm , 60 x 30 x 1 cm;

– lastre a squame di ardesia dim. 50 x 30 x 0,6 cm o 40 x 30 x 1 cm;

– ardesia rustica montana con diagonali dim. da 40 a100 cm, spessore 1,5-2 cm.

Per le lastre a spacco sarà consentita la tipica irregolarità fermo restando nei limiti delle tolleranze prescritte dal progetto ovvero dichiarate dal fornitore ed accettati dalla D.L.

ART. 19.3 SCANDOLE IN LEGNO

Le scandole in legno (preferibilmente di legno giovane con taglio radiale) dovranno rispondere alle caratteristiche di resistenza a flessione, a compressione, resistenza all'urto, comportamento agli agenti inquinanti indicati per i prodotti in legno del presente capitolato (art. 8 " Prodotti a base di legno"). In ogni caso dovranno essere utilizzati legnami di prima categoria; la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la corrispondenza alle caratteristiche richieste.

Secondo le prescrizioni di progetto le scandole potranno essere del tipo spaccato (migliore durata nel tempo, consentono alla copertura di asciugarsi meglio grazie alle fibre rimaste intatte e alla superficie più scabra) o segato (saranno a prova di polvere, neve o pioggia di riporto, di contro saranno più facilmente attaccabili dall'umidità), di dimensioni e forme variabili (generalmente di forma rettangolari o più raramente trapezoidale nel caso di coperture di falda ad andamento curvilineo) si divideranno in:

– -*scandole fini*: scandole spaccate in parallelo o segate cuneiformi nello spessore, verranno prodotte con lunghezza variabile tra i 120 e gli 800 mm, con larghezza variabile tra i 60 e i 350 mm e spessore alla base ? a 7 mm; di norma posate con un minimo di tre strati con pendenze comprese tra i 17 e i 22°;

– -*scandole spesse*: scandole di uguale spessore (? a 15 mm) prodotte con una lunghezza tra i 600 e i 900 mm e larghezza tra i 70 e i 300 mm.

Il peso ammesso per tutti i tipi di scandole di legno sarà 2,5 N/m². Per quanto concerne il colore inizialmente presenteranno il loro colore naturale mentre, con il passare del tempo, tenderanno al grigio più o meno scuro a causa dell'aggressione degli agenti atmosferici.

Se non diversamente specificato, le scandole dovranno essere posate in giunti di tre strati (nelle scanalature anche di quattro o cinque strati); sulle superfici del tetto dovranno essere utilizzate scandole di uguale lunghezza, nel caso di inclinazione della copertura inferiore ai 30° si utilizzeranno scandole più lunghe.

Il fissaggio degli elementi avverrà o mediante cavicchio in legno o mediante chiodatura: singola nel caso di scandole fini, doppia in tutte gli altri casi. La distanza del chiodo (maglio se a testa piatta con gambo scanalato di acciaio zincato o inossidabile) dal bordo non potrà superare i 50 mm o essere inferiore a 15 mm.

ART. 19.4. TEGOLE DI CEMENTO

Le tegole di cemento per coperture ed i loro pezzi speciali si intenderanno denominati secondo le dizioni commerciali usuali (portoghese, olandese, doppia romana, coppo di Francia ecc.) differenziandosi tra tegole "ad incastro" e "senza incastro". I prodotti di cui sopra dovranno rispondere alle prescrizioni del progetto e, in mancanza e/o completamento, alle prescrizioni di seguito riportate:

a) i difetti visibili saranno ammessi nei seguenti limiti:
   – le fessure non saranno ammesse;
   – le incavature non dovranno avere profondità maggiore di 4 mm (escluse le tegole con superficie granulata);
   – le protuberanze potranno essere ammesse in forma lieve per tegole colorate nell'impasto;
   – le scagliature saranno ammesse in forma leggera;
   – le sbavature e deviazioni saranno ammesse purché non impediscano il corretto assemblaggio del prodotto;
   – -in ogni caso l'esame dell'aspetto e della confezione dovrà avvenire secondo le modalità di cui alla norma UNI 8635-1;
b) sulle dimensioni nominali e forma geometrica saranno ammesse le seguenti tolleranze:
   – lunghezza (misurata secondo le prescrizioni della norma UNI 8635-2): ± 1,5%;
   – larghezza (misurata secondo le prescrizioni della norma UNI 8635-3):± 1%;
   – -ortometria (misurata secondo le prescrizioni della norma UNI 8635-6): scostamento orizzontale non maggiore dell'1,6% del lato maggiore;
   – altre dimensioni dichiarate ± 1,6%;
c) lo spessore sarà determinato secondo le modalità di cui alla norma UNI 8635-5;
d) -la planarità ed il profilo saranno determinati secondo le modalità di cui alla norma UNI 8635, rispettivamente ai punti 5 e 7;
e) -sulla massa convenzionale (misurata secondo le prescrizioni della norma UNI 8635-8) risulterà ammessa la tolleranza del ± 10%;
f) -l'impermeabilità (norma UNI 8635-10) non dovrà permettere la caduta di gocce d'acqua, dall'intradosso, dopo 24 h;
g) -dopo i cicli di gelività (norma UNI 8635-11) la resistenza a flessione F dovrà essere maggiore od uguale a 1800 N su campioni maturati 28 giorni;

h) -il carico di rottura a flessione del singolo elemento (norma UNI 8635-13) dovrà essere maggiore od uguale a 1000 N; la media dovrà essere maggiore od uguale a 1500 N.

I criteri di accettazione saranno quelli dell'art. 19 ("Materiali per coperture – Generalità") del presente Capo; in caso di contestazione si procederà secondo quanto indicato nell'ultimo periodo del suddetto articolo.

I prodotti dovranno essere forniti su appositi pallets legati e protetti da azioni meccaniche, chimiche e sporcizia che potrebbero degradarli durante le fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa.

ART. 19.5 LASTRE DI FIBROCEMENTO

Le lastre di fibrocemento ovvero materiale composto da fibre e cemento nelle seguenti percentuali in volume: 40% legante (cemento Portland), 11% materiale additivo (polvere calcarea ovvero farina di calce, microsilice amorfa), 2% fibre armate (sintetiche organiche, alcool polivinilico, poliacrilonitrile), 5% fibre di processo (cellulosa), 12% acqua, 30% aria (pori); potranno essere dei seguenti tipi:

– *lastre piane*;

– *-lastre ondulate* aventi sezione trasversale formata da ondulazioni approssimativamente sinusoidali in numero da 5 ad 8 creste per metro (più o meno) con spessore del materiale variabile da 6 mm a 6,5 mm (con tolleranza ± di 0,6 mm); indipendentemente dalla larghezza, la lunghezza massima di fornitura dovrà essere di 310 cm per la lastra 5 e 250 cm per la lastra 8. Le lastre potranno essere con sezioni traslate lungo un piano o, esclusivamente nel caso della lastra 5, lungo un arco di cerchio (con raggio da 3 a 15 m). Le lastre ondulate potranno presentare, inoltre, lungo l'asse longitudinale di ogni singola onda, una reggetta (dim. circa 9 mm di larghezza per 1 mm di spessore) in polipropilene ad aderenza migliorata;

– *lastre nervate*, aventi sezione trasversale grecata, microdogata o caratterizzata da tratti piani e tratti sagomati.

Tutte e tre le tipologie potranno essere trattate in superficie in due modi:

a) con verniciatura coprente, dopo la presa dovrà essere applicata una seconda mano con acrilico puro sciolto in acqua; il rivestimento verrà applicato sulle lastre preriscaldate così da ottenere un'ottima adesione del colore (grigio cemento, nero ardesia, rosso coppo, verde foglia d'olivo), che si baserà su pigmenti inorganici, resistenti ai raggi U.V., quali gli ossidi di ferro;

b) senza trattamento superficiale, il trattamento di produzione, ovverosia la pressatura, ridurrà le cellule aperte del lato a vista permettendo la messa in opera anche senza rivestimento.

I criteri di controllo dovranno essere quelli indicati dell'art. 19 ("Materiali per coperture – Generalità") del presente Capo, in particolare:

1. Le *lastre piane* dovranno rispondere alle caratteristiche indicate nel progetto e, in mancanza od a integrazione, alle seguenti:

a) larghezza 1200 mm, lunghezza scelta tra 1200, 2500 o 5000 mm con tolleranza ± 0,4% e massimo 5 mm;

b) - spessori ..... mm (scelto tra le sezioni normate) con tolleranza ± 0,5 mm fino a 5 mm e ± 10% fino a 25 mm*;*

c) rettilineità dei bordi: scostamento massimo 2 mm per metro, ortogonalità 3 mm per metro;

d) caratteristiche meccaniche (resistenza a flessione);

tipo 1: -13 N/mm² minimo con sollecitazione lungo le fibre; 15 N/mm² minimo con sollecitazione perpendicolare alle fibre;

tipo 2: -20 N/mm² minimo con sollecitazione lungo le fibre; 16 N/mm² minimo con sollecitazione perpendicolare alle fibre;

e) massa volumica apparente:

tipo 1: 1,3 g/cm³ minimo;

tipo 2: 1,7 g/cm³ minimo;

f) -tenuta d'acqua con formazione di macchie di umidità sulle facce inferiori dopo 24 h sotto battente d'acqua ma senza formazione di gocce d'acqua;

g) - resistenza alle temperature di 120 °C per 2 h con decadimento della resistenza a flessione non maggiore del 10%.

Le lastre rispondenti alla norma UNI-EN 492-2002 ("Lastre piane di fibrocemento e relativi accessori per coperture – Specifiche di prodotto e metodi di prova") saranno considerate rispondenti alle prescrizioni predette ed, alla stessa norma dovrà essere fatto riferimento per le modalità di prova.

2. *Le lastre ondulate* dovranno rispondere alle caratteristiche indicate nel progetto ed, in mancanza o ad integrazione, a quanto di seguito riportato:

a) facce destinate all'esposizione alle intemperie, lisce, bordi diritti e taglio netto e ben squadrate ed entro i limiti di tolleranza;

b) caratteristiche dimensionali e tolleranze di forma secondo quanto dichiarato dal fabbricante ed accettato dalla direzione dei lavori; in mancanza vale la norma UNI 10636 (“Lastre ondulate di fibrocemento per coperture – Istruzioni per l’installazione”);

c) tenuta all’acqua con formazione di macchie di umidità sulle facce inferiori dopo 24 h sotto battente d’acqua ma senza formazione di gocce d’acqua;

d) resistenza a flessione, secondo i valori dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla direzione dei lavori (in mancanza vale la norma UNI 10636);

e) resistenza al gelo, dopo 25 cicli in acqua a temperatura di +20 °C seguito da permanenza in frigo a -20 °C: non dovranno presentare fessurazioni, cavillature o degradazione;

f) la massa volumica non dovrà essere minore di 1,4 kg/dm³.

Le lastre rispondenti alla norma UNI 10636 saranno considerate rispondenti alle prescrizioni predette ed, alla stessa norma si fa riferimento per le modalità di prova.

Gli accessori dovranno rispondere alle prescrizioni sopraddette per quanto attiene l’aspetto, le caratteristiche dimensionali e di forma, la tenuta all’acqua e alla resistenza al gelo.

Le *lastre nervate* dovranno rispondere alle caratteristiche indicate nel progetto ed, in mancanza o ad integrazione, a quelle indicate per le lastre ondulate.

Le lastre rispondenti alla norma UNI-EN 494-2002 (“Lastre nervate di fibrocemento e relativi accessori per coperture – Specifiche di prodotto e metodi di prova”) saranno considerate rispondenti alle prescrizioni predette, ed alla stessa norma dovrà essere fatto riferimento per le modalità di prova.

ART. 19.6 LASTRE DI MATERIA PLASTICA RINFORZATA

Le lastre di materia plastica rinforzata o non rinforzata si intenderanno definite e classificate secondo le norme UNI vigenti. I prodotti di cui sopra dovranno rispondere alle prescrizioni del progetto ed in mancanza e/o completamento alle seguenti prescrizioni:

a) le lastre ondulate traslucide di materia plastica rinforzata con fibre di vetro dovranno essere conformi alla norma UNI 6774 e 6775;

b) le lastre di polistirene espanso sinterizzato a celle chiuse dovranno essere conformi alla norma UNI EN ISO 14631;

c) le lastre di polimetilmetacrilato (PMMA) ovvero in vetro acrilico dovranno essere conformi alla norma UNI EN ISO 7823-1 e potranno essere fornite in quattro tipi:

   – -lastre piane, compatte, trasparenti, bianche o colorate (giallo, marrone e arancio, rosso, blu, verde, grigio, nero) negli spessori da 1,5 mm a 25 mm;

   – lastre piatte strutturate, incolori o colorate negli spessori da 3 a 8 mm;

   – lastre ondulate, incolori o colorate;

   – lastre alveolari a doppia o tripla parete;

d) le lastre di policarbonato (PC) dovranno essere conformi alle norme UNI vigenti ed in mancanza di queste ultime alle norme estere o internazionali; potranno essere fornite in quattro tipi:

   – -lastre piane, compatte trasparenti, bianche opaline o colorate (blu, verde, grigio, bronzo) negli spessori da 2 mm a 12 mm, con superficie liscia e brillante o strutturata dotata o non di trattamento superficiale (processo di coestrusione), da uno o entrambi i lati, di resistenza agli agenti atmosferici; resistenza al fuoco classe 1;

   – -lastre piane alveolari a doppia, tripla o quadrupla parete, incolore, opaline, bianche o color bronzo, negli spessori 4, 6, 8, 10 mm per le doppie pareti (monocamera), 8, 10, 16 mm per le triple pareti (bicamere), 16 mm e 25 mm per le tricamere; peso variabile da 0,8 a 3,7 kg/m² con coefficiente di trasmissione variabile da 4,1 a 1,7 Kcal/m²h°C. Le lastre potranno presentare un eventuale trattamento superficiale (processo di coestrusione) da un lato, di resistenza agli agenti atmosferici ovvero trattamento antisgocciolamento. Le lastre a tripla parete (bicamere) potranno essere fornite anche nella versione curva con raggio minimo variabile da 200 cm a 350 cm e spessore variabile da 10 mm a 16 mm; resistenza al fuoco classe 1;

   – -lastre ondulate alveolari (a 6 o a 5 onde), incolori, bianche opaline o colorate (verde, bronzo) con spessore 3 mm (monocamera) o 6 mm (bicamera), con coefficiente di trasmittanza termica K variabile da 3,6 a 2,8 Kcal/m²h°C; con o senza trattamento superficiale (processo di coestrusione) da un lato, di resistenza agli agenti atmosferici; resistenza al fuoco classe 1;

   – -lastre grecate alveolari traslucide, bianche opaline o colorate (verde, bronzo) con spessore 4 mm (monocamera) o 10 mm (bicamera), con coefficiente di trasmittanza termica variabile da 3,6 a 2,5 Kcal/m²h°C; con o senza trattamento superficiale (processo di coestrusione) da un lato, di resistenza agli agenti atmosferici, resistenza al fuoco classe 1.

I criteri di accettazione dovranno essere quelli enunciati dell'art. 19 ("Materiali per coperture – Generalità") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

ART. 19.7 LASTRE A BASE DI FIBRE ORGANICHE

Le lastre a base di fibre organiche si intenderanno definite e classificate secondo le norme UNI vigenti e la norma europea EN 534, tipo A. Rientreranno in questa categoria le lastre ondulate ovvero grecate o microdogate monostrato a base di fibre organiche bitumate e resinate spessore minimo 3 mm (ovvero 2,6 mm per le lastre sottocoppo o sottotegola), con colorazione della superficie variabile (in genere nero ardesia, rosso coppo, verde foglia di olivo, bruno testa di moro) comunque ottenuta mediante pigmentazione in pasta e successiva verniciatura protettiva.

I prodotti di cui sopra dovranno rispondere alle prescrizioni del progetto ed in mancanza e/o completamento alle seguenti prescrizioni (secondo EN 534, tipo A):

a) resistenza alla flessione sotto carico;

- maggiore di 240 N/m² (per interasse da 620 mm);
- maggiore di 350 N/m² (per interasse da 450 mm);

b) resistenza allo strappo da chiodo maggiore di 20 N;

c) -resistenza al gelo, dopo 25 cicli in acqua a temperatura di +50 °C seguito da permanenza in frigo a -35 °C; non dovranno presentare alcun danno;

d) -resistenza ai raggi U.V., dopo 100 cicli di 4 ore di radiazioni e 4 di condensazione a 50°C; non dovranno presentare alcun danno;

e) resistenza chimica: non si dovrà deteriorare a contatto con acidi, basi o sali;

f) dovranno superare le prove di resistenza all'urto (grandine), all'assorbimento d'acqua e all'impermeabilità.

La fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

ART. 19.8 SCANDOLE BITUMINOSE

Le scandole bituminose per coperture ed i loro pezzi speciali si intenderanno denominate secondo le dizioni commerciali usuali (tegola a taglio dritto, a taglio a lamella ovvero ad arco curvo, a taglio a losanga, a taglio esagonale ecc.); dovranno comunque essere prodotti da intelaiature di bitume mediane impregnazione di una struttura portante (fibre di vetro ad alta grammatura - min. 125 g/m² -, lana di fibre artificiali, cartone di feltro grezzo, pasta di legno, tessuto non tessuto di poliestere ecc.) con bitume da distillazione, successivo rivestimento da ambo i lati con bitume da ossidazione o polimerico (polipropilene atattico) e, su di un lato, ulteriore rivestimento con scaglie di ardesia, basalto, sabbia di quarzo o granulato minerale così da resistere negli anni agli agenti atmosferici ed ai raggi U.V. Lo strato finale potrà essere lasciato del colore naturale o colorato mediante processo ceramico ad altissima temperatura con pigmenti inorganici, i colori disponibili saranno: rosso coppo, nero ardesia, verde foglia di olivo, grigio pietra, bruno testa di moro, blu prussia ecc. Dai telai finiti si tranceranno le scandole.

I prodotti di cui sopra dovranno rispondere alle prescrizioni del progetto, e alle specifiche di cui alla norma UNI EN 544.

ART. 19.9 LASTRE DI METALLO

Le lastre di metallo ed i loro pezzi speciali si intenderanno denominati secondo la usuale terminologia commerciale. Essi dovranno rispondere alle prescrizioni del progetto (dimensioni, tipologia, rivestimento superficiale ecc.) in mancanza e/o a completamento alle seguenti caratteristiche:

a) i prodotti completamente supportati dovranno rispondere alle caratteristiche di resistenza al punzonamento, resistenza al piegamento a 360°; resistenza alla corrosione; resistenza a trazione. Le caratteristiche predette saranno quelle riferite al prodotto in lamina prima della lavorazione;

b) i prodotti autoportanti (compresi i pannelli, le lastre grecate o microdogate ecc.) oltre a rispondere alle prescrizioni predette dovranno soddisfare la resistenza a flessione secondo i carichi di progetto e la distanza tra gli appoggi;

c) le lamiera dovranno essere esenti da difetti visibili (quali scagliature, bave, ulcere, crateri, cricche ecc.) e da difetti di forma (svergolamenti, imbarcamenti, falcature ecc.) che ne potrebbero pregiudicare l'impiego e/o la messa in opera.

Nella categoria delle lastre in metallo rientreranno:

– -le lastre (sia del tipo nervato sia piano) o le “scandole” di lamiera di alluminio di spessore non inferiore a 0,8 mm (ovvero 0,7 mm per le lastre integrate in pannelli coibenti); poste in opera naturali o con verniciatura.

– -le lamiere di acciaio zincato (con profilo grecato, ondulato, microdogato ecc.) di spessore non inferiore a 0,6 mm (ovvero 0,45 mm per quelle integrate in pannelli coibenti), poste in opera senza protezione ovvero con verniciatura (ad es., rivestimento anticorrosivo ed insonorizzante a base bituminosa con o senza finitura esterna in scaglie di ardesia naturale o colorata) o plastificatura;

– -le lastre (sia del tipo nervato sia piano) o le “scandole” in rame di spessore non inferiore a 0,8 mm (ovvero 0,6 mm per le lastre integrate in pannelli coibenti).

I criteri di accettazione dovranno essere quelli enunciati dell’art. 19 (“Materiali per coperture – Generalità”) del presente Capo; in caso di contestazione dovrà essere fatto riferimento alle norme UNI EN 501, UNI EN 502, UNI EN 505, UNI EN 507 per prodotti non autoportanti ed alle norme UNI EN 506, UNI EN 508-1/2/3 per prodotti autoportanti.

La fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Art. 20 - Materiali per impermeabilizzazione – Generalità

Dovranno essere intesi come prodotti per impermeabilizzazioni e per coperture piane quelli che si presenteranno sotto forma di:

a) - membrane bituminose in fogli e/o rotoli da applicare a freddo od a caldo, in fogli singoli o pluristrato, si potranno scegliere in base al:

– -materiale componente (ad es.: bitume ossidato fillerizzato, bitume polimero elastomero, bitume polimero plastomero, etilene propilene diene, etilene vinil acetato ecc.);

– -materiale di armatura inserito nella membrana (ad es.: armatura vetro velo, armatura poliammide tessuto, armatura polipropilene film, armatura alluminio foglio sottile ecc.);

– -materiale di finitura della superficie superiore (ad es.: poliestere film da non asportare, polietilene film da non asportare, graniglie ecc.);

– -materiale di finitura della superficie inferiore (ad es.: poliestere non tessuto, sughero, alluminio foglio sottile ecc.);

b) -membrane e vernici liquide e/o in pasta da mettere in opera a freddo od a caldo su eventuali armature (che restano inglobate nello strato finale) fino a formare in situ una membrana continua; si potranno classificare in:

– -mastici di rocce asfaltiche e di asfalto sintetico;

– -asfalti colati;

– -malte asfaltiche;

– -prodotti termoplastici;

– -soluzioni in solvente di bitume;

– -emulsioni acquose di bitume;

– -prodotti a base di polimeri organici;

c) -membrane ondulate o microdogate sottocoppo o sottotegola, di norma realizzate in fibrocemento o in fibre organiche resinate;

d) membrane bugnate estruse in polietilene ad alta densità.

I prodotti di seguito elencati, dovranno essere valutati al momento della fornitura. La D.L. ai fini della loro accettazione, si potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura ovvero, richiedere un attestato di conformità. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova dovrà essere fatto riferimento ai metodi UNI esistenti.

ART. 20.1 MEMBRANE (BITUME/POLIMERO)

MEMBRANE PER COPERTURE E SOTTOCOPERTURE

Le membrane per coperture di fabbricati in relazione allo strato funzionale (definito secondo la norma UNI 8178) che costituiranno (ad es., strato di tenuta all’acqua, strato di tenuta all’aria, strato di schermo e/o barriera al vapore, strato di protezione degli strati sottostanti ecc.) dovranno, necessariamente, rispondere alle prescrizioni degli elaborati di progetto ed in mancanza, od a loro completamento, alle prescrizioni di seguito indicate.

a) Le membrane destinate a formare strati di schermo e/o barriera al vapore (norma UNI 9380) ovvero destinate a formare strati di continuità, di diffusione della pressione di vapore d’irrigidimento o ripartizione dei carichi, di regolarizzazione, di separazione e/o scorrimento o drenante (norma UNI 9168) dovranno soddisfare le seguenti caratteristiche tecniche:

– peso (*g/m²*) ..... ;

- resistenza allo strappo da chiodo (*N*) ..... ;
- resistenza alla rottura (*N/5 cm*) ..... ;
- allungamento a rottura (*%*) ..... ;
- permeabilità al vapore (*g/m²/24 h*) ..... ;
- valore sd (*m*) ..... ;
- colonna d'acqua (*mm*) ..... ;
- stabilità ai raggi UVA ..... ;
- classe di reazione al fuoco .....

Nota per il compilatore: completare l'elenco e/o eliminare le caratteristiche superflue. Indicare i valori di accettazione ed i metodi di controllo per ogni singola tipologia di membrana scelta facendo riferimento alle norme UNI e/o CNR esistenti ed in loro mancanza a quelle della letteratura tecnica (in primo luogo le norme internazionali ed estere).

b) Le membrane destinate a formare strati di tenuta all'acqua ovvero, destinate a formare strati di protezione dovranno soddisfare oltre le caratteristiche tecniche sopraccitate anche quanto di seguito elencato (norme UNI 8629 varie parti):

- resistenza al punzonamento statico ..... ;
- resistenza al punzonamento dinamico ..... ;
- flessibilità a freddo ..... ;
- stabilità dimensionale a seguito di azione termica ..... ;
- stabilità di forma a caldo (esclusi prodotti a base di PVC, EPDM, IIR) ..... ;
- comportamento in acqua ..... ;
- impermeabilità giunzioni in aria ..... ;
- resistenza all'azione perforante delle radici ..... ;
- invecchiamento termico in aria ed acqua ..... ;
- resistenza all'ozono (solo per polimeriche e plastomeriche)..... ;
- resistenza ad azioni combinate (solo per polimeriche e plastomeriche) ..... ;
- -l'autoprotezione minerale deve resistere all'azione di distacco (solo per le membrane destinate a formare strati di protezione protettiva).

Nota per il compilatore: completare l'elenco e/o eliminare le caratteristiche superflue. Indicare i valori di accettazione ed i metodi di controllo per ogni singola tipologia di membrana scelta facendo riferimento alle norme UNI e/o CNR esistenti ed in loro mancanza a quelle della letteratura tecnica (in primo luogo le norme internazionali ed estere).

MEMBRANE A BASE DI ELASTOMERI E DI PLASTOMERI

Le guaine a base di elastomeri e di plastomeri potranno essere utilizzate per varie classi di impiego purché siano conformi alle caratteristiche previste nelle varie parti della norma UNI 8898. I suddetti prodotti si classificheranno in:

a) membrane in materiale elastomerico[13] senza armatura;

b) membrane in materiale elastomerico dotate di armatura;

c) membrane in materiale plastomerico[14] flessibile senza armatura.

d) membrane in materiale plastomerico flessibile dotate di armatura;

e) -membrane in materiale plastomerico rigido (ad es. polietilene ad alta o bassa densità, reticolato o non, polipropilene);

f) membrane polimeriche a reticolazione posticipata (ad es. polietilene clorosol fanato) dotate di armatura;

g) membrane polimeriche accoppiate ossia, membrane polimeriche accoppiate o incollate sulla faccia interna ad altri elementi aventi funzioni di protezione o altra funzione particolare, comunque non di tenuta. In questi casi, qualora la parte accoppiata all'elemento polimerico impermeabilizzante avrà importanza fondamentale per il comportamento in opera della membrana, le prove dovranno essere eseguite sulla membrana come fornita dal produttore.

A complemento di quanto specificato negli elaborati di progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, le membrane a base di elastomeri e di plastomeri si intenderanno fornite con le seguenti caratteristiche:

– punto di rammollimento ..... ;

[13] Per materiale elastomerico dovrà intendersi un materiale che sia fondamentalmente elastico anche a temperature superiori o inferiori a quelle di normale impiego e/o che abbia subito un processo di reticolazione (per esempio gomma vulcanizzata).

[14] Per materiale plastomerico dovrà intendersi un materiale che sia relativamente elastico solo entro un intervallo di temperatura corrispondente generalmente a quello di impiego ma che non abbia subito alcun processo di reticolazione (come per esempio cloruro di polivinile plastificato o altri materiali termoplastici flessibili o gomme non vulcanizzate).

– tipo di armatura ..... ;
– larghezza ..... ;
– lunghezza ..... ;
– spessore ..... ;
– massa areica (*kg/m²*) ..... ;
– flessibilità a freddo ..... ;
– stabilità di forma a caldo ..... ;
– resistenza a trazione
– carico di rottura longitudinale (*N/5 cm*) ..... ;
– carico di rottura trasversale (*N/5 cm*) ..... ;
– allungamento a rottura longitudinale (*%*) ..... ;
– allungamento a rottura trasversale (*%*) ..... ;
– resistenza al punzonamento statico ..... ;
– resistenza al punzonamento dinamico ..... ;
– comportamento in acqua ..... ;
– permeabilità al vapore acque ..... ;
– impermeabilità giunzioni in aria ..... .

Nota per il compilatore: completare l'elenco e/o eliminare le caratteristiche superflue. Indicare, per ogni singola tipologia di membrana, i valori di accettazione ed i metodi di controllo facendo riferimento alle norme UNI e/o CNR esistenti ed in loro mancanza a quelle della letteratura tecnica (in primo luogo le norme internazionali ed estere).

ART. 20.2 MEMBRANE LIQUIDE O IN PASTA

I prodotti liquidi o in pasta dovranno essere destinati, fondamentalmente, per realizzare strati di tenuta all'acqua (ma anche altri strati funzionali della copertura piana) a secondo del materiale costituente, dovranno rispondere alle prescrizioni di seguito indicate. I criteri di accettazione saranno quelli indicati nell'articolo 20 ("Prodotti per impermeabilizzazioni") del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

I suddetti prodotti saranno identificati e dovranno rispondere alle relative norme UNI come di seguito indicato:

a) *bitumi da spalmatura* per impermeabilizzazioni (in solvente e/o emulsione acquosa) dovranno soddisfare i limiti specificati, per i diversi tipi, alle prescrizioni della norma UNI 4157;

b) *malte asfaltiche* per impermeabilizzazione dovranno assolvere alla norma UNI 5660 FA 227;

c) *asfalti colati* per impermeabilizzazioni dovranno assolvere alla norma UNI 5654 FA 191;

d) *mastice di rocce asfaltiche* per la preparazione di malte asfaltiche e degli asfalti colati dovrà rassolvere alla norma UNI 4377 FA 233;

e) *mastice di asfalto sintetico* per la preparazione delle malte asfaltiche e degli asfalti colati dovrà assolvere alla norma UNI 4378 FA 234;

f) *prodotti fluidi od in pasta a base di polimeri organici* (bituminosi, epossidici, poliuretanici, epossi-poliuretanici, epossi-catrame, polimetencatrame, polimeri clorurati, acrilici, vinilici, polimeri isomerizzati) dovranno essere valutati in base alle caratteristiche seguenti ed i valori dovranno rispondere ai limiti riportati; in assenza di indicazioni sui limiti, avranno valore quelli dichiarati dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettati dalla D.L.

I criteri d'accettazione dovranno essere quelli indicati nell'art. 20 ("Prodotti per impermeabilizzazioni") del presente Capo.

A complemento di quanto specificato negli elaborati di progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, i materiali liquidi o in pasta fornito in barattolo (prima all'applicazione) si intenderanno forniti con le seguenti caratteristiche:

– viscosità in ..... minimo .....;
– massa volumica kg/dm³ minimo ..... massimo ..... .;
– contenuto di non volatile % in massa minimo ..... .;
– punto di infiammabilità minimo (*%*) ..... .;

– contenuto di ceneri massimo (*g/kg)*..... .

Nota per il compilatore: completare l'elenco e/o eliminare le caratteristiche superflue. Indicare i valori di accettazione ed i metodi di controllo facendo riferimento alle norme UNI e/o CNR esistenti ed in loro mancanza a quelle della letteratura tecnica (in primo luogo le norme internazionali ed estere).

Caratteristiche di comportamento da verificare in situ o su campioni significativi di quanto realizzati in situ:

– spessore dello strato finale in relazione al quantitativo applicato per ogni metro quadrato minimo (*mm*) ;
– valore dell'allungamento a rottura minimo (*%*) ..... ;
– resistenza al punzonamento statico o dinamico: statico minimo (*N*) .... ;
– dinamico minimo (*N*) ..... .;
– stabilità dimensionale a seguito di azione termica, variazione dimensionale massima (*%*) ..... ;
– impermeabilità all'acqua, minima pressione di (*kPa)* ..... .;
– comportamento all'acqua, variazione di massa massima in (*%*) ..... . ,
– -invecchiamento termico in aria a 70°*C*, variazione della flessibilità a freddo tra prima e dopo il trattamento massimo °*C* ;
– invecchiamento termico in acqua, variazione della flessibilità a freddo tra prima e dopo il trattamento massimo °*C* . .

Nota per il compilatore: completare l'elenco e/o eliminare le caratteristiche superflue. Indicare i valori di accettazione ed i metodi di controllo facendo riferimento alle norme UNI e/o CNR esistenti ed in loro mancanza a quelle della letteratura tecnica (in primo luogo le norme internazionali ed estere).

ART. 20.3 MEMBRANE ONDULATE

Le membrane o meglio le lastre ondulate o microdogate da utilizzare come sottotegola o sottocoppo potranno essere costituite da:

a) monostrato di fibre organiche bitumate e resinate spessore variabile da 2,4 a 2,6 mm;

b) lastra lamellare multistrato successivamente bitumata sottovuoto spessore da 1,8 a 2,2 mm;

c) -lastra in fibrocemento ecologico spessore circa 6,5 *mm*; le lastre potranno presentare, lungo l'asse longitudinale di ogni singola onda, una reggetta in polipropilene ad aderenza migliorata.

Le suddette tipologie di lastre sottocoppo dovranno comunque assicurare le seguenti caratteristiche tecniche:

– ventilazione dell'assito di copertura sottostante i coppi e le tegole;
– adeguato isolamento termico alla copertura;
– essere indeformabili, fonoassorbenti e imputrescibile ed impermeabili all'acqua;
– presentare un'elevata resistenza meccanica ai cicli di gelo e disgelo;
– -garantire (grazie all'opportuna sagomatura specifica per la tipologia di manto) un perfetto alloggiamento dei coppi o delle tegole di copertura.

I criteri d'accettazione saranno quelli indicati nell'art. 20 ("Prodotti per impermeabilizzazioni") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

ART. 20.4 MEMBRANE BUGNATE

Le membrane bugnate dovranno essere realizzate in polietilene estruso ad alta densità (HDPE); grazie ai rilievi (di altezza variabile da un minimo di 8 mm ad un massimo di 20 mm) semiconici realizzeranno un sistema di drenaggio ad intercapedine ventilata per la protezione delle strutture controterra. Le suddette membrane dovranno altresì, svolgere un'azione antiradicale, resistere agli urti, essere insensibili alle basse temperatura (fino a -30 °C), resistere agli agenti chimici, non inquinare le eventuali falde acquifere, resistere alla contaminazione di funghi e batteri essere, infine, non degradabili. Le stesse membrane potranno essere munite di strato in geotessile in polipropilene a filo continuo drenante a pressione stabile accoppiato alle bugne con il fine di filtrare le particelle di terreno impedendo così l'intasamento della rete di canali della struttura a bugne.

I criteri d'accettazione saranno quelli indicati nell'art. 20 ("Prodotti per impermeabilizzazioni") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Art. 21 - Vetri e cristalli

Rientrano in questa categoria i prodotti ottenuti dalla trasformazione e lavorazione del vetro; detti prodotti si divideranno in tre principali categorie: lastre piane, vetri pressati, prodotti di seconda lavorazione.

I vetri e i cristalli dovranno essere, per le richieste dimensioni: di un solo pezzo, di spessore uniforme, di prima qualità, perfettamente incolori molto trasparenti, privi di scorie, bolle, soffiature, ondulazioni, nodi, opacità lattiginose, macchie e di qualsiasi altro difetto.

Per le definizioni rispetto ai metodi di fabbricazione, alle loro caratteristiche, alle seconde lavorazioni, nonché per le operazioni di finitura dei bordi si farà riferimento alle norme UNI vigenti; in particolare i vetri per l'edilizia piani e trasparenti dovranno rispondere per il vetro colato e laminato grezzo, vetro tirato lucido, vetro trasparente float, vetro stampato armato, vetro profilato armato e non armato alla norma UNI EN 572 (Parti 1-7)

In relazione agli spessore (espressi in mm) i suddetti prodotti potranno denominarsi come segue:

– sottile (semplice) 2 (1,8-2,2);
– normale (semi-doppi) 3 (2,8-3,2);
– forte (doppio) 4 (3,7-4,3);
– spesso (mezzo cristallo) 5-8;
– ultraspesso (cristallo) 10-19.

Per quanto riguarda i vetri piani temprati (ovvero trattati termicamente o chimicamente in modo da indurre negli strati superficiali tensioni permanenti) si farà riferimento oltre che alle indicazioni di progetto alle norme UNI vigenti

I vetri piani stratificati (ovvero formati da due o più lastre di vetro e uno o più strati interposti di materia plastica che incollano tra loro le lastre di vetro per l'intera superficie) potranno essere richiesti con prestazioni antivandalismo ed anticrimine fino a prestazioni antiproiettile. Il loro spessore varierà in base al numero ed allo spessore delle lastre costituenti, di conseguenza si classificheranno in base alla loro resistenza alle sollecitazioni meccaniche.

Per i vetri piani uniti al perimetro (vetrocamera) costituiti da due lastre di vetro unite tra loro lungo il perimetro a mezzo di adesivi, con interposizione di distanziatore, in modo da formare una o più intercapedini contenenti aria o gas disidratati, dovrà esser fatto riferimento, oltre che alle indicazioni di progetto, alla norma UNI vigenti.

Per i vetri pressati per vetrocemento armato (a forma cava od a forma di camera d'aria) si farà riferimento, oltre che alle indicazioni di progetto, alle norme UNI vigenti.

I prodotti sopra elencati, saranno valutati al momento della fornitura. La D.L. ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura ovvero richiedere un attestato di conformità. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova si dovrà esser fatto riferimento ai metodi UNI esistenti.

Art. 22 - Materiali per rivestimenti e/o trattamento lacune interni ed esterni

Si definiscono prodotti per rivestimenti quelli utilizzati per realizzare i sistemi di rivestimento verticali (pareti, facciate) ed orizzontali (controsoffitti) del fabbricato.

I prodotti potranno essere distinti:

– a seconda del loro stato fisico in:
  • fluidi o pastosi (intonaci, malte da stuccatura, tinture, pitture ecc.).
  • rigidi (rivestimenti in pietra, ceramica, alluminio, gesso ecc.);
  • flessibili (carte da parati, tessuti da parati ecc.);
– a seconda della loro collocazione:
  • per esterno;
  • per interno.
– a seconda della loro collocazione nel sistema di rivestimento:
  • di fondo;
  • intermedi;
  • di finitura.

I prodotti di seguito elencati, saranno valutati al momento della fornitura. La D.L. ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura ovvero richiedere un attestato di conformità. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova si farà riferimento alle norme UNI vigenti.

PRODOTTI FLUIDI O IN PASTA

Impasti: intonaci, malte da stuccatura o da ripristino ovverosia composti realizzati con malta costituita da un legante (grassello di calce, calce idrata, calce idraulica naturale, cemento, gesso) o da più leganti (malta bastarda composta da grassello di calce e calce idraulica naturale rapporto 2-3:1; calce idraulica naturale e cemento rapporto 2-1:1; grassello di calce e gesso; calce idraulica naturale e gesso) da un inerte (sabbia, polvere o granuli di marmo, coccio pesto, pozzolana ecc.) in rapporto variabile, secondo le prescrizioni di progetto, da 1:3 a 1:1; la malta potrà essere eventualmente caricata da pigmenti o terre coloranti (massimo 5% di pigmenti minerali ricavati dalla macinazione di pietre o 10% di terre) e/o da additivi di vario genere (fluidificanti, aeranti ecc.). Nel caso in cui il pigmento dovesse essere costituito da pietra macinata, questo potrà sostituire parzialmente o interamente l'inerte.

Tabella 20.1 Composizione indicativa in volume di malte a base di calce

Leganti		Inerti						
Calce area in pasta	Calce idraulica naturale	Sabbione	Sabbia grana fine	Pietra calcarea macinata gr. media	Polvere di marmo	Coccio pesto macinato gr. media	Coccio pesto macinato gr. fine	Pozzolana
	1		2					
2	1	5						
1					2			
0,5	0,5			2		1		
1								3
	3		1					2
3	1	4				4		
1			1				2	
0,5	0,5		1	1		1		
	1		2					1
2	1		1				4	
2	0,50		1		2			
1							1,5	
1	0,5	0,5		2	1	1		
0,5	0,5		2	1				
1	1		2	2				1
0,5	0,5				0,25			1
Sabbione asciutto (granulometria: 2 parti 1,5-5 mm+1 parte 0,5-1,2)								
Sabbia vagliata fine (granulometria 0,5 a 0,8 mm)								

Tabella 20.2 Composizione indicativa in volume di malte bastarde (calce + cemento)

Legante			**Inerte**					
Calce area in pasta	Calce idraulica naturale	Cemento bianco	Sabbione	Sabbia grana fine	Polvere di marmo	Coccio pesto macinato gr. media	Coccio pesto macinato gr. fine	Pietra calcarea macinata gr. media
	1	2	5					
	2	1	6					
1		0,10	2,5					
1		0,25		0,25			2	
0,25	1	0,25		2	1			
0,50		0,50			1	1		
1	0,50	0,50			4			
2		0,50			3			
2		0,50				4		

Legante			**Inerte**					
Calce area in pasta	Calce idraulica naturale	Cemento bianco	Sabbione	Sabbia grana fine	Polvere di marmo	Coccio pesto macinato gr. media	Coccio pesto macinato gr. fine	Pietra calcarea macinata gr. media
0,50		0,50			1	1		1
0,50		0,50		1	1			1
	0,50	0,50			0,25	1		
	0,50	0,50		2				1
0,50	0,50	1	1			1		0,75

Gli impasti sopra descritti dovranno possedere le caratteristiche indicate nel progetto e quantomeno le caratteristiche seguenti:

– -presentare un'ottima compatibilità chimico-fisica sia con il supporto sia con eventuali parti limitrofe (specialmente nel caso di rappezzo di intonaco). La compatibilità si manifesterà attraverso il coefficiente di dilatazione, la resistenza meccanica e lo stato fisico dell'impasto (granulometria inerte, tipologia di legante ecc.);

– -avere una consistenza tale da favorire l'applicazione;

– -aderire alla struttura muraria senza produrre effetto di *slump* e legarsi opportunamente a questa durate la presa;

– -essere sufficientemente resistente per far fronte all'erosione, agli inconvenienti di origine meccanica e agli agenti degradanti in genere;

– -contenere il più possibile il rischio di cavillature (dovrà essere evitato l'utilizzo di malte troppo grasse);

– -opporsi al passaggio dell'acqua, non realizzando un rivestimento di sbarramento completamente impermeabile, ma garantendo al supporto murario la necessaria traspirazione dall'interno all'esterno;

– -presentare un aspetto superficiale uniforme in relazione alle tecniche di posa utilizzate.

Per ulteriori indicazioni inerenti la caratterizzazione e la composizione di una malta da utilizzare in operazioni di restauro si rimanda a quanto enunciato nelle norme UNI 10924, 11088-89.

Per i prodotti forniti premiscelati la rispondenza alle norme UNI vigenti sarà sinonimo di conformità alle prescrizioni predette; per gli altri prodotti varranno i valori dichiarati dal fornitore ed accettati dalla D.L.

Prodotti vernicianti: i prodotti applicati allo stato fluido, costituiti da un legante (naturale o sintetico), da una carica e da un pigmento o terra colorante che, passando allo stato solido, formeranno una pellicola o uno strato non pellicolare sulla superficie. Si distingueranno in:

– -tinte, se non formeranno pellicola e si depositeranno sulla superficie;

– -impregnanti, se non formeranno pellicola e penetreranno nelle porosità del supporto;

– -pitture, se formeranno pellicola ed avranno un colore proprio;

– -vernici, se formeranno pellicola e non avranno un marcato colore proprio;

– -rivestimenti plastici, se formano pellicola di spessore elevato o molto elevato (da 1 a 5 mm circa), avranno colore proprio e disegno superficiale più o meno accentuato. Questo ultimo tipo di rivestimento dovrà essere utilizzato solo dietro specifica autorizzazione della D.L. e degli organi di tutela del manufatto oggetto di trattamento.

I prodotti vernicianti dovranno possedere valori adeguati delle seguenti caratteristiche, in funzione delle prestazioni loro richieste:

– -dare colore in maniera stabile alla superficie trattata;

– -avere funzione impermeabilizzante;

– -presentare un'ottima compatibilità chimico-fisica con il supporto;

– -essere traspiranti al vapore d'acqua;

– -impedire il passaggio dei raggi U.V.;

– -ridurre il passaggio della CO_2;

– -avere adeguata reazione e/o resistenza al fuoco (quando richiesto);

– -avere funzione passivante del ferro (quando richiesto);

– -resistenza alle azioni chimiche degli agenti aggressivi (climatici, inquinanti);

– -resistere (quando richiesto) all'usura.

I limiti di accettazione saranno quelli prescritti nel progetto od in mancanza quelli dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla D. L. I dati si intenderanno presentati secondo le norme UNI 8757 e UNI 8759 ed i metodi di prova saranno quelli definiti nelle norme UNI vigenti.

PRODOTTI RIGIDI

a) Per le piastrelle di ceramica varrà quanto riportato nell'art. 10.2 ("Piastrelle di ceramica per pavimentazioni") del presente Capo, tenendo conto solo delle prescrizioni valide per le piastrelle da parete.

b) Per le lastre di pietra varrà quanto riportato nel progetto circa le caratteristiche più significative e le lavorazioni da apportare. In mancanza o ad integrazione del progetto varranno i criteri di accettazione generali indicati nell'art. 9 "Pietre naturali e ricostruite" integrati dalle prescrizioni date nell'art. 10.3 "Prodotti pietra naturale per pavimentazioni" (in particolare per le tolleranze dimensionali e le modalità di imballaggio). Dovranno, comunque, essere previsti gli opportuni incavi, fori ecc. per il fissaggio alla parete e gli eventuali trattamenti di protezione.

c) Per gli elementi di metallo o materia plastica varrà quanto riportato nel progetto. Le loro prestazioni meccaniche (resistenza all'urto, abrasione, incisione), di reazione e resistenza al fuoco, di resistenza agli agenti chimici (detergenti, inquinanti aggressivi ecc.) ed alle azioni termoigrometriche saranno quelle prescritte in norme UNI in relazione all'ambiente (interno/esterno) nel quale saranno collocati ed alla loro quota dal pavimento (o suolo), oppure in loro mancanza varranno quelle dichiarate dal fabbricante ed accettate dalla D.L. Saranno, inoltre, predisposti per il fissaggio in opera con opportuni fori, incavi ecc. Per gli elementi verniciati, smaltati ecc. le caratteristiche di resistenza all'usura, ai viraggi di colore ecc. saranno riferite ai materiali di rivestimento. La forma e costituzione dell'elemento saranno tali da ridurre al minimo fenomeni di vibrazione, produzione di rumore tenuto anche conto dei criteri di fissaggio.

d) Per le lastre di cartongesso si rinvia all'art. 23 ("Materiali e partizioni interne") del presente Capo.

e) Per le lastre di fibrocemento si rimanda alle prescrizioni date nell'art. 19.5 ("Materiali per coperture") del presente Capo.

PRODOTTI FLESSIBILI

a) Le carte da parati dovranno rispettare le tolleranze dimensionali dell'1,5% sulla larghezza e lunghezza; garantire resistenza meccanica ed alla lacerazione (anche nelle condizioni umide di applicazione); avere deformazioni dimensionali ad umido limitate; resistere alle variazioni di calore e quando richiesto avere resistenza ai lavaggi e reazione o resistenza al fuoco adeguate. Le confezioni dovranno riportare i segni di riferimento per le sovrapposizioni, allineamenti (o sfalsatura) dei disegni ecc.; inversione dei singoli teli ecc.

b) I tessili per pareti devono rispondere alle prescrizioni elencate nel punto a) con adeguato livello di resistenza e possedere le necessarie caratteristiche di elasticità ecc. per la posa a tensione.

Per entrambe le categorie (carta e tessili) la rispondenza alle norme UNI EN 233, 235 sarà considerata rispondenza alle prescrizioni del presente articolo.

Art. 23 - Materiali per partizioni interne

Rientrano in questa categoria i materiali impiegati per realizzare partizioni interne non portanti. I prodotti di seguito elencati, saranno valutati al momento della fornitura. La D.L., ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura ovvero, richiedere un attestato di conformità. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova si farà riferimento a quelli indicati nelle norme UNI (UNI 7960, UNI 8087, UNI 8438, UNI 10700, UNI 10820, UNI 11004) e, in mancanza di questi, a quelli descritti nella letteratura tecnica (primariamente norme internazionali).

MATERIALI A BASE DI LATERIZIO, CALCESTRUZZO E SIMILARI

I materiali necessari per la realizzazione di partizioni interne non aventi funzione strutturale ma unicamente di chiusura e/o e divisione interna (tramezze o tavolati) dovranno rispondere alle specifiche del progetto ed, a loro completamento, alle seguenti prescrizioni:

a) gli elementi di laterizio (forati e non) prodotti mediante trafilatura o pressatura con materiale normale od alleggerito dovranno rispondere alla norma UNI 8942;

b) gli elementi di calcestruzzo dovranno rispettare le stesse caratteristiche indicate nella norma UNI 8942 (ad esclusione delle caratteristiche di inclusione calcarea), i limiti di accettazione saranno quelli indicati nel progetto ed in loro mancanza quelli dichiarati dal produttore ed approvati dalla D.L.;

c) gli elementi di pietra ricostruita e pietra naturale (UNI EN 771-6, UNI EN 772-4/13), saranno accettati in base alle loro:
   - -caratteristiche dimensionali e relative tolleranze;
   - -caratteristiche di forma e massa volumica (foratura, smussi ecc.);
   - -caratteristiche meccaniche a compressione, taglio a flessione;
   - -caratteristiche di comportamento all'acqua ed al gelo (imbibizione, assorbimento d'acqua ecc.).

I limiti di accettazione dovranno essere quelli prescritti nel progetto ed in loro mancanza, quelli dichiarati dal fornitore ed approvati dalla D.L.

MATERIALI A BASE DI CARTONGESSO

I suddetti prodotti dovranno rispondere alle specifiche del progetto ed, in mancanza, alle prescrizioni seguenti:

- -spessore con tolleranze ± 0,5 mm;
- -lunghezza e larghezza con tolleranza ± 2 mm;
- -resistenza all'impronta, all'urto, alle sollecitazioni localizzate (punti di fissaggio);
- -a seconda della destinazione d'uso, con basso assorbimento d'acqua, con bassa permeabilità al vapore (prodotto abbinato a barriera al vapore);
- -resistenza all'incendio dichiarata;
- -isolamento acustico dichiarato.

I limiti di accettazione dovranno essere quelli prescritti nel progetto ed, in loro mancanza, quelli dichiarati dal fornitore ed approvati dalla D.L.

PRODOTTI E COMPONENTI PER PARTIZIONI PREFABBRICATE

I prodotti che rientrano in questa categoria, assemblati in cantiere (con modesti lavori di adattamento o meno), dovranno rispondere alle prescrizioni del progetto (in ogni caso si dovranno sovrapporre ai pavimenti esistenti senza procurare alcun danno) e, in loro mancanza, alle prescrizioni relative alle norme UNI indicate ad inizio articolo.

Art. 24 - Infissi

Per infissi si intenderanno gli elementi aventi la funzione principale di regolare il passaggio di persone, animali, oggetti e sostanze liquide o gassose nonché dell'energia tra spazi interni ed esterni dell'organismo edilizio o tra ambienti diversi dello spazio interno. Questa categoria includerà: elementi fissi (ossia luci fisse non apribili) e serramenti (ovvero con parti apribili). Questi ultimi, inoltre, si divideranno, in relazione alla loro funzione in: porte, finestre e schermi oscuranti. Per la terminologia specifica dei singoli elementi e delle loro parti funzionali in caso di dubbio dovrà essere fatto riferimento alla norma UNI 8369. I prodotti di seguito indicati saranno considerati al momento della loro fornitura, la D.L., ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura, oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni di seguito indicate.

LUCI FISSE

Le luci fisse dovranno essere realizzate nella forma, nelle dimensioni e con i materiali indicati negli elaborati esecutivi di progetto. In mancanza di prescrizioni (od in presenza di prescrizioni limitate) le luci fisse dovranno, in ogni caso, nel loro insieme (telai, lastre di vetro, eventuali accessori ecc.), resistere alle sollecitazioni meccaniche dovute all'azione del vento od agli urti e garantire la tenuta all'aria, all'acqua e la resistenza al vento. Quanto richiesto dovrà garantire anche le prestazioni d'isolamento termico e acustico, comportamento al fuoco e resistenza a sollecitazioni gravose dovute ad attività sportive, atti vandalici ecc. Le prestazioni predette dovranno essere garantite con limitato decadimento nel tempo. La D.L. potrà procedere all'accettazione delle luci fisse mediante i criteri seguenti:

– -attraverso il controllo dei materiali costituenti il telaio, il vetro, gli elementi di tenuta (guarnizioni, sigillanti) più eventuali accessori, e mediante il controllo delle caratteristiche costruttive e della lavorazione del prodotto nel suo insieme e/o dei suoi componenti (in particolare trattamenti protettivi di legno, rivestimenti dei metalli costituenti il telaio, l'esatta esecuzione dei giunti ecc.);

– -attraverso l'accettazione di dichiarazioni di conformità della fornitura alle classi di prestazione quali tenuta all'acqua e all'aria, resistenza agli urti ecc.; sarà licenza della D.L. chiedere la ripetizione di tali prove in caso di dubbio o contestazione.

Le modalità di esecuzione delle prove saranno quelle definite nelle relative norme UNI per i serramenti.

SERRAMENTI

I serramenti interni ed esterni (finestre, porte finestre e similari) dovranno essere realizzati seguendo le prescrizioni indicate negli elaborati esecutivi di progetto; in mancanza di prescrizioni (od in presenza di prescrizioni limitate), dovranno, in ogni caso, essere realizzati in modo tale da resistere, nel loro insieme, alle sollecitazioni meccaniche e degli agenti atmosferici così da contribuire, per la parte di loro spettanza, al mantenimento negli ambienti delle condizioni termiche, acustiche, luminose, di ventilazione ecc.; le funzioni predette dovranno essere mantenute nel tempo.

La D.L. potrà procedere all'accettazione dei serramenti mediante:

– -il controllo dei materiali che costituiranno l'anta ed il telaio ed i loro trattamenti preservanti ed i rivestimenti;

– -il controllo dei vetri, delle guarnizioni di tenuta e/o sigillanti, e degli accessori;

– -il controllo delle sue caratteristiche costruttive, in particolare dimensioni delle sezioni resistenti, conformazione dei giunti, delle connessioni realizzate meccanicamente (viti, bulloni, ganci ecc.) o per aderenza (colle, adesivi ecc.) e, in ogni caso, delle parti costruttive che direttamente influiscono sulla resistenza meccanica, tenuta all'acqua, all'aria, al vento, e sulle altre prestazioni richieste.

La D.L. potrà, altresì, procedere all'accettazione della attestazione di conformità della fornitura alle prescrizioni indicate nel progetto per le varie caratteristiche od in mancanza a quelle di seguito riportate. Per le classi non specificate varranno i valori dichiarati dal fornitore ed accettati dalla D.L.

Finestre:

– -isolamento acustico (secondo la norma UNI 8204), classe ……..;

– -tenuta all'acqua, all'aria e resistenza al vento (misurate rispettivamente secondo le norme UNI EN 1027 – UNI EN 12208; UNI EN 1026 – UNI EN 12207 e UNI EN 12210/1), classi.....;. .....; .....;

– -resistenza meccanica (secondo le norme UNI 9158 ed UNI EN 107-1983);

– -…….;

Porte interne:

– -tolleranze dimensionali altezza, larghezza, spessore e ortogonalità …….. (misurate secondo norma UNI EN 1529); planarità ……(misurata secondo norma UNI EN 1530);

– -resistenza all'urto corpo molle (misurata secondo la norma UNI 8200), corpo d'urto ..... kg, altezza di caduta ..... cm;

– -resistenza al fuoco (misurata secondo la norma UNI EN 1634) classe ……..…;

– -resistenza al calore per irraggiamento (misurata secondo la norma UNI 8328) classe .....;

– -…….

Porte esterne:

– -tolleranze dimensionali altezza, larghezza, spessore e ortogonalità …….. (misurate secondo norma UNI EN 1529); planarità ……. (secondo norma UNI EN 1530);

– -tenuta all'acqua, aria, resistenza al vento (misurata secondo le norme UNI EN 1027 e UNI EN 12208; UNI EN 1026 e UNI EN 12110);

– -resistenza all'antintrusione (secondo la norma UNI 9569) classe ……...;

– -……..

L'attestazione di conformità dovrà essere comprovata da idonea certificazione e/o documentazione.

SCHERMI OSCURANTI

Gli schermi oscuranti (tapparelle, persiane, scuri ecc.) dovranno essere realizzati nella forma, nelle dimensioni e con il materiale indicati negli elaborati esecutivi di progetto. In mancanza di prescrizioni o in caso di prescrizioni insufficienti, lo schermo dovrà, in ogni caso, resistere, nel suo insieme, alle sollecitazioni meccaniche (vento, sbattimenti ecc.) ed agli agenti atmosferici, mantenendo nel tempo il suo funzionamento.

La D.L. dovrà procedere all'accettazione degli schermi mediante:

– -il controllo dei materiali che costituiscono lo schermo e dei loro rivestimenti;

– -il controllo dei materiali costituenti gli accessori e/o organi di manovra;

– -la verifica delle caratteristiche costruttive dello schermo: dimensioni delle sezioni resistenti, conformazioni delle connessioni realizzate meccanicamente (viti, bulloni, ganci ecc.) o per aderenza (colle, adesivi ecc.) e di tutte le parti che direttamente influiscono sulla resistenza meccanica e durabilità agli agenti atmosferici.

La D.L. potrà, altresì, procedere all'accettazione mediante attestazione di conformità della fornitura alle caratteristiche di resistenza meccanica, comportamento agli agenti atmosferici (corrosioni, cicli con lampade solari, camere climatiche ecc.). L'attestazione dovrà essere comprovata da idonea certificazione e/o documentazione. Per quanto concerne requisiti e prove sarà, comunque, possibile fare riferimento alla norma UNI 8772.

Art. 25 - Materiali isolanti termo-acustici

I prodotti di seguito elencati, saranno valutati al momento della fornitura. La D.L. ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura ovvero richiedere un attestato di conformità. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova si farà riferimento a quelli indicati nelle norme UNI EN 822, UNI EN 823, UNI EN 824, UNI EN 825 ed in loro mancanza quelli della letteratura tecnica (in primo luogo le norme internazionali ed estere).

MATERIALI PER L'ISOLAMENTO TERMICO

Si definiscono materiali isolanti termici quelli atti a diminuire, in forma sensibile, il flusso termico attraverso le superfici sulle quali sono applicati. I suddetti materiali saranno così classificati:

1) materiali fabbricati in stabilimento (blocchi, pannelli, lastre, feltri ecc.):
   a) materiali cellulari
      – -composizione chimica organica: plastici alveolari;
      – -composizione chimica inorganica: vetro cellulare, calcestruzzo alveolare autoclavato;
      – -composizione chimica mista: plastici cellulari con perle di vetro espanso;
   b) materiali fibrosi
      – -composizione chimica organica: fibre di legno;
      – -composizione chimica inorganica: fibre minerali;
   c) materiali compatti
      – -composizione chimica organica: plastici compatti;
      – -composizione chimica inorganica: calcestruzzo;
      – -composizione chimica mista: agglomerati di legno;
   d) combinazione di materiali di diversa struttura
      – -composizione chimica inorganica: composti "fibre minerali – perlite", amianto cemento, calcestruzzi leggeri;
      – -composizione chimica mista: composti perlite – fibre di cellulosa, calcestruzzi di perle di polistirene;

e) materiali multistrato[15]

– -composizione chimica organica: plastici alveolari con parametri organici;

– -composizione chimica inorganica: argille espanse con parametri di calcestruzzo, lastre di gesso associate a strato di fibre minerali;

– -composizione chimica mista: plastici alveolari rivestiti di calcestruzzo;

2) materiali iniettati, stampati o applicati in sito mediante spruzzatura:

a) materiali cellulari applicati sotto forma di liquido o di pasta

– -composizione chimica organica: schiume poliuretaniche, schiume di urea – formaldeide;

– -composizione chimica inorganica: calcestruzzo cellulare;

b) materiali fibrosi applicati sotto forma di liquido o di pasta

– -composizione chimica inorganica: fibre minerali proiettate in opera;

c) materiali pieni applicati sotto forma di liquido o di pasta

– composizione chimica organica: plastici compatti;

– -composizione chimica inorganica: calcestruzzo;

– -composizione chimica mista: asfalto;

d) combinazione di materiali di diversa struttura

– -composizione chimica inorganica: calcestruzzo di aggregati leggeri;

– -composizione chimica mista: calcestruzzo con inclusione di perle di polistirene espanso;

e) materiali alla rinfusa

– -composizione chimica organica: perle di polistirene espanso;

– -composizione chimica inorganica: lana minerale in fiocchi, perlite;

– -composizione chimica mista: perlite bitumata.

I MATERIALI FONOASSORBENTI

Si definiscono materiali fonoassorbenti quelli atti a dissipare in forma sensibile l'energia sonora incidente sulla loro superficie e, di conseguenza, a ridurre l'energia sonora riflessa (UNI EN ISO 11654).

Sono da considerare assorbenti acustici tutti i materiali porosi a struttura fibrosa o alveolare aperta. A parità di struttura (fibrosa o alveolare) la proprietà fonoassorbente sarà in relazione dallo spessore. I suddetti materiali saranno così classificati:

1) materiali fibrosi

a) minerali (fibra di amianto, fibra di vetro, fibra di roccia);

b) vegetali (fibra di legno o cellulosa, truciolati);

2) materiali cellulari

a) minerali

– -calcestruzzi leggeri (a base di pozzolane, perlite, vermiculite, argilla espansa);

– -laterizi alveolari;

– -prodotti a base di tufo;

b) sintetici

– -poliuretano a celle aperte (elastico-rigido);

– -polipropilene a celle aperte.

Per tutti i materiali termoisolanti, fonoassorbenti o fonoisolanti forniti sotto forma di lastre, blocchi o forme geometriche predeterminate, si dovranno dichiarare le seguenti caratteristiche:

a) dimensioni: lunghezza - larghezza (UNI 822), varranno le tolleranze stabilite nelle norme UNI, oppure specificate negli altri documenti progettuali; in assenza delle prime due varranno quelle dichiarate dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettate dalla direzione dei lavori;

[15] I prodotti stratificati dovranno essere classificati nel gruppo 1/e. Tuttavia, se il contributo alle proprietà di isolamento termico apportato da un rivestimento sarà minimo e se il rivestimento stesso sarà necessario per la manipolazione del prodotto, questo sarà da classificare nei gruppi da 1/a a 1/d.

b) spessore (UNI 823): varranno le tolleranze stabilite nelle norme UNI, oppure specificate negli altri documenti progettuali; in assenza delle prime due varranno quelle dichiarate dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettate dalla direzione dei lavori;

c) massa volumica apparente (UNI EN 1602): dovrà essere entro i limiti prescritti nelle norme UNI o negli altri documenti progettuali; in assenza delle prime due varranno quelli dichiarati dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettate dalla direzione dei lavori;

d) resistenza termica specifica: dovrà essere entro i limiti previsti da documenti progettuali (calcolo in base alla legge 9 gennaio 1991 n. 10) ed espressi secondo i criteri indicati nella norma UNI 7357 (solo per materiali isolanti);

e) massa areica: dovrà essere entro i limiti prescritti nella norma UNI o negli altri documenti progettuali; in assenza delle prime due varranno quelli dichiarati dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettate dalla Direzione Tecnica; (solo materiali fonoassorbenti e fonoisolanti);

f) coefficiente di assorbimento acustico, misurato in laboratorio secondo le modalità prescritte dalla norma UNI EN 20354, dovrà rispondere ai valori prescritti nel progetto od in assenza a quelli dichiarati dal produttore ed accettati dalla direzione dei lavori (solo per materiali fonoassorbenti);

g) potere fonoisolante, misurato in laboratorio secondo le modalità prescritte dalla norma UNI EN ISO 140-3, dovrà rispondere ai valori prescritti nel progetto od in assenza a quelli dichiarati dal produttore ed accettati dalla direzione dei lavori (solo per materiali fonoisolanti);

h) saranno inoltre da dichiarare, in relazione alle prescrizioni di progetto le seguenti caratteristiche:

- -reazione o comportamento al fuoco;
- -limiti di emissione di sostanze nocive per la salute;
- -compatibilità chimico-fisica con altri materiali.

Per i materiali isolanti, fonoassorbenti e fonoassorbenti che assumeranno la forma definitiva in opera dovranno, necessariamente, essere dichiarate le caratteristiche di cui sopra, riferite ad un campione significativo di quanto realizzato in opera. La D.L. potrà, altresì, attivare controlli della costanza delle caratteristiche del prodotto in opera ricorrendo, ove necessario, a carotaggi, sezionamenti ecc. significativi dello strato eseguito.

Le categorie di materiali sopradescritte dovranno rispondere ad una o più delle caratteristiche di idoneità all'impiego, tra quelle della scheda seguente, in relazione alla loro destinazione d'uso: pareti, parete controterra, copertura a falda, copertura piana, controsoffittatura su porticati, pavimenti ecc.

Comportamento all'acqua

- -assorbimento d'acqua per capillarità (%) ..... ;
- -assorbimento d'acqua per immersione (%) ..... ;
- -resistenza gelo e disgelo (*cicli*) ..... ;
- -permeabilità vapor d'acqua (*m)* ..... ;

Caratteristiche meccaniche

- -resistenza a compressione a carichi di lunga durata (*N*/mm²) ..... ;
- -resistenza a taglio parallelo alle facce (*N*) ..... ;
- -resistenza a flessione (*N*) ..... ;
- -resistenza al punzonamento (*N*) ..... ;
- -resistenza al costipamento (%) ..... ;

Caratteristiche di stabilità

- -stabilità dimensionale (%) ..... ;
- -coefficiente di dilatazione lineare (*mm/m*) ..... ;
- -temperatura limite di esercizio (°*C*) .....

Nota per il compilatore: completare l'elenco e/o eliminare le caratteristiche superflue. Indicare i valori di accettazione ed i metodi di controllo per ogni singola destinazione d'uso facendo riferimento alle norme UNI e/o CNR esistenti ed in loro mancanza a quelle della letteratura tecnica (in primo luogo le norme internazionali ed estere).

CAPO IV

Gli accertamenti analitici e diagnostici

Art. 1 - Gli accertamenti analitici e diagnostici - Generalità

Il progetto di restauro dovrà, obbligatoriamente, essere redatto in stretta relazione con la campagna d'indagini diagnostiche eseguita sul manufatto oggetto d'intervento preliminarmente all'inizio dei lavori. Non dovrà esistere, perciò, la distinzione tra il progetto di restauro e il progetto di indagine diagnostica (questo ultimo non dovrà essere riservato soltanto ai monumenti di riconosciuto valore storico, ma anche a quei manufatti, cosiddetti minori, che partecipano a comporre il tessuto dei centri storici). La redazione di un pre-progetto, in grado di leggere e "svelare" il manufatto, garantirà una diagnosi corretta ed accurata dei meccanismi innescanti il deperimento così da poter intervenire su di essi con soluzioni più efficienti. Il progetto di indagine diagnostica non dovrà essere circoscritto alle sole indagini preliminari, ma dovrà essere concepito come parte integrante del progetto seguendo per questo, di volta in volta, le procedure previste, controllandone l'efficacia (collaudi in corso d'opera), ispirando, casomai, nuove soluzioni. Per ulteriori criteri generali inerenti l'applicazione delle prove non distruttive si rimanda a quanto enunciato nel documento CNR-ICR NorMaL 42/93.

Solo comparando, soprapponendo e mettendo in relazione i dati assimilati, mediante idonee competenze e professionalità, sarà possibile redigere documenti e relazioni determinanti per progettare e programmare un valido progetto di restauro. Il progetto diagnostico dovrà essere preparato per tempo (legge 109/1994 prevede il progetto di diagnostica all'interno del progetto definitivo; art. 16, par. 4), così da fornire un'anamnesi appropriata del manufatto analizzato, e di conseguenza governare il progetto esecutivo d'intervento.

Nel caso in cui le indagini diagnostiche siano previste negli elaborati di progetto ovvero, espressamente richieste dalla D.L. sarà cura dell'appaltatore provvedere ad eseguirle così da garantire, il sistematico quanto scientifico, rilevamento di informazioni concernenti lo stato di conservazione e/o i processi di degrado. Ogni tipo di indagine dovrà essere, obbligatoriamente, concordata ed esaminata con la D.L. in relazione al tipo di procedura da mettersi in opera e all'eventuale zona del prelievo. Una qualsiasi analisi dovrà, necessariamente, essere affidata a personale, istituto, ditta, laboratorio riconosciuti e autorizzati dagli organi di tutela del bene in pieno accordo con le indicazioni della D.L.

Nei casi in cui le indagini richiedessero l'esecuzione di minimi prelievi di materiale, questi saranno ammessi a patto che non sia possibile apprendere i dati in oggetto in maniera differente. In linea generale questa operazione a carattere "distruttivo" dovrà rivolgersi, nei limiti del possibile, a zone già in fase di degrado e/o di distacco imminente o quantomeno a zone meno visibili così da non apportare compromissioni estetiche al manufatto; durante il campionamento risulta di massima importanza eseguire una documentazione fotografica, di dettaglio e generale, dei punti di rilievo, oltre che prendere nota della loro ubicazione direttamente sui grafici di rilievo. In ogni modo non sarà tollerato il ricorso sistematico a tecniche distruttive. L'esecuzione di detti prelievi dovrà seguire le indicazioni presenti nel documento CNR-ICR NorMaL 3/80 "*Materiali lapidei: campionamento*" ossia:

- il campione dovrà essere eseguito solo dietro autorizzazione scritta dell'organo di tutela del manufatto;
- il campione dovrà essere eseguito sotto la responsabilità di chi effettuerà l'analisi;
- il numero e la quantità dei prelievi, compatibilmente con le analisi prescritte, dovranno essere minimi; le zone di prelievo dovranno, in linea generale, essere scelte tenendo conto della necessità di non danneggiare in alcun modo l'estetica del manufatto.

Durante la fase di prelievo sarà cura dell'appaltatore non arrecare alcun danno al manufatto, inoltre, laddove l'area del prelievo e/o di indagine non fosse raggiungibile dall'operatore dovrà essere compito dell'Appaltatore mettere in opera tutte le strutture accessorie ossia strutture fisse come ponteggi, trabattelli, ponti di servizio, castelli di carico ecc. in modo da garantire il prelievo dei campioni e la periodica possibilità di accesso per la lettura dei dati. L'Appaltatore dovrà, inoltre, anche se non espressamente specificato nell'intervento che coinvolge le superfici, fornire l'energia elettrica, se richiesta dalla specifica indagine, e provvedere al ripristino delle zone relative ai prelievi dei campioni.

Il prelievo di materiale e la conseguente analisi di laboratorio avrà lo scopo di determinare, dal punto di vista mineralogico-petrografico sia la natura delle malte (leganti ed inerti) che compongono gli intonaci, sia la natura dei pigmenti utilizzati nelle diverse tinteggiature applicate alla superficie intonacata. Le metodologie di analisi si potranno individuare in:

- analisi al microscopio stereoscopico in superficie e in sezione trasversale dei vari strati d'intonaco, con il fine di identificare la qualità dell'inerte, del legante e dei componenti accessori (pigmenti ed additivi) che compongono l'impasto;
- analisi granulometrica eseguita con setacciatura del campione disgregato, con idoneo numero di vagli posti su vibratore meccanico;

– analisi mineralogica eseguita per diffrazione ai raggi X su frammenti di intonaco macinati;
– analisi mineralogica-petrografica su sezioni sottili al microscopio polarizzatore;
– analisi con microscopia ottica al fine di identificare i leganti ed i pigmenti nei vari strati di intonaco;
– analisi della porosità totale e della distribuzione del volume dei pori eseguita mediante porosimetro a mercurio completo di unità per macropori.

Le indagini conoscitive si divideranno in due categorie:

– *-indagini distruttive*: le indagini di tipo invasivo o "distruttivo", si basano sull'esigenza di operare un'ispezione diretta e necessitano di veri e propri campioni da sottoporre ad analisi chimico-fisiche di laboratorio. La necessità di reperire un campione comporta, seppure in maniera limitata e circoscritta, la compromissione ulteriore dello stato di degrado del manufatto oggetto di studio. Quando l'indagine si prefigge lo scopo di immagazzinare una grande quantità di dati dovrà essere prelevato, e successivamente esaminato, un consistente numero di campioni; tale operazione causerà inevitabilmente un'alterazione dello stato conservativo nonché un disagio a chi, eventualmente, risiede nel manufatto. L'individuazione puntuale di deterioramenti e di fattori degenerativi non consente una facile composizione del quadro globale il quale dovrà essere rappresentato per interpolazione tra situazioni campione e per deduzioni. Il vantaggio di questo metodo risiede nel fatto che su un campione sarà possibile compiere numerose prove di laboratorio e, quindi, ricavare un numero elevato d'informazioni;

– *-indagini non distruttive:* si possono definire indagini non distruttive tutte quelle tecniche la cui applicazione non compromette l'integrità funzionale della struttura e, allo stesso tempo, non implica il danneggiamento o l'alterazione dell'aspetto di parti di essa. Dovrà, necessariamente, esistere una correlazione dimensionale tra la grandezza dell'oggetto indagato e la traccia lasciata dall'indagine. Le tecniche di indagine non distruttive non eliminano del tutto le prove "distruttive", in quanto spesso si rende necessario accostarle anche a prove in laboratorio su provini prelevati in situ; in questi casi però, non si rischia di prelevare campioni non caratterizzanti in quanto, la scelta viene guidata dai dati ricavati dalle indagini precedenti. Questo tipo d'indagine presenta due qualità importanti: non compromette lo stato di fatto dell'edificio neanche a livello statico e limita molto le intromissioni con le attività interne dell'edificio. In linea di massima le indagini non distruttive potranno essere ulteriormente suddivise in passive (o non invasive) e in immagini attive (o invasive): le prime annoteranno e quantificheranno i fenomeni fisici rilevabili senza interventi artificiali di stimolazione; quelle attive, invece, richiederanno, anche se in minima misura, sollecitazioni artificiali di natura diversa in relazione dai fenomeni fisici che la strumentazione in oggetto sarà in grado di rilevare.

ART. 1.1 SAGGI E VERIFICHE SUI MATERIALI E SUI METODI DI APPLICAZIONE (ESECUZIONE PROVE DI PULITURA)

Insieme di operazioni eseguite direttamente sul manufatto in aree delimitate che consente di osservare, valutare e confrontare tra loro i risultati di differenti materiali e metodologie applicative. La finalità è quella di mettere a punto nel dettaglio le tecniche di intervento più soddisfacenti in riferimento alle operazioni previste dal progetto, tenendo conto delle eventuali disomogeneità del manufatto (sia dal punto di vista del suo stato di conservazione – tipo di sporco, natura di eventuali patinature ecc. – che delle tecniche esecutive) e di eventuali nuovi dati introdotti dalle indagini preliminari analitiche (se previste dal progetto). In linea di principio l'esecuzione dei test costituisce uno strumento essenziale e imprescindibile per la progettazione di ogni intervento nella sua fase esecutiva.

L'esecuzione di saggi di verifica sui materiali e sui metodi di applicazione deve seguire alcune regole di metodo: le aree scelte devono essere contenute nel numero e limitate nell'estensione ma, al tempo stesso, devono interessare le diverse tipologie di degrado su cui si vuole intervenire con una campionatura di zone e di situazioni tale da rendere possibile la valutazione dell'esito dell'intervento nel suo insieme. La delimitazione delle aree dovrà essere realizzata in maniera totalmente reversibile; inoltre, pur considerando il carattere sperimentale dei saggi, si dovrà operare in modo tale da ridurre quanto più possibile il rischio che nelle aree perimetrali dei saggi stessi, si creino alterazioni irreversibili delle caratteristiche ottiche e formali di tonalità e di brillantezza della pellicola pittorica e/o del materiale lapideo (gore, opacizzazioni, sbiancamenti, aloni ecc.). A tale proposito sarà utile evitare che intercorra un tempo eccessivamente lungo (non più di 12 mesi) tra l'esecuzione dei saggi e l'intervento complessivo di restauro.

La descrizione e la documentazione delle diverse tecniche utilizzate per l'esecuzione dei saggi dovrà essere chiara, esauriente ed esplicita nel dettaglio operativo (dovranno, ad esempio, essere indicate la diluizione o la concentrazione nonché i tempi di contatto di eventuali solventi da impiegare per la pulitura), per essere un riferimento utile e concreto al momento di intervenire in maniera estesa. A tale scopo sarà auspicabile il ricorso, oltre che ad un testo scritto, anche a tecniche di documentazione grafiche, fotografiche o di altro tipo.

Art. 2 - -Indagini in situ atte ad approfondire la conoscenza sulle stratificazioni dell'edificato e sulle caratteristiche strutturali e costruttive

Per quanto concerne l'esecuzione e l'eventuale interpretazione delle immagini riprese, dei dati e di tutte le informazioni raccolte durante la campagna diagnostica sarà indispensabile che l'appaltatore si affidi ad operatori esperti e qualificati che abbiano piena coscienza specifica degli strumenti da utilizzare, dei materiali e delle strutture da indagare. Questo, fondamentalmente, sarà legato al fato che sovente le immagini viste e/o trasmesse dagli strumenti si rileveranno alquanto falsate e non sempre di facile interpretazione per gli "non addetti" ai lavori.

ANALISI NON DISTRUTTIVE

ART. 2.1 INDAGINE STRATIGRAFICA

L'esecuzione di indagini stratigrafiche in situ dovrà essere eseguita in una quantità sufficiente ad individuare la sequenza delle diverse fasi temporali di esecuzione delle finiture (e le relative tipologie cromatico-decorative) nonché la configurazione e l'estensione, nei limiti del possibile, degli impianti decorativi che si sono susseguiti nel tempo. L'indagine stratigrafica, se non diversamente specificato dalla D.L., dovrà essere eseguita utilizzando utensili che non danneggino la superficie pittorica (tipo bisturi a lama fissa e/o mobile, piccole spatole, vibroincisori ecc.). Le aree di intervento dovranno essere scelte in relazione alle indicazioni di progetto, alla tipologia ed allo stato di conservazione della pellicola pittorica, alla presenza di eventuali strati soprammessi dovuti a restauri precedenti e sulla scorta di notizie storico-archivistiche. In linea generale, se non diversamente specificato, i tasselli potranno essere scelti seguendo i seguenti criteri: zone meno degradate o meno soggette alle azioni degli agenti di degrado naturale, parti alte, meno soggette ad attività antropica (graffiti od affissioni deturpanti) ad opere di manutenzione periodica, aree nelle quali, sulla base delle informazioni storiche, ci si attende la presenza di impianti decorativi.

La procedura prevede la definizione dei campioni (di dimensione variabile a seconda dei casi, in ogni modo non inferiore a 5x5 cm) sulla superficie; il primo campione (di cui dovrà essere inciso solo un lato) verrà lasciato integro come testimonianza dello stato di fatto accertato, il secondo dovrà essere semplicemente pulito così da asportare eventuali depositi causa di alterazioni cromatiche dell'ultimo strato, il terzo dovrà essere inciso perimetralmente, ricorrendo all'uso di un bisturi e di una riga metallica, così da poter asportare il primo strato. L'operazione proseguirà sino ad arrivare al supporto facendo attenzione a segnalare eventuali strati intermedi di imprimitura rilevabili tra strato e strato. Ogni saggio dovrà essere delimitato e numerato con numeri crescenti dallo strato più interno a quello più esterno, dovrà, inoltre, essere riprodotto fotograficamente (utilizzando fotocamera reflex e pellicola a colori con sensibilità 100 ASA o fotocamera digitale con risoluzione minima 5,0 megapixel) da una distanza sufficientemente ravvicinata e con la minima distorsione prospettica possibile, con riproduzione della scheda di riferimento "Kodak color control". Di norma se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto si potrà procedere con l'esecuzione di minimo tre scatti a distanza differente: il primo a distanza così da inquadrare complessivamente l'area oggetto di analisi, il secondo sarà eseguito ad una distanza tale da poter inquadrare un intorno significativo dell'area di studio, ossia la massima possibile nel caso si trovi su di un ponteggio (100-150 cm), il terzo più ravvicinato a circa 10-20 cm preferibilmente con obiettivo macro ed eventualmente con particolari condizioni di illuminazione (luce radente, diffusa, incidente ecc.) così da evidenziare, ad esempio, le caratteristiche superficiali del manufatto.

A conclusione dell'indagine dovrà essere redatta una esauriente relazione illustrativa nella quale si annotino: per ogni tassello stratigrafico la successione delle cromie e dei livelli, le probabili relazioni tra le diverse unità stratigrafiche, le possibili relazioni temporali istituibili con le strutture murarie ed i relativi avvicendamenti subiti dal manufatto nel tempo, le probabili relazioni tra i risultati dell'indagine e le informazioni storiche desumibili.

ART. 2.2 INDAGINE TERMOGRAFICA (O TERMOVISIONE)

L'indagine termografica è un'analisi di tipo qualitativo, rigorosamente "non distruttiva", a carattere estensivo (fornirà tutti i dati che rientreranno all'interno del quadro dell'obiettivo rilevatore), di rapida esecuzione che consente, in tempo reale, di acquisire informazioni globali e/o parziali a seconda del contesto e dello scopo dello studio. Questa analisi si basa sul principio della termodinamica per il quale ogni corpo è caratterizzato da una propria emissione termica in relazione della sua temperatura superficiale, che a sua volta sarà condizionata dalla conducibilità termica e dal calore specifico di ogni materiale; questi due ultimi parametri interpretano, rispettivamente, la tendenza del materiale a trasmettere o a trattenere il calore. Le diversità riscontrate nell'emissione, dovute alla conducibilità termica e al calore specifico, saranno riferite ai diversi materiali (laterizio, pietra, malta, legno ecc.) che compongono la struttura e/o la superficie indagata.

La termografia opererà nella banda delle radiazioni infrarosse (I.R.) e permetterà la visualizzazione di immagini non comprese nel campo del visibile (ovvero nella banda di radiazioni elettromagnetiche comprese tra 0,4 e 0,75 micron) ma estese in quello dell'infrarosso ed in particolare alla regione spettrale compresa tra 2 e 5,6 micron per la *short wave* (infrarosso corto) e tra 8 e 12 micron per la *long wave* (infrarosso lungo). Se non diversamente specificato sarà consigliabile utilizzare strumentazioni sensibili nel lontano infrarosso in quanto sarà il più lontano possibile dallo spettro della luce visibile e quindi si rileverà il meno "disturbato". Per ottenere la sensibilità termica ottimale e quindi, un'immagine esente da disturbi, sarà necessario che il raffreddamento dei rilevatori sia a temperatura più bassa possibile, stabile ed indipendente dalla temperatura ambientale; i sistemi di raffreddamento dei sensori in uso sono sistemi criogenici che impiegheranno azoto liquido (-196 °C) od argon (-186 °C), sistemi a circuito chiuso Stirling (-150 °C) o sistemi termoelettrici (-70 °C). Se non diversamente specificato da prescrizioni della D.L. sarà sconsigliabile eseguire l'indagine in presenza di pioggia, vento e soleggiamento diretto in quanto, in tali condizioni, è probabile che la differenza di temperatura non sia dovuta ad una disomogeneità di materiali, ma piuttosto alle diversità di esposizione superficiali.

Apparecchiatura

La strumentazione termografica (la cui sensibilità varierà da -30° a +1000 °C), è costituita da una telecamera ad infrarossi con sistema ottico composta da un obiettivo frontale con focali di diversa lunghezza (grandangolo o teleobiettivo) ed unico blocco di scansione a prismi rotanti. Le lenti dovranno essere predisposte per eseguire una prima selezione del campo elettromagnetico. Un semiconduttore convertirà, in seguito, le radiazioni infrarosse in un segnale video che dopo essere preamplificato verrà, inviato all'unità di rilevazione.

La registrazione delle immagini termografiche potrà essere eseguita, a seconda delle prescrizioni di progetto, con un sistema fotografico convenzionale, su nastro magnetico o digitale. L'apparecchiatura potrà essere utilizzata sia sistemata su idoneo carrello o cavalletto sia spostata direttamente dall'operatore, la stessa dovrà essere alimentata mediante batteria o, qualora sarà possibile, dalla rete di distribuzione elettrica. L'immagine si effettuerà riprendendo con la telecamera la superficie oggetto di esame, essa sarà, immediatamente, visualizzata sul monitor dell'unità di rilevazione e, se non diversamente specificato dalla D.L., saranno registrate (con prese fotografiche o in videotape) solo le immagini termografiche più significative.

Le radiazioni termiche (I.R.) emesse dalla superficie saranno raccolte con l'ausilio della strumentazione termografica, che avrà il compito di trasformarle prima, in segnali elettrici e dopo in immagini in bianco e nero che utilizzeranno una scala di tonalità di grigio (in linea generale le tonalità scure indicheranno le zone fredde e quelle chiare le zone calde) tali immagini (il termogramma) potranno, inoltre, ove prescritto dagli elaborati di progetto essere trasportate, attraverso un'interfaccia, su monitor a "falsi colori" con una scala di riferimento che riporterà sia il campo di temperatura inquadrato per ogni colore sia le rispettive temperature assolute. Secondo le prescrizioni di progetto o specifiche indicazioni della D.L. sarà cura dell'appaltare produrre il numero richiesto di stampe fotografiche delle immagini ottenute in video ovvero, realizzare la digitalizzazione delle stesse mediante specifiche elaborazioni al computer. Se non diversamente specificato, le immagini riprese per singoli termogrammi dovranno, altresì, essere rimontate in sequenza di accostamento così da realizzare, mediante mosaicatura, un'immagine continua; le singole termoimmagini dovranno, necessariamente, essere rese a quadro verticale utilizzando, per questo comuni software di gestione immagine (sistemi di raddrizzamento, collimazione e referenziazione grafica).

Applicazioni

Questo tipo di indagine potrà essere eseguita su ogni tipo di superficie ed apparecchio murario; andrà, in ogni caso, tenuto presente che, a seconda del tipo di rivestimento, si potranno ottenere risposte differenti relative a problematiche diverse; ad esempio, per una superficie intonacata, la temperatura dipenderà contemporaneamente da una serie di fattori, quali la disomogeneità del materiale al di sotto dell'intonaco, eventuali distacchi e rigonfiamenti, la presenza di umidità, differenti esposizioni all'irraggiamento diretto, diversa temperatura di riscaldamento degli ambienti interni, fenomeni di irraggiamento indiretto da parte di eventuali edifici limitrofi, vortici e correnti d'aria. Un secondo fattore da non sottovalutare che potrà essere causa di letture falsate sarà l'influenza delle caratteristiche fisico-ambientali limitrofe al manufatto oggetto di studio (ad es., valori di umidità relativa dell'aria); di conseguenza sarà necessario che il manufatto sia "forzato" termicamente con una quantità di calore tale da garantire una differenza termica tra la superficie e l'ambiente circostante di almeno 10°C. Sarà specifica cura dell'appaltatore porre particolare attenzione qualora si dovessero svolgere indagini su superfici dipinte per le quali la sollecitazione termica dovrà, necessariamente, essere effettuata nell'assoluto rispetto delle superfici pittoriche, molto sensibili agli stress termici. In questo caso sarà fondamentale ricorrere a batterie di lampade a bassa potenza non focalizzate sulla parete da riscaldare e, comunque, localizzate a distanza di sicurezza dalle zone dipinte.

In alcuni casi, laddove la superficie da indagare non sia riscaldata per irraggiamento solare diretto (ad es., superfici esterne esposte a nord, superfici in ombra, ambienti chiusi) e dietro specifiche della D.L. l'appaltatore dovrà, necessariamente, al fine del rilevamento, utilizzare corpi scaldanti (eccitazione termico-molecolare artificiale). Il riscaldamento dovrà, preferibilmente, utilizzare termoconvettori, in grado di diffonde uniformemente il calore sulla superficie; l'uso di lampade ad infrarosso dovrà, dove sarà possibile, essere evitato in quanto comporterebbe un riscaldamento meno omogeneo e, di conseguenza, una lettura meno efficiente. Secondo le prescrizioni di progetto o di particolari problematiche di cantiere potranno essere messe in opera tre differenti procedure:

– -per riflessione: ovvero il corpo scaldante e la telecamera saranno allocate sullo stesso lato del manufatto: la telecamera rileverà le differenti intensità di luce riflesse dalla superficie;

– -per assorbimento: il manufatto sarà precedentemente sottoposto a riscaldamento e successivamente avverrà la lettura termografica;

– -per trasmissione: l'oggetto verrà interposto tra la sorgente scaldante e la strumentazione termografica così da poter memorizzare sia le radiazioni trasmesse sia quelle emesse.

L'indagine termografica potrà essere richiesta all'Appaltatore al fine di ricavare preziose informazioni nello studio del degrado dei rivestimenti (intonaci, lastre di pietra, pellicole pittoriche, piastrelle di ceramica ecc.) e delle strutture murarie evidenziando l'eventuale discontinuità dei distacchi, la stratificazione delle fasi costruttive (con conseguente lettura dei corpi di fabbrica aggiunti) individuando al disotto della superficie intonacata sia elementi architettonici e/o strutturali (quali ad es. ammorsature tra le tessiture murarie, architravi, piattabande, colonne o pilastri, inserti in legno, catene in ferro, archi di scarico ecc.), sia i differenti materiali componenti le murature (ad es. corsi di malta, pietra, mattoni, zanche ecc.); inoltre potrà essere richiesto di rilevare la presenza di eventuali tamponature di porte e finestre, la presenza di fodere e "rimpalli" murari, la tipologia dell'apparecchio murario, orditura dei solai o centinature di coperture volate celate da controsoffitti, le cavità, le discontinuità murarie e/o strutturali, le buche pontaie occluse, le canne fumarie in uso o in disuso, i distacchi i vuoti, le sbollature sotto lo strato corticale (tutti indagati sfruttando le proprietà coibenti dell'aria a riposo), nonché l'analisi dell'impiantistica mirata alla individuazione dei tracciati e delle canalizzazioni di impianti idrico-sanitari e termici in fase di esercizio, l'andamento delle dispersioni termiche (per le quali sarà conveniente operare il rilievo nella stagione invernale, quando nei locali interni sarà in funzione il riscaldamento), la distribuzione dell'umidità (una muratura bagnata sarà sempre più fredda di una asciutta in quanto le zone asciutte e quelle umide danno luogo a differenti flussi di emissione termica) e l'identificazione dei ponti termici. L'appaltatore dovrà, ove sarà richiesto, accertare, altresì, la presenza sulle superfici intonacate e sulle pietre calcaree, di zone solfatate, riconoscibili dalla temperatura puntuale che sarà dissimile rispetto a quella di zone carbonatiche.

Oltre che in fase preliminare l'indagine termografica potrà essere prescritta dagli elaborati di progetto nella fase di controllo-collaudo ad esempio, per visualizzare i percorsi preferenziali del materiale iniettato come consolidante e l'immediata segnalazione del formarsi di eventuali sacche e/o distacchi.

Specifiche

L'indagine termografica permetterà di arricchire il rilievo con carte tematiche specifiche quali la carta delle "fughe termiche" (ponti termici e zone di condensa), la carta delle discontinuità strutturali, la carta dell'umidità (con particolare attenzione verso le concentrazioni "anomale), il quadro fessurativo ecc. Al termine dell'indagine, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione di interpretazione dati); nell'eseguire la suddetta indagine l'appaltatore dovrà attenersi alle raccomandazioni NorMaL 42/93.

ART. 2.3 INDAGINE ENDOSCOPICA

L'indagine endoscopica è un'analisi analitica di tipo puntuale, di norma "non distruttiva", che permette l'esplorazione di cunicoli e cavità comunicanti con l'esterno ma non raggiungibili dalla visione diretta. Gli endoscopi, utilizzati in edilizia, sono strumenti ottici, elettronici o a fibre ottiche progettati per raggiungere cavità inaccessibili all'osservazione diretta e possono avere diametri molto ridotti che variano da pochi centimetri a qualche millimetro. Oltre al sistema ottico per l'ispezione, l'endoscopio dovrà essere dotato di una testina luminosa (in modo da consentire l'illuminazione dell'interno del foro o dell'intercapedine indagata) e di un sistema di riferimento (posto o sull'oculare o sull'obiettivo) per la stima dimensionale dell'immagine nonché, di idonei sistemi fotografici (preferibilmente fotocamera digitale ad alta risoluzione minimo 5,0 megapixel) o di registrazione (videocamera digitale) applicati all'oculare.

Apparecchiatura

Gli endoscopi potranno essere classificati in tre tipi base con caratteristiche differenti e con diverse possibilità operative:

– -*rigido (boroscopio)*: si ricollega ai sistemi ottici tradizionali (essenzialmente simile al periscopio) è costituito da una sonda rigida dotata di un obiettivo unito ad uno o più prismi ed a più gruppi ottici che trasportano l'immagine al piano focale di un oculare esterno. Di norma questo strumento potrà essere prolungato fino ad arrivare ad alcuni metri di lunghezza (circa 8 m), tale misura sarà intrinsecamente legata al suo diametro dato che il potere risolutivo dell'immagine all'oculare sarà notevolmente influenzata dalla luminosità stessa. L'illuminazione (che potrà essere a luce calda o a luce fredda) sarà garantita da una lampadina montata di norma accanto alla testa della sonda. Il sistema a luce calda presenterà sia il vantaggio di non alterare i colori dei materiali indagati, sia di garantire una buona visione, al contempo però potrebbe presentare l'inconveniente di surriscaldare determinati materiali (ad es. il legno) e di denunciare una "zona d'ombra" della sonda nel punto dove è alloggiata la lampadina. La luce fredda non avrà nessuna zona d'ombra e non apporterà calore ai materiali ma presenterà lo svantaggio di una resa luminosa minore nonché una notevole alterazione dei colori.

– -*flessibile (fibroscopio)*: le immagini e l'illuminazione saranno trasmesse con fasci di fibre ottiche (il fascio centrale avrà il compito di trasferire l'immagine mentre quello radiale servirà ad illuminare l'area oggetto di studio); questi tipi non saranno, di norma, prolungabili, ma presenteranno il notevole vantaggio di avere delle dimensioni estremamente ridotte (f 6-8 mm) e di adattarsi alla variazione di linearità del foro; questo tipo si rileverà utile qualora si dovrà indagare cavità preesistenti sfruttando fori irregolari o fessure già formate;

– -*videoscopio*: variante-evoluzione dell'endoscopio flessibile è costituito oltre che da una sonda endoscopica flessibile da un videoprocessore (che ha lo scopo di elaborare i segnali luminosi trasmessi dalla sonda) e da un monitor. Le immagini ricostruite sul video possono essere registrate su sopporti magnetici o essere sottoposte a tecniche *image processing*. Così come nell'endoscopio flessibile la testa della sonda è comandata dall'esterno.

Applicazioni

L'uso di questo strumento si rileverà utile all'appaltatore per eseguire una serie d'indagini di tipo non distruttivo come, ad esempio: la verifica dello spessore delle lastre di rivestimento, la natura e lo stato di conservazione della muratura e del suo allettamento, il controllo degli appoggi dei solai (ispezionando la geometria celata da controsoffitti), l'ispezione delle condutture d'impianti, intercapedini, canne fumarie ecc. Questa tecnica si rileverà molto valida se combinata ad altre tecniche diagnostiche, come ad esempio la termografia. Se non diversamente specificato da prescrizioni di progetto, le immagini memorizzate dovranno essere trasportate, o direttamente registrate, anche su supporto informatico e rielaborate mediante l'impiego di un computer. Questo tipo di archiviazione garantirà sia l'acquisizione di dati fissi e fruibili per successive analisi e/o confronti, sia di ridefinire, anche in un secondo momento, il processo analitico; queste immagini potranno, infine, essere, sottoposte a tecniche di trattamento di immagine digitale in modo che, grazie a sistemi di selezione cromatica, risulteranno in grado di mostrare l'eventuale esistenza di dettagli morfologici e strutturali indistinguibili all'esame macroscopico diretto.

Specifiche

Al fine di favorire l'uso di endoscopi l'appaltatore, dietro specifica autorizzazione della D.L., potrà eseguire dei fori (con trapano ad esclusiva rotazione) o dei micro-carotaggi (generalmente di dimensioni comprese tra 8 e 16 mm). Al termine dell'indagine, sarà cura dell'appaltatore fornire una soddisfacente documentazione fotografica o filmata sull'analisi nonché, restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione di interpretazione dati).

ART. 2.4 INDAGINE MAGNETOMETRICA (O MAGNETOSCOPIA)

Tecnica analitica "non distruttiva" consente il rilevamento di materiali ferromagnetici e non nascosti all'interno di materiali inerti, quali le murature e i conglomerati. Il principio su cui si basa è quello dell'induzione elettromagnetica, ovvero della capacità di un campo magnetico di indurre una corrente elettrica e viceversa. L'indagine potrà essere eseguita secondo le prescrizioni di progetto tramite un magnetometro o un *metal-detector* ovvero uno strumento composto da un oscillatore che genererà corrente ad alta frequenza attraverso una bobina; in presenza di metalli si avrà un forte assorbimento di corrente, proporzionale al quadrato della distanza. Dietro indicazioni della D.L. potrà essere utilizzato un apparecchio portatile leggermente più complesso, alimentato con batterie interne, composto da una sonda collegata via cavo con la centralina di misura; la sonda sarà costituita da una bobina che emetterà una frequenza di valore opportuna e di una seconda bobina normale a questa. Il magnetometro a doppia bobina sarà in grado di indagare più in profondità rispetto al *metal detector* monobobina. L'indagine avverrà passando, meticolosamente, con movimento lento e regolare la sonda sulla superficie da investigare (sarà, pertanto, necessario un continuo contatto con la superficie da indagare); l'eventuale presenza di metalli nell'area d'influenza farà mutare il voltaggio della bobina secondo un rapporto diametro/copertura dell'oggetto metallico; vale a dire: il segnale elettrico emesso sarà in funzione della dimensione e della profondità dell'elemento; tali variazioni verranno visualizzate sull'unità di rilevamento attraverso un indicatore di tipo analogico. L'indagine magnetometrica sarà a carattere puntuale cioè, il dato ottenuto si riferirà a ciò che sarà investito dal campo elettromagnetico, che coincide con la dimensione della sonda e non permetterà, pertanto, di valutare lo stato di degrado o di corrosione dell'elemento metallico.

Applicazioni

Negli edifici storici, l'appaltatore potrà essere chiamato ad utilizzare tale tecnica al fine di rilevare le tubature (in ghisa grigia, piombo, rame, ferro ecc.) all'interno delle murature, verificare l'esistenza di zanche, chiodature, staffature od elementi metallici di ancoraggio tra lastre di rivestimento e la struttura portante od ancora per precise localizzazioni (con relativi dimensionamenti) di rinforzi di natura metallica come tiranti, catene o capochiavi annegati nella muratura od ancora spallette metalliche di sostegno di nuove aperture. All'appaltatore potrà, anche, essere richiesta di eseguire l'indagine, mediante un particolare magnetometro detto "pacometro", al fine di individuare le gabbie di armatura nelle strutture di cemento armato (il pacometro sarà, infatti, in grado di rilevare numero e diametro dei ferri e lo spessore del copriferro, anche se, in caso di più barre ravvicinate, l'operazione dovrà essere eseguita con particolare attenzione in quanto, i segnali di localizzazione potranno influenzare la stima del copriferro).

Il rilievo con magnetometro eseguibile su manufatti con fregi decorativi e/o pittorici dovrà, necessariamente, essere governato dall'uso di apparecchi contraddistinti da emissioni di onde elettromagnetiche a bassissima frequenza e ridotta potenza.

Specifiche

Questo tipo d'indagine da utilizzare preferibilmente come completamento ad altre (ad es. termografia) presenterà i limiti di essere fortemente sensibile ai forti sbalzi di temperatura e ai forti campi elettromagnetici nonché sarà praticamente inutilizzabile per indagare oltre i 10-12 cm di profondità. Qualsiasi sia la natura dello strumento l'appaltatore dovrà rispettare le istruzioni d'uso fornite dal produttore nonché segnalare i ritrovamenti su apposita carta tematica. Al termine dell'indagine, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione d'interpretazione dati).

ART. 2.5 INDAGINE GEORADAR

L'indagine georadar (GPR *Ground Penetreting Radar*) è una metodologia geofisica di rilevazione elettromagnetica, rigorosamente "non invasiva" di carattere qualitativo (consentirà, infatti, l'interpretazione delle caratteristiche delle differenti "riflessioni" sotto forma di geometria e di intensità del segnale ricevuto) ed esteso (nonostante l'area analizzata sia circoscritta alla superficie d'appoggio dell'antenna ricetrasmittente, la registrazione avverrà facendo passare l'antenna su vasti tracciati d'indagine). Il principio su cui si basa sarà quello delle onde elettromagnetiche ad alta frequenza che verranno inserite, riflesse e ricevute, così da acquisire dati sulla natura e lo stato fisico d'elementi al di sotto delle superfici di finitura quali intonaci, rivestimenti lapidei, pavimenti ecc. La propagazione delle onde elettromagnetiche si legherà alle costanti dielettriche, proprie dei materiali, derivate, a loro volta, dallo stato fisico dei materiali stessi (conducibilità, porosità, densità, permeabilità ecc.) di conseguenza, maggiore sarà la differenza tra le caratteristiche elettromagnetiche degli elementi che compongono l'oggetto di indagine maggiore sarà la facilità e l'esattezza di registrazione dati (ad es. aria-pietra o pietra-metallo).

Apparecchiatura

Il dispositivo trasmittente-ricevente (antenna) collegato, per mezzo di un cavo in fibre ottiche, ad un'unità centrale (registratore magnetico e restitutore grafico) invierà una serie ininterrotta di impulsi elettromagnetici all'interno del manufatto ovvero del terreno. In presenza di superfici di discontinuità una prima quota di energia verrà riflessa e raccolta dalla sezione ricevente dell'antenna contemporaneamente, la porzione rimanente entrerà più a fondo per essere "specchiata" da un piano sottostante. Simultaneamente ai movimenti-rivelatori dell'antenna il registratore magnetico registrerà il segnale che verrà riprodotto da quello grafico il quale darà vita ad una sezione continua spazio-tempo, nella quale saranno osservabili le "impronte" delle diverse riflessioni o, in ogni caso, delle anomalie delle risposte. Ogni singola sezione riporterà sull'asse delle ascisse i valori della lunghezza mentre su quello delle ordinate la profondità; le intensità di riflessioni saranno ben riconoscibili con scale di colore o con differenti tonalità di grigio. Ove richiesto dalle prescrizioni di progetto sarà cura dell'appaltatore rielaborare le informazioni acquisiste con idonee ricostruzioni 3D.

Le antenne che l'appaltatore dovrà, necessariamente, utilizzare dovranno essere diverse in rapporto alla profondità d'analisi e al tipo di obiettivo richiesto dalle prescrizioni di progetto; le frequenze andranno da 100 a 1500 *MHz* (per indagini di tipo archeologico se non diversamente specificato si utilizzeranno antenne con frequenza compresa tra i 100 e i 400 *MHz* con profondità di indagine variabile da pochi metri a qualche decina di metri; per rilievi su manufatti architettonici le frequenze di esercizio saranno comprese tra i 500 e i 1500 *MHz* con profondità non superiori, di norma, a 1,5 *m*) tenendo presente, però, che più bassa sarà la frequenza più aumenterà il grado di penetrazione del segnale, ma, contemporaneamente, diminuirà in proporzione, il grado di definizione e la sensibilità di rilevazione.

Applicazione

La procedura esecutiva del rilievo radar consterà nell'esecuzione di una sequenza di sezioni radarstratigrafiche da spostare lungo percorsi di rilievo prestabiliti dagli elaborati di progetto al fine di produrre profili delle superfici indagate. L'antenna ricetrasmittente dovrà scorrere su un'area sufficientemente piana e liscia seguendo movimenti continui e abbastanza lenti. I fattori principali che l'appaltatore dovrà valutare per operare una rilevazione georadar sono: spessore del mezzo da indagare, la dimensione dell'obiettivo da ricercare e relative caratteristiche elettromagnetiche.

All'appaltatore potrà essere fatta richiesta di utilizzare l'indagine georadar nei seguenti campi:

– -archeologia con l'individuazione di siti archeologici sepolti (in concomitanza di altri tipi di indagini quali l'interpretazione aereofotogrammetrica) e il rilievo di preesistenze inaccessibili;

– -ambiente al fine di accertare la presenza di cavità, camminamenti, localizzazione di ordigni bellici inesplosi, presenza di elementi che potrebbero essere di intralcio a procedure di interramento cavi;

– -architettura/restauro al fine di accertare nelle sezioni verticali la presenza di cavedi, canne fumarie, impianti sotto traccia, stratigrafia e classificazione delle murature con identificazione delle superfici di separazione dei differenti materiali, rilievo di elementi di continuità quali fessurazioni, fratture e lesioni, l'eventuale presenza di zone umide, nonché per il controllo dell'ancoraggio di lastre di rivestimento ovvero rinforzi di natura metallica come tiranti, catene o capochiavi. In fase di controllo-collaudo potrà essere prescritta per visualizzare i percorsi preferenziali del materiale iniettato come consolidante. Nelle strutture orizzontali, invece, potrà essere richiesta al fine di determinare locali interrati, antiche fondazioni, stratigrafie di pavimenti e di solai con l'individuazione delle strutture primarie e secondarie, inoltre, nelle strutture voltate potrà, essere richiesta per stimare lo spessore del riempimento e della struttura portante.

Specifiche

Questo tipo di indagine dovrà essere, preferibilmente, utilizzata come completamento di indagini storiche ed archivistiche dalle quali sarà possibile, sia ricavare informazioni per indirizzare la scansione nonché minimizzare eventuali operazioni di scavo, sia trarre giustificazioni di quanto rilevato dal georadar. Qualsiasi sia la natura dello strumento l'appaltatore dovrà rispettare le istruzioni d'uso fornite dal produttore. Al termine dell'indagine, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione di interpretazione dati).

ART. 2.6 INDAGINE TOMOGRAFICA SONICA

L'indagine tomografia sonica è una tecnica rigorosamente "non distruttiva" che si basa sulla trasmissione e successiva ricezione d'onde elastiche con frequenza inferiore ai 5 *kHz* passanti nell'oggetto da studiare.

La tomografia sonica indagherà il manufatto con una rete molto fitta di misure soniche che attraverseranno la medesima sezione con diverse angolazioni.

La strumentazione sarà quella utilizzata per le normali indagini soniche; al fine di ridurre i tempi di acquisizione dati potrà essere indicato utilizzare un sistema di registrazione multicanale che raccolga simultaneamente i segnali. Il risultato finale si concretizzerà nella rappresentazione delle velocità per sezioni indagate (ricostruibili in 3D) secondo una scala cromatica prefissata (che potrà variare dal magenta al blu indicando il primo basse velocità e il secondo alte velocità).

Valori bassi della velocità mostreranno la variazione negativa delle caratteristiche elastiche e meccaniche indicando un possibile deterioramento della struttura.

Per assicurare un risultato attendibile sarà cura dell'appaltatore indagare la sezione con un'appropriata, quanto sufficiente, copertura angolare; questo sarà facilmente ottenibile quando si opererà in sezioni orizzontali di elementi raggiungibili da ogni lato; nel caso di murature o comunque di sezioni verticali dove l'accesso sarà possibile solo su due lati della sezione si avrà un'abbassamento di affidabilità specialmente nelle zone della sezione adiacente ai lati non accessibili.

Specifiche

Qualsiasi sia la natura dello strumento l'appaltatore dovrà rispettare le istruzioni d'uso fornite dal produttore. Al termine dell'indagine, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione di interpretazione dati).

ART. 2.7 INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA

La tomografia elettrica di superficie (ERT *Earth Resistence Tomography*) è una metodologia geofisica non distruttiva che consente di determinare la distribuzione della resistività (resistenza opposta dal terreno o dalle murature al passaggio di corrente elettrica) nelle tre direzioni spaziali; questa tecnica sarà, preferibilmente, indirizzata verso indagini di tipo archeologico (esplorazione indiretta del sottosuolo), tuttavia, ove richiesto da specifiche di progetto, potrà essere applicata anche per indagare le murature in elevazione.

Questa specifica metodologia di indagine, messa a punto per consentire un'acquisizione automatica sul campo e per un'interpretazione dei dati in termini bi-tridimensionali, si attua mediante l'utilizzo di un numero abbastanza elevato di elettrodi (16, 24, 32, 64 ed oltre a placca da applicare sulla superficie muraria o a picchetti in rame da inserire nel terreno) in relazione alla risoluzione e alla profondità d'indagine richiesta negli elaborati di progetto. I suddetti elettrodi potranno essere disposti, secondo le prescrizioni della D.L., in pozzetto (Tomografia Elettrica in Pozzo) e/o in superficie (Profili Topografici di Superficie).

Gli elettrodi dovranno essere messi in opera distanziati tra loro in ugual misura e collegati ad una apparecchiatura computerizzata allo scopo di agevolare il reperimento di una gran quantità di dati particolareggiati sull'evoluzione laterale e verticale della resistività elettrica; la corrente verrà applicata ad una prima coppia di elettrodi (identificati come A e B) così da poterne misurare la differenza di potenziale con un'altra coppia (C e D). L'operazione dovrà essere ripetuta con una seconda coppia di trasmissione fino a raggiungere il numero massimo di misure indipendenti in relazione alla quantità di elettrodi disponibili. La suddetta sequenza dovrà, necessariamente, essere pre-programmata e interamente automatica Sarà cura dell'appaltatore elaborare, mediante idonei software avanzati, i dati reperiti così da ottenere immagini 2D o 3D.

L'evoluzione sia verticale che laterale della resistività apparente dovrà essere rappresentata con un grafico (pseudosezione) dove tutti i punti di uguale resistività dovranno essere collegati da una curva detta isoresistiva. Il rilevato dovrà essere letto in modo da poter sostituire alle resistività apparenti la distribuzione delle resistività reali.

Specifiche

Qualsiasi sia la natura dello strumento l'appaltatore dovrà rispettare le istruzioni d'uso fornite dal produttore. Al termine dell'indagine, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione di interpretazione dati).

ART. 2.8 INDAGINE COLORIMETRICA

L'indagine colorimetrica è una tecnica analitica che si basa sulla caratterizzazione colorimetrica dei materiali da costruzione, in funzione di tre parametri base (tinta, luminosità e saturazione). Sarà cura dell'appaltatore utilizzare in parte la fotografia parametrizzata e/o il rilievo diretto, in parte il rilievo strumentale ed infine in ultima battuta le indagini effettuate in laboratorio. Mediante la fotografia parametrizzata (ovvero riprese fotografiche dei singoli campioni effettuate con l'ausilio di un campione di riferimento come la banda Kodak Color Control così da poter controllare le eventuali variazioni della temperatura del colore[1]), il rilievo diretto (ovvero il confronto diretto del colore, mediante il corredo di colorimetri standardizzati secondo la scala Munsell[2] o NCS[3], fino a trovare il colore più simile; colore e campione dovranno essere osservati contemporaneamente sotto luce naturale diurna preferibilmente dal medesimo operatore) ed il rilievo strumentale basato sulla misurazione della riflettanza diffusa dalla superficie dell'area-campione in esame che potrà essere eseguita secondo le prescrizioni di progetto, mediante colorimetri tristimolo (con i quali sarà possibile ottenere esclusivamente le coordinate cromatiche della tinta), mediante spettrofotometri (che daranno, in aggiunta anche la curva di riflettanza diffusa in relazione alla lunghezza d'onda) o mediante telefotometri (i quali presenteranno il vantaggio, rispetto ai precedenti, di poter operare anche a distanze rilevanti dal campione) l'appaltatore dovrà rilevare l'insieme delle tonalità cromatiche che caratterizzeranno il manufatto oggetto di studio. Le prove di laboratorio (che dovranno, necessariamente, essere precedute da attenti prelievi di limitati campioni) permetteranno, invece, di fissare le caratterizzazione chimiche delle cariche e dei pigmenti contenuti nel rivestimento.

Specifiche

Al termine dell'indagine, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione di interpretazione dati nonché la legenda di rilievo con riportata la lettura Munsell); nell'eseguire la suddetta indagine l'appaltatore dovrà attenersi alle raccomandazioni CNR-ICR NorMaL 1/93.

ART. 2.9 INDAGINE SONICA (AUSCULTAZIONE SONICA)

L'indagine sonica è una tecnica analitica di natura fisica di norma "non distruttiva" di tipo puntuale che consente di interpretare le caratteristiche qualitative dei materiali (consistenza fisica e stato di conservazione) misurando ed analizzando le modalità di propagazione di onde elastiche entro un corpo solido. La propagazione di onde elastiche dipenderà strettamente dall'omogeneità del materiale e dal suo modulo elastico.

Apparecchiature

La strumentazione che dovrà essere utilizzata dall'appaltatore dovrà essere costituita in linea generale, da una sorgente di emissione di onde elastiche (martello, vibratore elettromagnetico od ad aria compressa), da un captatore dell'energia sonica (velocimetro, accelerometro, microfono) e da un apparecchio di rilevazione dei segnali, composto da un amplificatore, un analizzatore di segnali, un oscilloscopio ed un registratore.

Applicazioni

[1] La temperatura colore esprime la quantità della luce che illumina il documento oggetto di ripresa fotografica, se le caratteristiche della luce non corrispondono con quelle per cui è stata tarata la pellicola fotografica l'immagine potrà presentare una dominante; questo inconveniente potrà essere ovviato attraverso il confronto tra la banda Kodak raffigurata nella fotografia e quella originale, le eventuali dominanti presenti potranno essere corrette via Software

[2] Il metodo *Munsell* è il sistema di codificazione dei colori raccomandato dalle norme UNI per i centri storici in Italia, si basa su tre parametri del colore: la tinta ('hue') cioè la percezione del tono assunto dall'oggetto analizzato, la luminosità o brillantezza, chiarezza ('value') cioè la capacità percepita di riflettere la luce indica quali quantità di bianco e di nero sono presenti nel colore (esiste una scala di otto grigi compresi tra il bianco ed il nero assoluti) viene misurata con un valore numerico da 1 a 9, la saturazione ('chrome') il grado di purezza, ovvero la quantità di tinta presente in un dato colore in relazione al bianco, o al nero o al grigio registrato dal valore di luminosità. La saturazione viene misurata con un valore da 1 a 15 (nella versione aggiornata del Munsell Book of Color). Un colore Munsell sarà abbinato ad una indicazione di questo tipo: 2.5 YR 6/10, la quale indicherà una tonalità collocabile ad un estremo dell'intervallo della tinta Giallo-Rosso con luminosità uguale a 6 e saturazione paria a 10. Questo sistema identifica dieci tinte principali (divise in quattro intervalli uguali, identificabili da numeri) e cinque intermedie, entrambi i gruppi sono indicati con la prima lettera del colore in lingua inglese: R = rosso; GY = verde-giallo; B = blu; RP = rosso-porpora; YR = giallo-rosso; G = verde; PR = porpora-blu; Y = giallo; BG = blu-verde; P = porpora. I campioni dei colori sono raccolti nel Munsell Book of Color che raggruppa 1450 campioni nella versione lucida e 1146 in quella opaca.

[3] Il sistema naturale dei colori (NCS) è un sistema logico di ordinamento dei colori che si basa sul modo con cui questi vengono percepiti. Ogni colore può essere identificato da una notazione NCS che si basa sulla somiglianza tra il colore in oggetto e i sei colori elementari cioè il bianco = W, il nero = S, il giallo = Y, il rosso = R, il blu = B e il verde = G.

Con tale apparecchiatura l'appaltatore rileverà la deformazione delle onde elastiche (onde sonore a bassa frequenza da pochi *Hz* ad un massimo di 16 *kHz* e ad ampia lunghezza d'onda) in un corpo sollecitato a compressione e a taglio (rispettivamente onde longitudinali o primarie P e trasversali o secondarie S): nel suo propagarsi, l'onda elastica perderà naturalmente energia, principalmente per la riduzione dell'intensità iniziale legata alla legge di propagazione, la diminuzione sarà maggiore se vi sarà una diminuzione dell'omogeneità del mezzo. Le frequenze registrate saranno, pertanto, in relazione alle caratteristiche e alle condizioni di integrità della muratura. In presenza di non omogeneità del materiale (anche minime tre elemento ed elemento) la velocità sonica di propagazione diminuirà pertanto, in caso di apparecchio murario (pietra o laterizio) composto da elementi che presentino più o meno le stesse caratteristiche elastiche la variazione di velocità potrà indicare una migliore o peggiore condizione della malta di allettamento. Le lesioni e le condizioni di degrado tagliano le frequenze più alte del segnale acustico disperdendo in modo "anomalo" l'energia.

Le indagini più ricorrenti che potranno essere richieste all'appaltatore, saranno quelle per stabilire la misurazione della profondità di piano di posa delle fondazioni di muratura portante (metodo del carotaggio sonico[4], del *cross-hole*[5] o del *down-hole*[6] sonico, tutti e tre i metodi prevedranno l'inserimento perfettamente verticale di una o più sonde nel terreno), la continuità, lo stato di conservazione e la funzionalità (intesa come tensionamento) di catene metalliche inglobate nella muratura per individuarne lesioni o discontinuità murarie, la presenza di riempimenti "a sacco" nelle murature, la presenza di cavità all'interno di un apparecchio murario e la caratterizzazione degli apparecchi murari in funzione dello strato d'aggregazione malta/laterizio.

Oltre che in fase preliminare l'indagine sonica potrà essere prescritta, dagli elaborati di progetto, nella fase di controllo-collaudo al fine di verificare la validità di un consolidamento murario: l'indagine consentirà di valutare l'eventuale incremento di densità della struttura muraria.

Al fine di ottenere dati statisticamente rappresentativi e una più corretta lettura sarà cura dell'appaltatore eseguire, se non diversamente specificato dalla D.L. o da caratteristiche proprie del cantiere (ad es., murature superiori a 80-100 *cm* di spessore), misurazioni per trasparenza[7] secondo una maglia regolare (che coprirà alcuni m2) preventivamente predisposta sulla superficie nonché elaborare una mappa della velocità che dovrà dare informazioni sui mutamenti delle peculiarità elastiche di quella data muratura nonché segnalare l'eventuale esistenza di lesioni o soluzioni di continuità (ad es., fessurazioni dovute a cattivi ammorsamenti, rinforzi ecc.).

Per migliorare ulteriormente la lettura, ove richiesto da specifiche della D.L., l'appaltatore si dovrà munire di un sistema di riferimento (ad es. misurazioni prima e dopo eventuali interventi, paragone dei risultati ottenuti in materiali ben conservati con quelli ritenuti degradati).

Specifiche

Qualsiasi sia la natura dello strumento l'appaltatore dovrà rispettare le istruzioni d'uso fornite dal produttore. Al termine dell'indagine, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione di interpretazione dati).

ART. 2.10 INDAGINE ULTRASONICA

L'indagine ultrasonica, è una tecnica analitica di natura fisica rigorosamente "non distruttiva" di carattere puntuale in grado di fornire risposte di tipo quantitativo e qualificativo; le prove potranno essere svolte in situ o in laboratorio. Questa indagine permetterà di conoscere, con accettabile precisione, la qualità e le difformità dei materiali da costruzione (pietre e legno) analizzando il comportamento e le regole di diffusione, al loro interno, di particolari onde elastiche contraddistinte da frequenze superiori ai 20 *kHz*. Il sistema si baserà sulla determinazione della velocità di propagazione delle onde sonore attraverso il mezzo studiato e sulla registrazione del segnale ricevuto.

[4] Tecnica sonica atta a misurare le caratteristiche di propagazione delle onde elastiche di tipo longitudinale (P) all'interno del materiale indagato. Questa tecnica prevedrà la messa in opera di apposite sonde (diametro massimo 45 mm) allocate in percorsi predisposti di lunghezza minima 50 *cm* e massima 150 *cm*. La sonda sarà costituita da un trasmettitore e da un ricevitore aventi distanza reciproca di circa 100 *cm*, l'impulso provocato elettronicamente dal trasmettitore dopo essersi propagato nel materiale circostante il foro verrà recepito dal ricevitore sotto forma di una sequenza di onde. Questa tecnica potrà essere utilizzata anche per murature particolarmente spesse per le quali risulterà impraticabile la prova sonica per trasparenza.

[5] Tecnica sonica atta a misurare la propagazione della velocità delle onde elastiche longitudinali. Il *cross-hole* sonico prevedrà la messa in opera di una sonda di trasmissione e una o più sonde di ricezione poste in percorsi perfettamente verticali aventi la medesima profondità; la distanza della coppia di sonde potrà variare da qualche metro fino ad una decina di metri.

[6] Tecnica sonica simile alla precedente che però prevedrà la messa in opera nel terreno della sola sonda ricevente (anch'essa allocata in foro verticale predisposto) con la sorgente di emissione di onde elastiche posizionata esternamente al terreno

[7] Misurazione (diretta) eseguita con punto di battuta e punto di ricezione collocati sulle due superfici parallele della muratura inversamente, quando i suddetti punti saranno posti sulla stessa superficie l'applicazione verrà detta per superficie (indiretta).

Apparecchiature

La strumentazione elettronica utilizzata dall'appaltatore dovrà essere composta, in linea generale, da una centralina elettronica di rilevazione dotata di un cronometro ad altissima precisione (al decimo di milionesimo di secondo) a cui saranno collegate due sonde una emittente ed una ricevente (identiche ed interscambiabili) a frequenza fissa di tipo piezoelettrico, e da un'unità oscilloscopica (collegata alla centralina di rivelazione) che visualizzerà il segnale acustico che avrà attraversato il corpo solido.

Applicazioni

Gli schemi che l'appaltatore potrà utilizzare per posizionare le sonde saranno: per trasmissione diretta (le due sonde saranno posizionate in due punti speculari su due facce parallele, metodo più attendibile); per trasmissione semi-diretta (le sonde saranno posizionate su due facce ortogonali), per trasmissione indiretta (le sonde saranno posizionate entrambe su di una faccia, metodo meno sensibile sarà obbligo, pertanto, eseguire più serie di misurazioni a varie distanze).

Se non diversamente specificato le frequenze di lavoro, potranno oscillare dai 50 ai 200 *kHz*, la scelta della frequenza e, di conseguenza, della sonda sarà legata alla singola problematica, in particolare si utilizzeranno onde ultrasoniche a bassa frequenza maggiori di 40 *kHz* ma inferiori a 200 *kHz* per indagare materiale sufficientemente compatto come pietra, laterizio e legno; onde ad alta frequenza comprese tra i 500 *kHz* d i 1,5 *MHz* per indagare la difettosità di materiali ad alta densità, molto compatti quali ceramiche e metalli.

Al fine di garantire una lettura dei dati la più esatta possibile sarà cura dell'appaltatore eseguire più serie di misurazioni nonché assicurare il miglior contatto possibile tra le sonde ed il manufatto da indagare; se non diversamente specificato da indicazioni della D.L. il contatto dovrà essere garantito interponendo, tra la superficie sensibile delle sonde e quella da analizzare, uno strato di materiale viscoso quale olio, grasso, gel, plastilina o simili. All'appaltatore potranno essere richieste tre tipologie di misure: le misure della velocità del suono in superficie, le misure radiate e le misure in trasparenza. Le prime dovranno essere svolte in modo da garantire l'identificazione delle degenerazioni superficiali del materiale; le seconde dovranno consentire di verificare l'omogeneità del materiale a differente distanza dall'area e saranno ottenibili allorché sia la superficie interna sia quella esterna saranno praticabili; infine, le misure in trasparenza dovranno essere eseguite in modo da poter analizzare il materiale in tutto il suo spessore.

Le indagini più ricorrenti (da eseguirsi in *situ* o su campioni in laboratorio) che potranno essere richieste all'appaltatore, sono:

– -per gli elementi litoidi: presenza di microfessurazioni od altre imperfezioni, spessore degrado superficiale, differenti caratteristiche meccaniche secondo i tre assi cartesiani, caratteristiche meccaniche in relazione agli standard;

– -per gli elementi in legno: spessore della degradazione superficiale, caratteristiche meccaniche rilevate nelle due direzioni, parallelamente ed ortogonalmente alle fibre, presenza di irregolarità quali nodi, microfessurazioni ecc., densità relativa;

– -per gli elementi in calcestruzzo: omogeneità delle miscele, presenza di microfessurazioni od altre imperfezioni, caratteristiche meccaniche.

Specifiche

Qualsiasi sia la natura dello strumento l'appaltatore dovrà rispettare le istruzioni d'uso fornite dal produttore. Al termine dell'indagine, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione di interpretazione dati).

Art. 3 - Tecniche per la misurazione dell'umidità - Generalità

La misurazione dell'umidità, ricorrendo all'utilizzo delle specifiche strumentazioni e metodologie, dovrà necessariamente essere indirizzata alle zone maggiormente colpite dal fenomeno; l'individuazione preliminare delle aree aggredite, consentirà di evitare dispendiose e spesso inefficaci indagini generalizzate.

In questo caso diviene di peculiare importanza valutare, durante il sopralluogo, tramite un rilievo a vista, lo stato di fatto del manufatto in relazione alle condizioni al contorno ovvero: caratteristiche geologiche del terreno, approvvigionamento e smaltimento delle acque, efficienza delle strutture (coperture, vespai, murature ecc.), condizioni climatiche ecc. A tale scopo potrà risultare utile monitorare il manufatto per un periodo di tempo (definito in relazione allo specifico caso), così da poter raccogliere una gran quantità di dati in riferimento ai punti sopra elencati; le informazioni desunte, dovranno poi essere elaborate correlate tra loro e relazionate in riferimento allo stato di fatto rilevato. Le diverse strumentazioni disponibili per tale misurazione dovranno essere in grado di fornire indicazioni a carattere comparativo così da poter determinare la differenza, all'interno di un medesimo contesto, tra una muratura sana e una aggredita da fenomeni relativi all'umidità.

In funzione degli obiettivi stabiliti potranno essere impiegati metodi ed apparecchi diversi in grado di definire, in ogni caso, il fenomeno in termini numerici: per l'umidità ambientale (temperatura dell'aria, temperatura superficiale, umidità relativa) si utilizzeranno le misure igrotermiche, mentre per l'umidità dei materiali, si determinerà il contenuto d'acqua.

La caratteristica che accomuna tutti i metodi di misurazione è che l'operazione ha carattere puntuale. Per avere un quadro generalizzabile risulterà opportuno attuare una campagna di rilevazione abbastanza estesa. Nei casi di muratura umida, causata ad esempio da fenomeni di risalita capillare, la campionatura del contenuto d'acqua, dovrebbe prevedere rilievi a diverse profondità (superficiale circa 3-4 cm, interne circa 10-12 cm e profonde > di 20 cm), allo scopo di conoscere la capacità di evaporazione della muratura a quote diverse dal piano di calpestio (ad esempio 50 cm, 150 cm e a 200 cm da terra) e per conoscere l'entità dell'azione capillare.

Le apparecchiature si diversificheranno in relazione alla specifica misurazione ovvero: misure igrometriche (psicrometro e igrografo a capello), misure della temperature dell'aria (termometri a mercurio o ad alcool, termometri a lamina bimetallica, termometri a termocoppia, termometri a semiconduttori), misure della temperatura superficiale (si utilizzano gli stessi impiegati per la misurazione della temperatura dell'aria), rilevatori di condensazione (rilevatori di condensazione ed appannamento e a variazione di resistenza), misure relative al contenuto d'acqua nelle strutture (metodi diretti e indiretti) e misure contemporanee di differenti variabili (termoigrografo, termoigrometro, termometri digitali).

ART. 3.1 MISURE IGROMETRICHE

Le misurazioni igrometriche hanno lo scopo di definire i valori dell'umidità relativa ovvero, il rapporto percentuale fra l'umidità effettivamente contenuta nell'aria ad una data temperatura e l'umidità massima che, alla stessa temperatura, potrebbe esservi contenuta. I valori dell'U.R. dovrebbero essere compresi tra il 35% e il 70%.

Lo psicrometro si compone di due termometri uguali uno con bulbo libero e asciutto e l'altro avvolto in una garza che dovrà essere mantenuta bagnata; l'attivazione di una leggera ventilazione accelererà l'evaporazione della garza con conseguente raffreddamento del bulbo mentre il bulbo asciutto non subirà nessuna alterazione. La differenza di temperatura tra i due bulbi risulterà tanto maggiore quanto più veloce sarà l'evaporazione dell'acqua; la misurazione dello scarto termico consentirà di calcolare l'U.R. dell'aria. Nei casi in cui l'umidità dovesse raggiungere i 100% lo scarto risulterebbe uguale a zero. Se allo psicrometro viene aggiunto un elaboratore elettronico risulterà possibile misurare anche la temperatura dell'aria, quella di rugiada e l'umidità assoluta. È opportuno non utilizzare tale strumentazione con temperature prossime a 0°C poiché, è facilmente intuibile, che il bulbo bagnato gelerebbe.

L'igrografo a capello si basa sulla proprietà che hanno specifici materiali (capelli umani e certe fibre organiche) di aumentare o diminuire di lunghezza al variare dell'umidità dell'aria; le variazione desunte dovranno essere riportate su indice numerico. Si tratta di uno strumento la cui praticità e facilità di applicazione lo rende particolarmente idoneo ad essere utilizzato in cantiere; occorre tener presente però, che risulta essere soggetto a perdere la taratura, per questo sarà opportuno provvedere periodicamente (ogni due tre mesi) a ritararlo. La registrazione dei dati potrà essere realizzata a discrezione dell'operatore (giornalmente, settimanalmente o mensilmente) e se accoppiato con un termometro a lamina bimetallica potrà dare anche la temperatura dell'aria.

ART. 3.2 MISURE DELLA TEMPERATURA DELL'ARIA

Le strumentazioni per operare questa misurazione sono:

- *termometri a mercurio*, si basano sul principio della dilatazione termica degli elementi; utilizzati sovente in laboratorio per tarare e controllare gli altri tipi di strumenti;
- *termometri a lamina bimetallica*, basati sulla deformazione subita da una lamina bimetallica (composta da due strisce metalliche, con diverso coefficiente di dilatazione, sovrapposte e saldate tra loro) al variare della temperatura. Lo strumento non sempre garantisce un elevato grado di precisione;
- *termometri a termocoppia*, si basano sulla differenza di potenziale che si stabilisce tra due giunzioni, di metalli diversi, mantenute a temperatura differente; mantenendo una giunzione a temperatura nota risulterà possibile dedurre la temperatura dell'altra giunzione misurando la differenza di potenziale. L'elemento di giunzione, costituito da due fili sottilissimi, consentirà di rilevare anche misure puntiformi, per contro risulterà difficile mantenere costante la temperatura di riferimento. Questi specifici termometri risulteranno particolarmente adatti per registrazioni di temperatura prolungate nel tempo;
- *termometri a semiconduttori*, si tratta di uno strumento pratico in virtù della precisione e facilità con la quale si può misurare una variazione di resistenza elettrica; la temperatura verrà rilevata attraverso un sensore composto da un elemento che varia la sua resistenza al variare della temperatura, conoscendo la resistenza elettrica risulterà possibile risalire alla temperatura dell'aria.

ART. 3.3 MISURE DELLA TEMPERATURA SUPERFICIALE

Gli strumenti atti a misurare la temperatura dell'aria risulteranno in grado di rilevare anche la temperatura superficiale a patto che sia assicurato un perfetto contatto tra l'elemento prescelto per la misurazione e la struttura al fine di evitare che la temperatura dell'aria influenzi, alterandola, la misurazione. A tale scopo, per limitare l'influenza dell'aria, l'elemento sensibile (termometri a termocoppia, a termistori o a semiconduttori) dovrà essere inserito in un cono di argilla applicato sulla superficie muraria. La temperatura interna di una struttura muraria potrà essere rilevata inserendo il cono all'interno di un foro facendo cura di riempire lo spazio, tra l'elemento e le pareti del foro con materiale compatto così da evitare l'influenza della temperatura dell'aria all'interno della cavità.

ART. 3.4 RILEVATORI DI CONDENSAZIONE

I fenomeni relativi alla condensazione difficilmente risulta possibile coglierli durante la loro azione, per questo sarà necessario ricorrere all'utilizzo di rilevatori che, grazie al collegamento ad un registratore risulteranno capaci di rilevare la durata e la frequenza del fenomeno come i:

– *rilevatori di condensazione ed appannamento*, l'operazione consiste nella misurazione dell'attenuazione che un fascio di luce a raggi infrarossi subisce dopo aver colpito una piastrina metallica fissata sulla superficie oggetto di indagine. L'eventuale presenza di condensazione sarà segnalata se il rilevatore segnalerà una riduzione di intensità del fascio in quanto assorbito dall'acqua depositatasi sulla piastrina;

– *rilevatori di condensazione a variazione di resistenza*, l'operazione di rilevazione è affidata ad una basetta isolante a bassa inerzia termica fissata al muro, che collega due elettrodi molto vicini tra loro; secondo il principio per cui la resistenza elettrica che passa tra i due elettrodi tende a precipitare in presenza di condensazione, la basetta asciutta rivelerà la resistenza elevata tra i due elettrodi denunciando così un'assenza di condensa. La risuscita dell'operazione dipenderà dallo stato della basetta che dovrà pertanto, risultare sempre pulita e priva di sali onde evitare di falsare la misurazione.

ART. 3.5 MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA NELLE STRUTTURE

I metodi che consentono la misurazione del contenuto d'acqua possono essere diretti (prove di laboratorio) e indiretti;

metodi diretti, implicano analisi di laboratorio da eseguirsi su campioni di muratura prelevati in *situ* mediante carotaggi o perforazioni:

– il metodo **ponderale** prevede l'individuazione del contenuto d'acqua calcolando la differenza tra il peso dello stato umido ed il peso dello stato secco, essiccati. Il prelievo del campione umido potrà essere effettuato utilizzando lo scalpello o la carotatrice a secco a bassissima velocità di rotazione così da non implicare sviluppo di calore e successiva evaporazione di acqua; il campione dovrà essere inserito all'interno di un recipiente (in vetro o in polietilene), preventivamente pesato, con tappo a tenuta. In laboratorio si peserà prima il contenitore con il campione all'interno e successivamente solo il campione di materiale prelevato, dopodiché si passerà all'essiccamento in stufa (tipo quelle a corrente di aria calda o con ricambio d'aria trascurabile) ad una temperatura pari a 105°C (facendo cura di non superare la temperatura di 110 °C) e alla successiva determinazione del peso del campione così essiccato e della percentuale di umidità riferita al peso umido, a quello secco ed al volume. Questo metodo, circoscrivendo i dati relativamente al campione prelevato, non potrà denunciare un valore di riferimento per tutta la muratura; perché ciò sia possibile occorrerà operare numerosi prelievi in diversi punti della struttura;

– il metodo del **carburo di calcio** si basa sulla lettura della pressione generata da un gas che si sprigiona a seguito di una reazione chimica. L'operazione consiste nel prelevare un campione di muratura che, dovrà ridotto in polvere dovrà essere mescolato, all'interno di un recipiente metallico indeformabile ed ermetico, con una dose prefissata di carburo di calcio in misura proporzionale al materiale prelevato. Dall'omogenea miscelazione delle due polveri si svilupperà dell'acetilene la cui quantità si rapporterà alla quantità di acqua presente nel campione; l'acetilene svilupperà una pressione sul manometro a chiusura del contenitore tanto maggiore quanto maggiore è il quantitativo di acqua. Lo sviluppo di acetilene è direttamente proporzionale al quantitativo di acqua che potrà essere dedotto se risulterà possibile conoscere la quantità standard del materiale esaminato; da questo si evince come l'esattezza dell'analisi dipenda dalla conoscenza della composizione del materiale, inoltre in virtù della perdita d'acqua che avviene per evaporazione durante l'operazione di polverizzazione del materiale, è opportuno prelevare il campione in condizioni che garantiscano una contenuta evaporazione superficiale di acqua.

metodi indiretti, a differenza dei metodi diretti non prevedono operazioni distruttive (prelievi di campioni) tra le diverse strumentazioni vi sono:

– -misuratori a lettura di resistenza elettrica; rilevano le variazioni di resistenza elettrica fra elettrodi (a forma di aghi) posti nella muratura. Si basano sul principio per cui risulta possibile assimilare il comportamento di una muratura umida a quello di una resistenza; le sonde applicate sulla muratura sono collegate da uno strumento di misura in grado di esprimere dei valori (in percentuale) relativi al contenuto di acqua. La corrente elettrica sarà proporzionale al contenuto di acqua per cui, maggiore sarà la presenza di acqua tanto più risulterà la conducibilità elettrica. Questo metodo non sarà in grado di effettuare misurazioni in profondità (non oltre qualche centimetro) per cui interesserà solo gli strati superficiali dei materiali inoltre, dovrà essere fatta attenzione al margine di errore legato alla presenza di sali (che influenza la resistenza elettrica) e alla natura stessa del materiale esaminato;

– -misuratori di costante dielettrica, rilevano la costante dielettrica tra due elettrodi a piastra appoggiati sulla stessa faccia della muratura (misurazione della costante del materiale di contatto) oppure, sulle due facce della parete (misurazione della costante di sezione). La prima misurazione avverrà su di una zona asciutta la seconda su di una zona umida; il confronto tra le due differenti misure consentirà di ricavare il valore dell'umidità. A differenza degli elettrodi ad ago, quelli a piastra risultano meno influenzabili dalla presenza di sali;

– -misuratori del contenuto d'acqua a neutroni, il materiale viene attraversato da microonde; l'attenuazione della loro energia iniziale sarà connessa alla presenza di acqua nel materiale esaminato.

ART. 3.6 MISURE CONTEMPORANEE DI DIFFERENTI VARIABILI

La specifica strumentazione non restituirà dati in tempo reale e dovrà necessariamente essere posizionata in *situ* per una durata di tempo prestabilita. Gli strumenti più comunemente usati sono:

– *termoigrografo,* lo strumento legge e trascrive i dati relativi alla U.R. e alla temperatura tramite l'ausilio di un cilindro (unità di registrazione) che riporta un apposito tabulato in carta sul quale verrà adagiato un ago che riporterà l'andamento giornaliero relativo alla temperatura e all'umidità;

– *termoigrometro*, tramite l'ausilio di apposite sonde lo strumento risulterà in grado di registrare l'umidità assoluta (da 0,1 a 150 g di acqua per kg di aria), l'umidità relativa (dal 15 al 90%), il punto di rugiada (da -40° a + 60 °C) e la temperatura dell'aria (da – 40 a +120 °C);

– *termoigrometri digitali*, risulteranno in grado di rilevare l'umidità relativa e la temperatura ambiente reagendo rapidamente alle variazioni di umidità.

Art. 4 – Monitoraggio rilievo dinamico

Con il termine monitoraggio o rilievo dinamico dovrà essere inteso un sistema di registrazione temporaneo di dati la cui conseguente interpretazione determinerà una casistica comportamentale del fenomeno. In tali procedure di "rilievo" (riproposte in maniera ciclica più o meno regolare) la frequente memorizzazione dei dati richiederà, di metodi di rilevazione da attuarsi in tempi relativamente ridotti e possibilmente a costi contenuti. Controlli ripetuti nel tempo serviranno a limitare i rischi che si manifesteranno negli intervalli di transizione (ovvero nel lasso di tempo in cui i manufatti non saranno "protetti") durante i quali i deterioramenti potrebbero progredire in maniera incontrollata.

Tutti i sistemi di monitoraggio necessiteranno obbligatoriamente di una accurata manutenzione da parte dell'appaltatore, così da poter verificare periodicamente il corretto funzionamento del sistema e dell'eventuale taratura degli strumenti.

ART. 4.1 TELERILEVAMENTO

Al fine di documentare l'evoluzione delle patologie del degrado e lo stato di conservazione degli apparecchi murari o delle strutture in genere nel periodo durante il quale esse rimarranno non protette ovvero durante periodi di stasi dei lavori, sarà cura dell'appaltatore, ove prescritto dagli elaborati di progetto, eseguire alcuni monitoraggi-campione (nel numero e della dimensione indicata dalla D.L.) lungo tutte le strutture, nelle diverse esposizioni e su differenti materiali. Tali rilevamenti-campione saranno eseguiti mediante telerilevamento (indagine non distruttiva, passiva, indiretta) ossia fotografie ripetute ad intervalli di tempo regolari "commentate" in apposite schede pre-progettate e/o aggiornate in corso d'opera (v. specifiche in calce a questo articolo). Il telerilevamento dovrà, necessariamente, essere eseguito in un lasso di tempo pre-programmato secondo le esigenze del progetto e della tipologia di indagine (variabile da poche settimane a diversi mesi). In questa particolare "indagine-rilievo" l'appaltatore dovrà porre particolare cura sia nell'eseguire le riprese fotografiche (ripresa a quadro verticale ossia conservando il parallelismo tra superficie in analisi e piano focale), seguendo le indicazioni dettate dalla D.L., sia nel compilare per ogni singolo fotogramma significativo utilizzato per il monitoraggio i campi presenti nella specifica scheda tipo di rilievo.

Applicazioni e apparecchiature

Al fine di eseguire la procedura di rilievo dinamico (monitoraggio) l'appaltatore potrà utilizzare il telerilevamento avvalendosi secondo le prescrizioni di progetto di fotografie in b/n, a colori o all'infrarosso (I.R.).

La fotografia sia in b/n sia a colori eseguita mediante fotocamere 35 mm reflex (ovvero in formati maggiori opportunamente equipaggiati) o digitali (risoluzione minima 5,0 Megapixel) costituirà non solo un mezzo ausiliario alle operazioni di rilevamento ma anche una vera e propria tecnica di indagine sussidiaria al rilevamento in quanto essa sarà rivolta a verificare ed integrare le informazioni della rappresentazione grafica segnalando aspetti difficilmente documentabili attraverso il disegno (quali ad es. le patologie degenerative o lo stato fessurativo) al contempo si rileverà un utile strumento di monitoraggio e/o di controllo delle trasformazioni subite dal manufatto nel corso dell'intervento di restauro o, più in generale della sua vita.

La fotografia in b/n e a colori potrà essere richiesta, all'appaltatore, oltre, naturalmente come mezzo documentario (foto di servizio periodiche che dovranno documentare il progredire delle operazioni di restauro nel numero e dimensioni che saranno volta per volta indicati dalla D.L. in ogni caso non meno di 2 copie per un minimo di 50 scatti con dimensioni minime 13x18 cm), sia come strumento di interpretazione del manufatto (verifica ed integrazione rilievo), sia come strumento per realizzare il rilievo dinamico (monitoraggio) a patto, però, che le fotografie scattate offrano la possibilità di essere "misurate". Al fine che la misurazione di un oggetto fotografato sia possibile dovrà essere cura dell'appaltatore introdurre degli elementi come aste o reticoli quadrati (suddivisi all'interno in quadri di 10 x10 cm), basi di misurazione dirette ecc. capaci di segnalare le dimensioni dell'oggetto rappresentato. La fotografia dovrà essere, inoltre, priva di "effetti"; nella fattispecie: linee cadenti, ombre proprie, ombre portate molto scure e, soprattutto, occorrerà evitare, ricorrendo a vari tipi d'accorgimenti fotografici, distorsioni prospettiche. Le immagini dovranno essere scattate a quadro rigorosamente verticale e parallelo alla superficie stessa, comprendendo l'intero prospetto ovvero transetti verticali e/o orizzontali, (indicati dagli elaborati di progetto o specifiche della D.L.) con ampie zone di sovrapposizione (almeno per 1/3). Allo scopo di facilitare la corretta sovrapposizione delle fotografie sarà cura dell'appaltatore spostarsi parallelamente alla facciata seguendo intervalli costanti in precedenza segnalati a terra (mediante sagole tese).

Se non diversamente specificato dalla D.L., al fine di garantire un'immediata lettura del manufatto sarà cura dell'appaltatore utilizzare pellicole a colori (a grana fine e bassa-media sensibilità 50-100-200 ISO a seconda delle condizioni di luminosità ambientale) grazie alle quali sarà possibile riconoscere, sia la diversità dei materiali presenti, sia eventuali alterazioni cromatiche generate da diversi fattori di degrado. Al fine di migliorare la qualità dell'immagine potranno essere utilizzati filtri correttivi quali grigi neutri (aiutano a diminuire la quantità di luce senza alterarne la qualità, potranno essere utilizzati sia per il b/n sia per il colore), di contrasto per accentuare particolari significativi (nel b/n il filtro arancio amplificherà il contrasto generale, quello blu diminuirà il tono delle murature, quello verde farà emergere le tonalità delle ocre e delle terre bruciate e naturali), di selezione (i filtri ultravioletti circoscriveranno gli effetti della foschia nonché le dominati bluastre nelle foto a colori), infine, i filtri polarizzatori aumenteranno la saturazione dei colori annullando eventuali riflessi non voluti.

In linea generale dovranno essere evitate, se non direttamente specificato, riprese eseguite con luce solare diretta (così da eludere le ombre che potrebbero rendere non chiara l'immagine), sarà, inoltre, preferibile utilizzare sempre il cavalletto ed eventualmente, dove sarà necessario, un sistema d'illuminazione artificiale continuo di tipo cinematografico (provvisto di mascherine laterali così da permettere di regolare la direzione della luce) anche per riprese diurne (allo scopo di eliminare eccessivi contrasti o schiarire le ombre) in luogo del flash. Questo sistema di illuminazione continua dovrà essere preferito anche in condizioni particolari come quelli di scarsa illuminazione (ambienti ipogei, scantinati, sottotetti ecc.) o riprese seminotturne al fine di esaltare le condizioni di illuminazione artificiale così da valorizzare porzioni del manufatto oppure per esaltarne i risalti e le scabrosità della superficie (ad es., segni di lavorazione, scagliature, distacchi ecc.) ricorrendo a luci radenti ovvero con sorgente luminosa quanto più possibile parallela al piano della superficie da indagare.

Utilizzando due fonti di illuminazione artificiale, opportunamente posizionate, si potranno pertanto, ottenere due diversi tipi di ripresa: una "morbida" (ottenuta con luce perpendicolare ovvero diffusa) e una "radente" (ottenuta posizionando la fonte di luce a lato del punto di ripresa con un'angolazione compresa tra i 5° e i 20° rispetto al piano della superficie). Il primo tipo di fotogrammi consentirà di ottenere viste omogenee, ottime basi per l'eventuale elaborazione di ulteriori rappresentazioni grafiche, mentre il secondo tipo garantirà una lettura più specifica di alcuni fattori macroscopici come appunto la scabrosità della superficie, eventuali incisioni del supporto, micro soluzioni di continuità ecc.

La fotografia all'infrarosso (IR) utilizzerà pellicole fotografiche sensibili ai raggi infrarossi (lunghezza d'onda compresa tra i 0,7 e 1 micrometri), ossia a radiazioni termiche spontanee emesse da qualunque corpo esistente in natura; queste pellicole saranno in grado di trasporre il dato elettromagnetico in dato visivo. Mediante le riprese con le suddette pellicole, l'appaltatore sarà in grado di evidenziare discontinuità costruttive, distacchi d'intonaco, vegetazione annidata negli interstizi dell'apparecchio murario e non ancora apparsa in superficie. la fotografia da infrarosso permetterà, inoltre, di rilevare lesioni passanti, allorché sia presente, tra le due facce della parete, una significativa differenza di temperatura (che potrà essere riportata anche artificialmente). Al fine di avere un'immagine nitida sarà consigliabile seguire gli scatti dopo aver sottoposto, preventivamente, le parti a riscaldamento uniforme (artificiale o solare).

Specifiche

A termine dell'indagine ovvero a scadenze prestabilite sarà cura dell'appaltatore restituire le immagini nel numero e dimensioni che saranno prescritti dagli elaborati di progetto. In ogni caso, i fotogrammi, dovranno essere muniti sia di un numero di riferimento progressivo del rullino e dello scatto con relativa data, sia di indici subordinati relativi a particolari seriazioni indicate dagli elaborati di progetto; inoltre per ciascuna immagine fotografica sarà indicato, su di un grafico in scala convenientemente ridotta, la localizzazione (determinata anche in altezza) del relativo punto di presa e sarà redatta una scheda del tipo A se si tratterà di foto non metrica, del tipo B se si tratterà di foto metrica (in entrambi i tipi di scheda dovranno essere riportati la distanza tra il punto di presa e l'oggetto, la macchina con cui è stato eseguito il rilievo, il tipo di obiettivo, la sensibilità della pellicola utilizzata e le condizioni ambientali) e del tipo C se si tratterà di foto di monitoraggio. Per ciascuna fotografia scattata con fotocamera reflex dovranno essere presentati il negativo e due copie (compresa quella schedata) su carta semilucida (dimensioni minime 13x18 cm). Resta inteso che tale campagna fotografica dovrà essere eseguita da esperto professionista del ramo con relativa attrezzatura.

ART. 4.2 MONITORAGGIO DEL QUADRO FESSURATIVO

La presenza di un quadro fessurativo richiede che l'appaltatore disponga, secondo le prescrizioni di progetto e/o le indicazioni della D.L., di un sistema di monitoraggio che consenta di rilevare il comportamento delle fessurazioni nel tempo; lo studio potrà avvenire in modo differente in funzione dell'importanza della fabbrica, delle lesioni, deformazioni od alterazioni presenti. È necessario, prima di tutto, comprendere se il quadro fessurativo al momento del rilevamento sia di tipo attivo o passivo ovvero in evoluzione oppure in stasi; nel caso sia riscontrata la prima ipotesi dovrà, essere individuata la causa che genera tali spostamenti e in che misura essi avvengono. La struttura muraria è, infatti, in grado sia di deformarsi plasticamente senza incorrere nell'immediato collasso, sia di definire un nuovo stato di equilibrio, dissimile dall'originale ma in grado, comunque, di assicurare, se pur ridotta, una stabilità. La verifica di tale contingenza dovrà, necessariamente, essere attuata poiché rappresenta un parametro necessario per definire gli interventi di consolidamento.

Gli strumenti attualmente disponibili capaci di eseguire il monitoraggio di fessurazioni sono diversi e si contraddistinguono per i diversi gradi di precisione che hanno; i più impiegati sono le biffe, i fessurimetri, i deformometri o gli estensimetri. La lettura e i controlli dei punti fissi predisposti inizialmente, potranno avvenire saltuariamente (mensilmente, bisettimanale, settimanale quanto più grave risulterà il fenomeno di dissesto) o di continuo sotto la forma della registrazione automatica. Per un corretto studio dei cinematismi delle lesioni si rileverà, opportuno, misurare anche l'andamento delle temperature così da compensare eventuali effetti connessi alla dilatazione termica dei materiali.

Specifiche

Qualsiasi sia la natura dello strumento l'appaltatore dovrà rispettare le istruzioni d'uso fornite dal produttore. A scadenze pre-programmate, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione di interpretazione dati).

Biffe di malta

Le biffe, a forma di doppia coda di rondine con la sezione minima in corrispondenza della fessurazione, dovranno essere applicate trasversalmente alla lesione, in corrispondenza del ventre di questa. La biffa dovrà essere posizionata sul vivo della muratura, in caso di fessurazione passante, sarà opportuno introdurre della malta inserita quanto più è possibile dentro la fessurazione in modo da impedire possibili cavillature nella parte mediana della spia causate da un ritiro accelerato. La malta da usare per la costruzione di biffe potrà variare in relazione a dove dovrà essere posizionata. Nel caso in cui la zona sia interna o non esposta agli agenti atmosferici ed a fenomeni d'umidità, sarà preferibile usare una malta a base di gesso; questo tipo di biffa oltre a non manifestare l'inconveniente di fessurazioni da ritiro, possiede una resistenza inferiore a quella dell'intonaco risultando così più appropriata per la segnalazione di fessure in movimento. Per una biffa posizionata all'esterno, sarà, invece, consigliabile utilizzare una malta magra a base idraulica o bastarda (in ogni caso esente da legante cementizio o eminentemente idraulico). Le dimensioni di un a biffa di malta, se non diversamente specificato da indicazioni della D.L., saranno di circa 16-20 cm di lunghezza per uno spessore non superiore ad 1 cm.

In corrispondenza d'ogni biffa dovrà essere segnato sul muro un numero di riferimento e la data di posizionamento, questi dati dovranno essere trascritti in un registro al fine di ricostruire, graficizzandoli, gli eventuali movimenti subiti dalla struttura nel tempo. Le estremità delle diramazioni della lesione (cuspide) ed il ventre della stessa dovranno essere siglati e datati. Il controllo della biffa andrà eseguito, da parte dell'appaltatore, ad intervalli di tempo preferibilmente costanti e tanto più assidui quanto più grave risulterà il quadro fessurativo. La rottura della biffa potrà segnalare la presenza di dissesti in atto ma non potrà indicarne la loro natura. Al termine delle rilevazioni, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni nella forma prescritta dagli elaborati di progetto.

Vetrini

Spia dal comportamento simile alla biffa in malta ma di materiale diverso; questi elementi atti al monitoraggio delle lesioni si concretizzano in rettangoli di vetro a basso spessore (inferiore a 2 mm) posti a ridosso della fessura e fermati con colle, stucchi o malte posati esternamente ai lembi della lesione stessa. Questo metodo risulta poco attendibile in quanto il vetrino potrà presentare l'inconveniente di rompersi per effetto dell'escursione termica dei materiali oppure rimanere integro in presenza di dissesti strutturali perché scivolato sulla malta di fissaggio.

Fessurimetri millimetrati

Questa strumentazione è costituita da due placchette in materiale plastico (in genere materiale acrilico o PVC) assemblate sovrapposte e apposte a cavallo della lesione mediante sistemi previsti dall'azienda produttrice (tasselli, stucchi epossidici, mastici, resine ecc.). La piastrina superiore sarà incisa con un reticolo mentre quella inferiore sarà calibrata in millimetri. La misura del movimento della fessura, rilevabile anche in frazioni di millimetro, sarà segnalata dallo spostamento del reticolo rispetto alla placca millimetrata sottostante, a partire dal valore zero. Di norma la rilevazione massima consentita da questo strumento sarà di 20-25 mm. Questo tipo di strumento risulterà particolarmente adatto per:

- -rilievo su superfici piane di movimenti verticali od orizzontali anche simultanei;
- -rilievo lesioni d'angolo soggette a movimenti bi-direzionali anche simultanei;
- -rilievo di cedimenti od assestamenti di pavimentazioni rispetto a murature o pilastri;
- -misura della differenza di planarità di qualsiasi superficie lesionata.

Ogni strumento dovrà essere munito di propria scheda di registrazione così da segnalare ogni movimento delle lesione. Al termine delle rilevazioni, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni nella forma prescritta dagli elaborati di progetto.

Deformometri

Un controllo più attento del quadro fessurativo potrà essere effettuato utilizzando un deformometro: strumento removibile di minimo ingombro, in grado di misurare il progredire delle lesioni, su basi fisse, nell'ordine del micron (millesimo di millimetro). L'appaltatore applicherà, fissandole al muro con resina biconponente, da ambo i lati della fessura due "pasticche" in acciaio inox (prismetti esagonali concavi) di circa 20 mm per 5 mm di spessore, dette "basi", munite di foro al centro. La distanza reciproca dei "capisaldi" sarà stabilita da una dima di fissaggio avente la lunghezza corrispondente alla posizione iniziale del comparatore millesimale (pari a 100, 150 o 200 mm). La verifica verrà eseguita mediante una barra d'acciaio "invar" munita di un comparatore millesimale e, ai lati, di due punte una fissa e l'altra mobile. La lettura verrà concretizzata sovrapponendo alle piastrine (le sole parti fisse in sede) dei punti di misura assicurati alla barra con il comparatore (deformometro); qualora si verificasse diversità dell'intervallo tra i due punti fissi a cavallo della fessura, lo spostamento sarà determinato dal movimento della punta mobile collegata al compartore, consentendo così di appurare nonché misurare il movimento avvenuto. Se non diversamente specificato da indicazioni di progetto o specifiche della D.L., sarà sufficiente eseguire le letture una volta al mese salvo nei casi di quadri fessurativi rilevanti, in questo caso le letture dovranno essere eseguite ogni due settimane od ancora più frequentemente. Applicando tre piastrine, ed eseguendo ciclicamente le misure di trilaterazioni, potranno essere valutate le traslazioni relative tra i blocchi separati dalla lesione stessa. Una quarta base permetterebbe, infine, di ottenere anche le rotazioni tra i due maschi murari nonché la localizzazione del centro di rotazione: così facendo sarà possibile rappresentare in modo completo i movimenti relativi. Al termine delle rilevazioni, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni nella forma prescritta dagli elaborati di progetto.

Estensimetri

Il principio di funzionamento sarà analogo a quello del deformometro, essendo il rilevamento dello spostamento misurato per variazione della distanza relativa tra due punti iniziali a cavallo della lesione da monitorare. Qualora sia possibile porre lo strumento in ambienti non frequentati (ossia in ambienti non accessibili se non agli addetti ai lavori) è consigliabile utilizzare estensimetri autoregistranti: apparecchi simili al precedente ma con il vantaggio di avere incorporata una penna che graficizza gli spostamenti disegnandoli su di un rullo mosso da un sistema ad orologeria. Questo sistema documenterà, in ogni momento, l'eventuale spostamento della struttura sotto monitoraggio così da permettere di controllare quei movimenti "alternativi" dovuti alle variazioni termiche o igronometriche d'ambiente. Per risalire al moto, come nel caso dei deformometri, sarà cura dell'appaltatore, installare trasversalmente alla lesione due estensimetri con le rispettive barre normali tra loro. Al termine delle rilevazioni, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni nella forma prescritta dagli elaborati di progetto.

ART. 4.3 -MONITORAGGIO AMBIENTALE (RILEVAZIONI DELLE CONDIZIONI TERMOIGRONOMETRICHE E MICROCLIMATICHE)

Il monitoraggio ambientale si verificherà utile al fine di poter apprendere le reali condizioni dello specifico contesto ambientale che interagisce con le aree archeologiche (dove risulterà indubbio che le condizioni ambientali saranno il principale fattore delle cause di degrado), i fabbricati e con gli spazi interni così da poter stabilire, le eventuali concause legate ai fenomeni di alterazione quali l'invecchiamento dei materiali e/o delle strutture del fabbricato. Si tratterrà di una serie di indagini puntuali, non distruttive o solo parzialmente distruttive (al fine di estrapolare un campione), da realizzare in situ e/o in laboratorio, che dovranno garantire di raggiungere risultati fondamentalmente di carattere quantitativo oltre che qualitativo.

Di norma il monitoraggio ambientale dovrà essere eseguito per almeno un anno o comunque per il tempo stabilito in accordo con la D.L., se non diversamente specificato l'appaltatore dovrà prevedere di eseguire almeno due campagne di rilievo in un'ottica bi-stagionale (ad es. inverno-primavera o estate-autunno) della durata minima di 30 giorni ciascuna. Le informazioni inerenti il rilevamento microclimatico potranno, eventualmente, essere integrate con dati e medie di periodi più ampi, forniti da enti e istituzioni preposte quali ASL, uffici provinciali e regionali, uffici meteorologici, università ecc. L'esame di dati pregressi consentirà all'appaltatore di individuare le serie storiche, informatizzando i dati potrà, inoltre, ricavare gli andamenti caratteristici così da individuare i periodi dell'anno favorevoli per l'impostazione delle campagne di rilevamento.

Tramite la lettura e la conseguente interpretazione dei dati termoigronometrici sarà possibile acquistare informazioni sull'evoluzione dell'umidità e delle temperature così da valutarne l'eventuale tendenza alla formazione di condensa, quadri fessurativi causati da spostamenti "stimolati" dal calore, alterazioni causate dalle differenti intensità degli attacchi ambientali ecc. I parametri legati a questo specifico monitoraggio che dovranno, necessariamente, essere acquisiti dall'appaltatore sono:

- -temperatura dell'aria interna ed esterna;
- -umidità relativa interna ed esterna;
- -temperature delle pareti;
- -qualità, frequenza ed intensità delle precipitazioni meteoriche;
- -velocità e direzioni venti dominanti;
- -illuminazione naturale;
- -irraggiamento solare;

– -presenza di agenti inquinanti (anidride carbonica, anidride solforosa e solfatica, ossido di azoto, ozono ed ossidanti, acido cloridrico, acido fluoridrico ecc.);

– -emissioni provenienti da impianti industriali e dalla produzione di energia;

– -vibrazioni dovute a presenza di traffico veicolare.

Il sistema di monitoraggio ambientale potrà essere realizzato in riferimento alle disposizioni di progetto, con due differenti metodologie e strumentazioni:

a) *stazioni rilevatrici computerizzate* possono gestire una grande quantità di dati consentendo un rilevamento diretto in relazione degli obiettivi dell'analisi. Mediante l'uso di idonei software sarà possibile gestire simultaneamente diversi sensori e ricavare i dati secondo condizioni specifiche (ad es., ogni mezz'ora o attivando la registrazione ogni qualvolta si presentino determinate condizioni prestabilite);

b) *data loggers* ovvero sistemi autonomi miniaturizzati autoalimentati per la memorizzazione (di norma più di 10.000 dati per ogni paramero) ed il controllo dei parametri ambientali che causano i maggiori danni al patrimonio storico-artistico; i più semplici rileveranno soltanto la temperatura ed umidità relativa quelli leggermente più complessi anche i raggi ultravioletti e le radazioni visibili. Gli ultravioletti saranno misurati come proporzione degli U.V. presenti (mW/lumen) o come totale (mW/m2), la misura della radiazione visibile come Lux o candele. La temperatura potrà, invece, essere misurata in scala °C o °Fe l'umidità come UR% o come punto di rugiada. Offrono la possibilità di impostare la durata del test, l'intervallo della lettura, anche con avvio ritardato, il salvataggio dei dati su disco così da poterli esportare e lavorare su fogli elettronici ovvero rendere i dati in forma tabellare o in grafico di altra forma. Queste apparecchiature offriranno, inoltre, la possibilità di scaricare i dati parziali senza fermare la registrazione. Se non diversamente specificato le rate di acquisizione potranno essere 10 sec (30h)/1 min (7gg) – 10 min (75gg)/60min (454 gg).

c) di ridotte dimensioni in grado di amministrare uno o due sensori capaci di registrare i valori ciclicamente.

Specifiche

Questo tipo di indagine si potrà rilevare molto utile anche in fase preventiva ad una campagna di scavo archeologico come controllo ottimale per tutti quei fenomeni di deterioramento che la vestigia potrà subire durante e dopo il ritrovamento. Pertanto se non diversamente specificato dovrà essere fatto obbligo di provvedere al monitoraggio ambientale prima durante e dopo la campagna si scavo.

A scadenze pre-programmate, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione di interpretazione dati). Nell'eseguire il suddetto studio-monitoraggio dei parametri ambientali l'appaltatore dovrà attenersi alle raccomandazioni NorMaL vigenti.

Art. 5 - -Indagini meccaniche in situ al fine di determinare le caratteristiche tensionali dei materiali e delle strutture

La conoscenza delle condizioni d'equilibrio e della resistenza ai carichi, nonché la stima delle peculiarità meccaniche e tensionali di una muratura si rileverà operazione fondamentale per procedere alla redazione di un progetto di restauro. Senza queste informazioni non sarà, infatti, possibile stabilire il grado di sicurezza e le potenzialità in caso di nuove condizioni d'utilizzo, stimare gli eventuali sovraccarichi spinti nelle murature, programmare appropriate procedure esecutive di consolidamento.

ANALISI MINIMAMENTE DISTRUTTIVE

ART. 5.1 CAROTAGGIO

Operazione manuale o meccanica che prevede l'esecuzione di prelievi di "carote" (campioni anche di piccolo diametro circa 28 mm) di materiale da strutture in pietra, legno, calcestruzzo e terreni da sottoporre a successive analisi di laboratorio (al fine di determinare la resistenza a compressione, a flessione, a trazione e a taglio). Questa operazione potrà, inoltre, essere anticipatrice di indagini con endoscopi. L'estrazione del campione cilindrico dovrà essere eseguita obbligatoriamente mediante carotatrici a sola rotazione di diametro indicato dalla D.L. (in ogni caso non superiore ai 100-150 mm) così come sarà indicato dalla D.L. l'eventuale uso o l'assenza di acqua, così da non provocare eventuali danni alle strutture. Sarà cura dell'appaltatore compilare per ogni carota un'appropriata scheda pre-impostata dove dovranno essere riportati i dati del carotaggio (data, durata, verso, diametro, inclinazione di perforazione, lunghezza totale spessore murario) e l'immagine fotografica della carota distinta nella lunghezza per materiali e relativi leganti, per tipi di muratura nei rispettivi rapporti dimensionali.

Al termine dell'indagine, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto

ART. 5.2 INDAGINI CON MARTINETTO PIATTO SINGOLO O DOPPIO (FLAT-JACK TEST)

Le indagini esecutive con i martinetti piatti sono indirizzate alla definizione dello stato di sollecitazione di una porzione di muratura (prova con un solo martinetto) ed alla determinazione di parametri meccanici della stessa (prova con doppio martinetto) ovvero determinazione delle caratteristiche di deformabilità (modulo elastico), di resistenza a compressione e di resistenza al taglio lungo i corsi di malta. Questa prova si porrà, pertanto, come alternativa alle prove di laboratorio condotte su campioni prelevati in situ.

Dal momento che l'indagine avrà carattere puntuale e, di conseguenza, i dati avranno valore in specifiche porzioni di muratura, per ottenere valori rappresentativi di un'intera parete si rileverà utile scegliere un campione d'indagine dove si presumerà che esista uno stato tensionale medio. Da quanto detto è facilmente intuibile che i risultati ottenuti in zone caratterizzate da anomalie dimensionali o di carico (quali ad esempio aperture, appoggi di travi, variazioni di spessori) si rileveranno poco indicativi; una soluzione a questo problema potrà essere quella di eseguire, dove sarà possibile, una misurazione su entrambi i lati della muratura in modo da individuare la tensione media.

Il numero e la localizzazione del campione da indagare dovranno obbligatoriamente essere accuratamente stabiliti dalla D.L.

Apparecchiatura

La strumentazione consisterà in un martinetto piatto che potrà essere schematizzato in una doppia "membrana" di metallo (o altro materiale flessibile) molto sottile saldato lungo i bordi collegato attraverso un tubo ad una pompa idraulica tra questa ed il martinetto sarà montato un manometro ad alta precisione per il controllo della pressione; il martinetto sarà alimentato da un circuito oliodinamico. Le dimensioni e il tipo dei martinetti saranno diversificate e stabilite dalla D.L. in relazione all'elemento strutturale oggetto di studio (apparecchiature di piccole dimensioni saranno utilizzate per strutture puntuali quali colonne, pilastri, archi, volte ecc., dimensioni maggiori saranno, invece, utilizzate per sezioni di muratura continua) nonché al tipo di muratura esistente, saranno, in ogni caso, comprese tra dimensioni pari a 12 x 12 cm, 24 x 12 cm, 40 x 20-25 cm, con uno spessore variabile da 0,8 a 1 cm. Per le strutture murarie sarà, inoltre, necessario che le dimensioni siano stabilite in modo da impegnare la maggior parte dello spessore della muratura o quantomeno uno spessore minimo di 15 cm (ottimale sarà impegnare almeno due teste di mattoni).

Applicazione

Misura dello stato tensionale

La prova realizzata dall'appaltatore prevedrà l'applicazione, lungo la linea selezionata, di un numero n di coppie di riscontro (ad es., pasticche metalliche) sui quali verrà applicato un deformometro lineare o altro dispositivo di misurazione scelto comunque dalla D.L. al fine di rilevare le letture delle distanze d_0 tra i singoli punti precedentemente al taglio.

In seguito si eseguirà il taglio (mediante seghe tagliamuro o mediante carotiere, praticando più fori ravvicinati ed eseguendo una successiva finitura a mano secondo le prescrizioni della D.L.) ovvero i tagli in relazione al tipo di prova. I tagli che, se non diversamente specificato, dovranno avvenire in corrispondenza dei giunti di malta, potranno interessare l'intera sezione della muratura o solo una porzione di essa a seconda dei sistemi mesi in opera. Dopo il taglio sarà cura dell'appaltatore eseguire una nuova lettura della base a cavallo del taglio rilevando un valore d minore del d_0 precedente dato che la fessura provocherà, localmente, un rilascio delle tensioni con il conseguente avvicinamento dei bordi.

Dopo tale misurazione l'appaltatore dovrà inserire, nella fessura, un martinetto piatto che, verrà gradualmente messo in pressione (scalini di 1 Kgf/cm2) con il conseguente rilevamento delle letture mediante deformometro. La prova prevedrà cicli di carico e scarico a livelli crescenti (di norma saranno eseguiti, se non diversamente specificato dalla D.L., almeno due cicli di carico e scarico, misurando le deformazioni sotto carico costante) fino a riportare la struttura nelle condizioni di partenza annullando la convergenza delle basi di misura. Dalla lettura (sul manometro) della pressione, correlata da opportune formule[8], sarà possibile ottenere il valore della sollecitazione locale della muratura (tensione di esercizio) a meno di una costante dovuta alla taratura dello strumento e di una costante che terrà conto del rapporto tra superficie del martinetto e quella del taglio.

A fine prova dovrà essere cura dell'appaltatore provvedere alla risarcitura della fessura con idonea malta.

Determinazione delle caratteristiche di deformabilità e resistenza (stima del modulo elastico)

[8] d_0 (tensione di esercizio della muratura) = P (pressione fornita al martinetto per ripristinare le condizioni di partenza) x Km (coefficiente di taratura del martinetto) x Am (area del martinetto)/At (area della superficie del taglio). Al fine di migliorare il rapporto Am/At avvicinandolo ad 1 sarà consigliabile produrre un taglio nella muratura molto simile alla forma del martinetto da inserire.

La prova prevedrà la messa in opera (seguendo le indicazioni prescritte per la misura dello stato tensionale) di due martinetti piatti, posti parallelamente, così da delimitare un campione di muratura di altezza 50 cm (se non diversamente specificato) e di base pari alle dimensioni dei martinetti. Sarà cura dell'appaltatore posizionare i due martinetti in modo tale che questi possano applicare al campione di muratura, una volta immessa la pressione, uno stato di sollecitazione monoassiale. Gli strumenti di misurazione (deformometri od estensimetri elettrici) pre istallati sul campione dovranno permettere di rilevare la misurazione delle deformazioni sia in senso verticale sia in senso orizzontale del campione preso in esame. Il modulo elastico E verrà valutato, per ogni intervallo di sforzo Ds con la formula E = Ds/De dove De sarà la deformazione (corrispondente a Ds) misurata in corrispondenza della base centrale di misura.

Determinazione delle caratteristiche di resistenza a compressione

La prova con i doppi martinetti potrà essere messa in opera anche per l'individuazione delle caratteristiche di resistenza alla compressione. In tal caso le pressioni applicate ai martinetti saranno incrementate fino allo stato prossimo alle condizioni di rottura, sarà, pertanto, necessario che l'appaltatore tenga sotto stretto controllo la muratura in quanto la prova potrebbe determinare localizzati stati fessurativi circoscritti al campione analizzato. Le tensioni di rottura della muratura saranno calcolate con la seguente formula: d_r (tensione di rottura della muratura) = P (pressione fornita ai martinetti al collasso della muratura) x SKm (somma dei coefficienti di taratura dei due martinetti) x Am (area del martinetto)/ SAt (somma delle aree di taglio).

Determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio lungo i corsi di malta

Dopo aver inserito (come precedentemente descritto) la coppia di martinetti parallelamente sulla muratura sarà cura dell'appaltatore estrarre un mattone, un concio lapideo o altro elemento componente la muratura, immettendo al suo posto un martinetto idraulico, di adeguate dimensioni, al fine di applicare una sollecitazione di taglio all'elemento adiacente. Mediante una serie di trasduttori elettrici sarà possibile individuare gli spostamenti relativi all'elemento sottoposto alla prova rispetto a quelli limitrofi e le deformazioni in direzione normale ai corsi di malta. A prova terminata sarà cura dell'appaltatore riposizionare il mattone.

Specifiche

Tali prove troveranno soddisfacenti applicazioni in murature regolari ben apparecchiate (ad es. cortine in laterizio o apparecchi in pietra concia), mentre, nel caso di murature costituite da elementi eterogenei (quali ad esempio murature miste o a sacco) e in murature connesse irregolarmente l'analisi non troverà valida applicazione in quanto non esistendo una regolare distribuzione degli elementi la lettura risulterà più arbitraria e meno rappresentativa dell'insieme; comunque sarà consigliabile utilizzare martinetti di grande dimensione e, in ogni caso, maggiori delle dimensioni medie degli elementi utilizzati per la realizzazione della muratura. La suddetta prova, se non diversamente prescritto dagli elaborati di progetto, non dovrà essere eseguita su murature affrescate, decorate o, in ogni modo, alla presenza d'intonaco "di pregio", in quanto la realizzazione dell'alloggiamento del martinetto, inevitabilmente, implicherebbe la perdita di una porzione dello strato di finitura.

La prova con i martinetti piatti sarà particolarmente interessante se effettuata pre e post intervento di consolidamento così da registrare l'effettiva resistenza raggiunta dalla muratura.

Qualsiasi sia la natura dello strumento l'appaltatore dovrà rispettare le istruzioni d'uso fornite dal produttore. Al termine dell'indagine, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione di interpretazione dati).

ART. 5.3 PROVE SCLEROMETRICHE

Indagine qualitativa, indiretta atta a definire la resistenza a rottura per compressione di materiale lapideo, intonaco o calcestruzzo. L'indagine prevedrà di percuotere con una massa ed una forza note, la superficie oggetto di studio e di misurarne l'indice di rimbalzo. Più il materiale sarà compatto e rigido maggiore risulterà il rimbalzo della massa battente (sclerometro). Se non diversamente specificato per l'esecuzione della prova dovranno essere eseguite da 5 a 10 battute, da cui verrà, in seguito, ricavato un valore medio.

Le battute, qualora dovessero interessare apparecchi intonacati, dovranno essere eseguite, previa rimozione dello stesso nelle zone sottoposte a verifica.

Al termine dell'indagine, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione di interpretazione dati).

CAPO V

Procedure operative di restauro e di consolidamento strutturale

PARTE I - PROCEDURE OPERATIVE DI RESTAURO

Art. 1 – SCAVI

Art. 1.1 – OPERAZIONI DI SCAVI E RINTERRI

1. Generalità

I riferimenti normativi applicabili a questa specifica categoria di lavori sono il DPR 547/55 e il DPR 164/56. Gli scavi in genere, per qualsiasi lavoro, a mano o con mezzi meccanici, dovranno essere eseguiti secondo i disegni di progetto e la relazione geologica e/o geotecnica di cui al DM 11 marzo 1988 (riguardante le norme tecniche sui terreni ed i criteri di esecuzione delle opere di sostegno e di fondazione) e la relativa Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 24 settembre 1988, n. 30483 nonché secondo le particolari prescrizioni che saranno date all'atto esecutivo dalla D.L.

Nell'esecuzione degli scavi in genere, si dovrà provvedere in modo da impedire scoscendimenti, franamenti e ribaltamento di mezzi; per far ciò si renderà necessario provvedere a delimitare mediante barriere fisse e segnalazioni la zona oggetto di intervento, così da vietare il traffico veicolare sui bordi dello scavo che potrebbe far scaturire possibili franamenti delle pareti. L'utilizzo del nastro segnaletico (giallo-nero o bianco-rosso) dovrà avere esclusivamente funzione di delimitazione e non di protezione. Al fine di evitare cadute di personale all'interno dell'area di scavo sarà, inoltre, necessario mettere in opera dei robusti parapetti (altezza minima 100 cm, muniti di tavola fermapiede minima di 20 cm luce, tra tavola superiore e fermapiede massimo 60 cm; nel caso in cui il parapetto sia ad una distanza di almeno 70-80 cm dal bordo dello scavo, la tavola fermapiede potrà essere omessa) disposti lungo i bordi della stessa: negli scavi di sbancamento sarà necessario, quando questo dovesse superare i 200 cm, mentre, nelle trincee, sarà appropriato predisporre la protezione appena lo scavo supererà i 50 cm di profondità.

Le materie provenienti dagli scavi, ove non siano utilizzabili o non ritenute adatte (a giudizio insindacabile della D.L.) ad altro impiego nei lavori, dovranno essere trasportate fuori dalla sede del cantiere alle pubbliche discariche, o su altre aree altrettanto idonee e disponibili. Qualora le materie provenienti dagli scavi debbano essere successivamente utilizzate, esse dovranno essere depositate in area idonea (previo assenso della D.L.) per essere, in seguito riutilizzate a tempo opportuno. In ogni caso le materie depositate non dovranno costituire un danno ai lavori, alle proprietà pubbliche o private ed al libero deflusso delle acque che scorrono in superficie. Sarà oltremodo vietato costituire depositi di materiali nelle vicinanze dei cigli degli scavi; qualora tali depositi siano necessari, per le particolari condizioni di lavoro, sarà obbligatorio provvedere alle necessarie puntellature che dovranno presentare un sovralzo minimo oltre la quota del terreno pari a 30 cm.

2. Scavi di splateamento e sbancamento

Per scavi a sezione aperta o sbancamento andanti s'intenderanno quelli necessari per lo spianamento o sistemazione del terreno su cui dovranno sorgere i manufatti, per tagli di terrapieni, per la formazione di cortili, giardini, scantinati, piani di appoggio per platee di fondazione, vespai, rampe incassate o trincee stradali ecc. e, più in generale, quelli eseguiti a sezione aperta su vasta superficie ove si renderà possibile l'allontanamento delle materie di scavo evitandone il sollevamento, sia pure con la formazione di rampe provvisorie.

Questa categoria di scavi andrà eseguita con gli strumenti e le cautele atte ad evitare l'insorgenza di danni nelle strutture murarie adiacenti.

In questa categoria di scavi, se eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco dovranno avere un'inclinazione ed un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, (si veda tabella in calce all'articolo) da contrastare possibili franamenti. Allorché la parete del fronte d'attacco dovesse superare i 150 cm di altezza sarà interdetto lo scavo manuale per scalzamento alla base al fine di evitare il possibile crollo della parete. Nel caso in cui non sia possibile intervenire con mezzi meccanici si adotterà la procedura di scavo con il sistema a gradoni. In ogni caso i lavoratori dovranno essere debitamente distanziati tra loro, sia in senso orizzontale, sia verticale, così da non potersi ferire con l'attrezzatura utilizzata e con il materiale di scavo.

Nel caso d'utilizzo di mezzi meccanici dovrà essere interdetta la presenza del personale nella zona interessata dal raggio d'azione, nonché sul ciglio ed alla base della parete d'attacco, in quanto aree a rischio di frane.

I profili delle pareti di scavo andranno debitamente controllati al fine di rimuovere gli eventuali massi affioranti ed i blocchi di terreno instabili eliminando, in questo modo, possibile rischio di caduta di materiale dall'alto.

DENOMINAZIONE TERRE	ANGOLO LIMITE DI STABILITÀ		
	ASCIUTTO	UMIDO	BAGNATO
Rocce dure	80□85°	80□85°	80□85°
Rocce tenere o fessurate, tufo	50□55°	45□50°	40□45°
Pietrame	45□50°	40□45°	35□40°
Ghiaia	35□45°	30□40°	25□35°
Sabbia grossa (non argillosa)	30□35°	30□35°	25□30°
Sabbia fine (non argillosa)	25□30°	30□40°	20□30°
Sabbia fine (argillosa)	30□40°	30□40°	10□25°
Terra vegetale	35□45°	30□40°	20□30°
Argilla, marne (terra argillosa)	40□50°	30□40°	10□30°
Terre forti	45□55°	35□45°	25□35°

3. Scavi di fondazione a sezione obbligata

Per scavi di fondazione, in generale, s'intendono quelli incassati ed a sezione ristretta necessari per dar luogo ai muri o pilastri di fondazione propriamente detti; in ogni caso saranno considerati come scavi di fondazione anche quelli per dar luogo alle fogne, condutture, fossi e cunette.

Qualunque sia la natura e la qualità del terreno, gli scavi per la fondazione dovranno essere spinti fino alla profondità ordinata dalla D.L. all'atto della loro esecuzione. Le profondità, che si troveranno indicate negli elaborati di progetto saranno, pertanto, di semplice stima preliminare e potranno essere liberamente variate nella misura che la D.L. reputerà più conveniente.

I piani di fondazione dovranno, generalmente, essere perfettamente orizzontali ma per quelle opere che cadranno sopra falde inclinate potranno, a richiesta della D.L., essere disposti a gradoni ed anche con determinate contropendenze. Nel caso, non così infrequente, che non sia possibile applicare la giusta inclinazione delle pareti in rapporto alla consistenza del terreno (si veda tabella all'articolo precedente), si dovrà ricorrere tempestivamente all'armatura di sostegno delle pareti o, preventivamente, al consolidamento del terreno (ad es. congelamento del medesimo, tecnica del *jet-grouting* ecc.), in modo da assicurare adeguatamente contro ogni pericolo gli operai ed impedire ogni smottamento di materia durante l'esecuzione, tanto degli scavi che delle murature. Affinché le armature corrispondano per robustezza alle effettive necessità sarà consigliabile predeterminare la spinta del terreno, tenendo conto delle eventuali ulteriori sollecitazioni dovute, sia al traffico veicolare, sia alla vicinanza di carichi di vario genere (gru, manufatti di vario genere ecc.), nonché delle eventuali infiltrazioni d'acqua (piogge, fiumi ecc.). Nel mettere in opera le armature provvisionali sarà opportuno tenere in considerazione che la massima pressione d'una parete di scavo, si trasmetterà sulla sbatacchiatura soprattutto nella zona mediana, dove questa dovrà, necessariamente, essere più robusta; inoltre, affinché sia efficace, le tavole andranno forzate contro il terreno avendo ben cura di riempire i vuoti.

Nel caso specifico di scavi di trincee (scavi a sezione obbligata e ristretta) nelle vicinanze di manufatti esistenti (ad es. per opere di drenaggio perimetrali) in prossimità di terreni precedentemente scavati e, pertanto, meno compatti od, infine, in presenza di vibrazioni causate dal traffico di autoveicoli, ovverosia in tutti quei casi dove la consistenza del terreno non fornirà sufficiente garanzia di stabilità e compattezza, anche in funzione della pendenza delle pareti, sarà sempre obbligatorio (a partire da 150 cm di profondità o 120 cm nel caso il lavoratore dovesse operare in posizione chinata) predisporre, man mano che procederà lo scavo, adeguate opere di sbatacchiamento, così da eludere rischi di franamento e pericoli di seppellimento degli addetti alla procedura. Al fine di consentire un lavoro agevole e sicuro lo scavo di trincea dovrà avere un larghezza minima in ragione alla profondità; orientativamente si potranno seguire, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, i seguenti rapporti profondità-larghezza minima.

PROFONDITÀ	LARGHEZZA MINIMA NETTA
Fino a 150 cm	65 cm
Fino a 200 cm	75 cm
Fino a 300 cm	80 cm
Fino a 400 cm	90 cm
Oltre i 400 cm	100 cm

Per scavi eseguiti sotto il livello di falda si dovrà provvedere all'estrazione della stessa; gli scavi eseguiti a profondità superiori ai 20 cm dal livello superiore e costante dell'acqua e qualora non fosse possibile creare dei canali di deflusso, saranno considerati scavi subacquei e valutati come tali.

Compiuta la muratura di fondazione, lo scavo dovrà essere diligentemente riempito e costipato, (fermo restando l'autorizzazione della D.L.) con le stesse materie scavate, sino al piano del terreno naturale primitivo (per maggiori specifiche si rimanda all'articolo riguardante i rinterri).

4. Scavi di accertamento e ricognizione

Tali operazioni si realizzeranno solo ed esclusivamente dietro esplicita richiesta e sorveglianza della D.L., seguendo le indicazioni e le modalità esecutive da essa espresse e/o dal personale tecnico incaricato. I detriti, i terreni vegetali di recente accumulo verranno sempre rimossi a mano con la massima attenzione previa esecuzione di modesti sondaggi al fine di determinare la quota dei piani originali sottostanti (e delle loro eventuali pavimentazioni) in modo da evitare danni e rotture ai materiali che li compongono. Se non diversamente specificato dalla D.L. le rimozioni dei materiali saranno eseguite a mano, senza l'ausilio di mezzi meccanici. In ogni caso l'uso di mezzi meccanici sarà subordinato alla presenza di eventuali reperti *in situ* e, quindi, all'indagine preventiva. Qualora le materie provenienti dagli scavi dovessero essere utilizzate in tempi differiti (ad es. per riempimenti) saranno depositate nell'ambito del cantiere, in luogo dove non provochino intralcio o danni.

5. Scavi archeologici

I lavori di scavo archeologico dovranno essere eseguiti conformemente alle norme scientifiche tenendo conto anche delle vigenti raccomandazioni dell'UNESCO. Con l'operazione di scavo (operazione irripetibile, irreversibile e solo molto limitatamente prevedibile) si rimuoverà il riempimento ammucchiatosi per strati sopra le vestigia antiche, togliendo questi strati nell'ordine inverso a quello in cui si sono sedimentati. Da qui la "necessità" di scavare con la massima consapevolezza, obiettività e rigore possibile, dato che ciò che sarà distrutto potrà essere "ricostruito" solo per mezzo della documentazione che sarà lasciata.

Lo scavo dovrà essere eseguito solo dopo aver accuratamente delimitato tutta l'area di cantiere, avere ottenuto tutte le autorizzazioni da parte dei competenti organi di tutela dei beni oggetto di scavo (Soprintendenza Archeologica) e solo dietro sorveglianza e guida del personale preposto ovvero del Direttore di Scavo. Dopo aver eventualmente ripulito dalla vegetazione e da eventuali riempimenti superficiali di cui si sia verificata la non utilità ai fini scientifici, anche nel caso in cui emergano dal suolo strutture murarie ben precise, potrà essere opportuno (tranne nei casi di trincee ovvero saggi di limitata estensione o ancora di scavi entro ambienti chiusi di modeste dimensioni quali cripte, tombe a camera ecc.) utilizzare una delimitazione artificiale dell'area da scavare mediante un reticolo di maglie quadrate (quadrettatura del terreno) di dimensioni variabili a seconda dei casi. Nel caso in cui il sito lo permetta e se non diversamente specificato dalla D.L. o dal funzionario addetto alla tutela del bene, sarà preferibile eseguire uno scavo estensivo a scacchiera dei quadrati, piuttosto che piccoli interventi parziali, con i quali si potrà rischiare di perdere parte delle informazioni.

Gli scavi dovranno essere eseguiti, se non diversamente specificato dalla D.L. e/o dagli organi di tutela, rigorosamente a mano, con la massima cura ed attenzione, da personale specializzato (presente negli appositi elenchi degli addetti di opere specialistiche) ed opportunamente attrezzato.

Le tecniche di scavo si dovranno differenziare in base al tipo di terreno, al tipo di ambiente circostante, alla tipologia e alla posizione delle strutture emergenti ovvero sepolte, alla variabilità delle sezioni di scavo, alle caratteristiche dei manufatti e dei reperti così che non si verifichino inconvenienti ovvero danneggiamenti alle vestigia archeologiche o agli operatori allo scavo. Dietro specifica indicazione della D.L. si potranno eseguire operazioni con differente grado di accuratezza nella vagliatura delle terre e nella cernita e selezione dei materiali, nella pulitura, allocazione e cartellinatura di quanto trovato in appositi contenitori e/o cassette. A seconda della dimensione e consistenza dello strato asportato il taglio della parete dovrà essere eseguito con il piccone o con la *trowel*; se conci lapidei, tegole, o altri materiali ovvero reperti (frammenti di ceramica, di vasellame metallico, utensili di vetro, ma anche ossa, resti vegetali ecc.) dovessero fuoriuscire dalla parete, dovranno obbligatoriamente essere lasciati al loro posto "tagliando" il terreno attorno ad essi al fine di evitare crolli. Le eventuali pareti in argilla non andranno levigate per poterne leggere la struttura, ma lavorate con la punta della *trowel*.

All'interno dell'area di pertinenza dello scavo dovrà, necessariamente, essere previsto un deposito (facilmente raggiungibile con le carriole) per la terra di risulta raccolta dallo scavo archeologico.

D. Avvertenze da seguire in ogni scavo

A prescindere dalle problematiche riscontrate in qualsivoglia scavo archeologico, le linee guida che dovranno, in ogni caso, essere seguite al fine di evitare la dispersione di elementi utili o l'insufficienza della documentazione saranno:

– identificazione dei singoli elementi della stratigrafia del terreno (unità stratigrafiche US), con conseguente asportazione di ogni singolo strato, in senso cronologico inverso ovvero rimuovendo per primi i livelli che si sono depositati per ultimi, identificando ogni elemento estraneo, come buche, fossati, terrapieni ecc. i quali andranno scavati a parte;

– relazione cronologica tra le varie US e con le strutture edilizie (la muratura potrà essere considerata una particolare US, di norma limitata soltanto da un contorno ben definito e da una superficie - interfaccia - esterna);
– scrupoloso prelievo di tutti gli eventuali reperti contenuti nello strato e di campioni per le analisi (utilizzando operazioni quali la setacciatura della terra e la flottazione) utili per la ricostruzione della storia; operazione da eseguire con l'accortezza di non mescolarli con quelli degli altri strati. I singoli elementi (strati, reperti, strutture ecc.) dovranno essere registrati su apposite schede via via che verranno messi in luce; contemporaneamente, sarà necessario annotare sul giornale di scavo le osservazioni generali, l'insieme delle operazione seguite, eventuali ipotesi da verificare ecc.;
– accurata documentazione grafica (aggiornamenti giornalieri dello scavo) e fotografica del lavoro compiuto ovvero la documentazione di ogni singolo piano e di tutte le strutture murarie emergenti, così da garantire alla comunità la conoscenza e la verifica dei risultati.

Specifiche

Nel compire lo scavo di strutture murarie (sia nel caso di scavo archeologico programmato sia di rinvenimenti occasionali) dovrà essere cura dell'appaltatore porre particolare attenzione ai rischi di danneggiamento delle strutture rinvenute; tra le classi di dissesto più ricorrenti nel verificarsi ci sono:

– perdita di verticalità delle strutture murarie dovute alle differenze di materiale e di legante, all'apparecchio, al rovesciamento di cresta, allo slittamento al piede, alla spinta mediana, al cedimento di base;
– perdita di orizzontalità delle strutture murarie dovute a smembramento di muri con elementi di apparecchio di piccola taglia, cedimento di elementi di grande taglia;
– spostamento degli elementi lapidei per calpestio o lavorazione;
– erosione della terra;
– differenza di materiali lapidei;
– perdita di allineamento o giacitura delle strutture murarie;
– differenze di comportamento dei muri, sollecitazioni esterne;
– presenza di acque.

6. Armature degli scavi (sbatacchiature)

Il principio delle sbatacchiature consiste nel controbilanciare le spinte del terreno attraverso elementi di vario materiale (di norma legno o metallo) che, sollecitati a compressione, cercano di riportare la spinta a valori accettabili. Gli elementi che formeranno il presidio, se messi in opera in posizione orizzontale o inclinata, non lavoreranno esclusivamente a compressione semplice ma anche a flessione e pressoflessione, indotta anche dal peso proprio.

La sbatacchiatura dovrà soddisfare i seguenti requisiti:

– essere resistente al fine di assicurare l'incolumità dei lavoratori nelle strutture;
– essere economica, evitando sprechi di materiale;
– essere il più possibile maneggevole nell'utilizzo delle singole parti messe in opera;
– non restringere lo spazio utile permettendo l'esecuzione dei lavori;
– non essere causa di degrado ovvero dissesto delle superfici protette (soprattutto quando si tratta di fronti di scavo archeologico);
– permettere il progressivo sfoderamento delle superfici protette, evitando l'eventuale ricaduta di terreno nello scavo;
– i cunei ed i puntelli dovranno essere fermati con idonee legature, all'occorrenza, revisionabili;
– le eventuali armature lasciate in opera per molto tempo dovranno essere vigilate e verificate.

Le tipologie di armature saranno scelte in funzione della consistenza del terreno, della profondità da raggiungere, dei carichi gravanti e della metodologia di scavo. In ogni caso tutti gli elementi che comporranno il presidio (tavole, traversi, puntelli ecc.) dovranno essere di materiale robusto opportunamente dimensionato e selezionato, inoltre l'armatura dovrà sporgere dai bordi dello scavo per almeno 30 cm. Nel caso di scavi di trincee si potranno distinguere quattro sistemi:

a) panconi verticali;
b) panconi orizzontali;
c) marciavanti;
d) paratie a palandole.

Le *sbatacchiature verticali* eseguite con tavole lignee (spessore minimo 30-40 mm meglio 40-60 mm per 200-300 cm di lunghezza) o metalliche saranno, di norma, limitate a scavi di profondità pari alla lunghezza delle tavole (generalmente non superiori ai 4 m); le tavole saranno forzate contro le pareti con l'ausilio di puntelli d'acciaio regolabili o fissi (luce massima tra

puntello e piano di fondazione 100 cm) e si dovrà avere cura di colmare i vuoti tra la sbatacchiatura e la parte di scavo con idoneo materiale. La protezione con sbatacchiature verticali sarà, di norma, impiegata negli scavi a sezione stretta e profonda; qualora il terreno non dovesse presentare una buona consistenza, i panconi andranno posizionanti aderenti gli uni agli altri. Il sistema a tavole verticali presenta lo svantaggio di dover, eventualmente, tagliare le tavole a misura e quindi presenta più spreco di materiale però, al contempo, permette di riutilizzare gli elementi con maggior facilità.

Le *sbatacchiature orizzontali* saranno costituite semplicemente da tavole fermate da un puntello ligneo (con tra i 10 e i 15 cm) o metallico (tubo innocente o similare), posto a forza e serrato con cuneo. Se non diversamente specificato la distanza tra i puntelli sarà di 100-200 cm. L'utilizzo di armatura con tavole orizzontali sarà possibile in presenza di terreni che garantiranno una buona consistenza in modo da poter eseguire la procedura di scavo per cantieri di circa 60-80 cm di profondità. Questo sistema si rileverà più economico agli effetti dell'utilizzo di legname ma presenterà più difficoltà nel suo recupero.

La *sbatacchiatura a marciavanti* sarà possibile per terreni poco consistenti o spingenti od in caso di scavi profondi; i "marciavanti" dovranno essere tavole di notevole spessore con estremità appuntita o altrimenti dotata di punta ferrata; in caso di terreno completamente sciolto sarà consigliabile armare anche il fronte di scavo, così da eludere rifluimenti di materiale.

In alternativa a questi sistemi, o più semplicemente in presenza di terreno acquifero, dove i sistemi sopra indicati si dimostreranno insufficienti, ovvero dove occorrerà realizzare una struttura a tenuta all'acqua ed anche a sostegno di scavi, si potrà ricorrere all'uso di paratie metalliche o prefabbricate in calcestruzzo.

Le *paratie a palancole metalliche* infisse, di sezione varia, dovranno rispondere ai seguenti requisiti fondamentali: adeguata resistenza agli sforzi di flessione, facilità di infissione, impermeabilità delle giunzioni, facilità di estrazione e rimpiego (ove previsto), elevata protezione contro le corrosioni. L'infissione delle palancole sarà effettuata con i sistemi normalmente in uso; il maglio dovrà essere di peso complessivo non minore del peso delle palancole comprensivo della relativa cuffia. Durante l'infissione dovranno essere adottate speciali cautele affinché gli incastri liberi non si deformino e rimangano puliti da materiali, così da garantire la guida alla successiva palancola, a tale scopo occorrerà riempire, prima dell'infissione, gli incastri di grasso. Durante l'infissione si dovrà procedere in modo che le palancole rimangano perfettamente verticali non dovranno essere ammessi deviazioni, disallineamenti o fuoriuscita dalle guide.

Per ottenere un più facile affondamento, specialmente in terreni ghiaiosi e sabbiosi, l'infissione, oltre che con la battitura, potrà essere realizzata con il sussidio dell'acqua in pressione fatta arrivare, mediante un tubo metallico, sotto la punta della palancola. Nel caso in cui, durante l'infissione, si dovessero verificre fuoriuscite dalle guide, disallineamenti o deviazioni che, a giudizio della D.L., non fossero tollerabili, la palancola dovrà essere rimossa e reinfissa ovvero sostituita, se danneggiata.

Le *paratie a palancole prefabbricate* utilizzate, se non diversamente specificato, saranno in calcestruzzo armato centrifugato a sezione cava. Il conglomerato cementizio impiegato dovrà avere una resistenza caratteristica a 28 giorni non inferiore a 40 N/mm² e dovrà, altresì, essere esente da porosità o altri difetti; inoltre il cemento impiegato sarà ferrico pozzolanico, pozzolanico o d'altoforno. Per infissione con battitura in terreni tenaci, se richiesto negli elaborati di progetto ovvero prescritto dalla D.L., la palancola potrà essere munita di puntazza metallica. Particolare cura dovrà essere posta nell'esecuzione dei giunti, da sigillare con getto di malta cementizia.

Quale che sia il sistema di sbatacchiatura messo in opera questo dovrà, obbligatoriamente, essere rimosso progressivamente e per modeste altezze in funzione dell'avanzare delle opere definitive.

E. Specifiche

Per ulteriori dettagli su puntelli ed armature provvisionali si rimanda a quanto enunciato all'articolo inerente le opere di presidio.

7. Rilevati e rinterri

Per la formazione dei rilevati e per qualunque opera di rinterro, ovvero per riempire i vuoti tra le pareti delle concavità e le murature, o da addossare alle murature e fino alle quote prescritte dalla D.L., saranno impiegate, in generale e, salvo quanto segue, fino al loro totale esaurimento, tutte le materie provenienti dagli scavi di qualsiasi genere eseguiti sul lavoro, in quanto disponibili ed adatte, a giudizio della D. L., per la formazione dei rilevati.

Quando verranno a mancare in tutto o in parte i materiali sopra descritti, si dovrà provvedere a prelevarli ovunque si crederà opportuno, purché siano riconosciuti idonei da controlli eseguiti dalla D.L.

Per rilevati e rinterri da addossarsi alle murature, si dovranno sempre impiegare materie sciolte o ghiaiose, vagliate con setacci medio-piccoli (prive di residui vegetali e sostanze organiche); resterà vietato in modo assoluto l'impiego di materie argillose e, in generale, di tutte quelle che, con l'assorbimento d'acqua, si rammolliscono o si gonfiano generando spinte. I materiali (nello spessore di circa 30 cm) dovranno presentare, a compattazione avvenuta, una densità pari al 90% della densità massima di compattazione individuata dalle prove eseguite in laboratorio. Nella formazione di suddetti riempimenti dovrà essere usata ogni attenzione affinché la loro esecuzione proceda per strati orizzontali d'uguale altezza, disponendo contemporaneamente le materie ben sminuzzate con la maggior regolarità e precauzione, in modo da caricare uniformemente le murature su tutti i lati e da evitare le sfiancature che potrebbero derivare da un carico male distribuito. Ogni strato dovrà essere messo in opera solo dopo l'approvazione dello stato di compattazione dello strato precedente; lo spessore di ogni singolo strato dovrà essere stabilito in base a precise indicazioni progettuali o fornite dalla D.L. (in ogni caso non superiore ai

30 cm). Nel caso di compattazioni eseguite su aree o porzioni di terreno confinanti con murature, apparecchi murari o manufatti in genere, si dovranno utilizzare, entro una distanza pari a 2 m da questi elementi, idonee piastre vibranti o rulli azionati a mano (in questo caso si dovrà prevedere una sovrapposizione delle fasce di compattazione di almeno il 10% della larghezza del rullo stesso al fine di garantire una perfetta uniformità) con le accortezze necessarie a non degradare i manufatti già in opera. Si potrà, dietro richiesta specifica della D.L., mescolare al materiale da compattare del cemento (in ragione di 25-50 kg per metro cubo di materiale) al fine di ottenere degli adeguati livelli di stabilizzazione delle aree a ridosso dei manufatti.

Le materie trasportate in rilevato o rinterro con vagoni, automezzi o carretti non potranno essere scaricate direttamente contro le murature, ma dovranno depositarsi in vicinanza del manufatto (in area idonea prescelta dalla D.L.) per essere riprese, poi, e trasportate con carriole, barelle od altro mezzo, purché a mano, al momento della formazione dei suddetti rinterri. Sarà, inoltre, vietato addossare terrapieni a murature di fresca costruzione.

I rilevati si dovranno presentare, obbligatoriamente, con scarpate regolari e spianate, con i cigli bene allineati e profilati. La superficie del terreno sulla quale dovranno elevarsi i terrapieni dovrà essere preventivamente scorticata (ovverosia taglio d'eventuali piante, estirpazione delle radici, degli arbusti e completa asportazione del terreno vegetale circostante), ove occorra e, se inclinata, dovrà essere tagliata a gradoni con leggera pendenza verso monte.

Art. 2 – ASPORTAZIONI

Art. 2.1 – OPERAZIONI DI ASPORTAZIONE, DEMOLIZIONE E SMONTAGGIO

1. Generalità

Le operazioni di demolizioni e smontaggi dovranno essere conformi a quanto prescritto nel DPR 7 gennaio 1956, n. 164 (in modo particolare negli articoli 10, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76). Le demolizioni e/o le asportazioni totali o parziali di murature, intonaci, solai ecc., nonché l'operazione di soppressione di stati pericolosi in fase critica di crollo, anche in presenza di manufatti di pregevole valore storico-architettonico, dovranno essere eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni, al fine sia di non provocare eventuali danneggiamenti alle residue strutture, sia di prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro; dovranno, inoltre, essere evitati incomodi, disturbi o danni collaterali. Particolare attenzione dovrà essere fatta allo scopo di evitare la formazione d'eventuali zone d'instabilità strutturale.

Sarà vietato demolire murature superiori ai 5 m d'altezza senza l'uso d'idonei ponti di servizio indipendenti dalla struttura oggetto d'intervento. Per demolizioni da 2 m a 5 m d'altezza sarà obbligo, per gli operatori, indossare idonee cinture di sicurezza complete di bretelle e funi di trattenuta.

Sarà assolutamente interdetto: gettare dall'alto i materiali, i quali dovranno essere, necessariamente, trasportati o meglio guidati a terra, attraverso idonei sistemi di canalizzazione (ad es. tubi modulari telescopici) la cui estremità inferiore non dovrà risultare ad altezza maggiore di 2 m dal livello del piano di raccolta; l'imboccatura superiore del canale, dovrà, inoltre, essere protetta al fine di evitare cadute accidentali di persone o cose. Ogni elemento del canale dovrà imboccare quello successivo e, gli eventuali raccordi, dovranno essere opportunamente rinforzati. Il materiale di demolizione costituito da elementi pesanti od ingombranti (ad es. la carpenteria lignea), dovrà essere calato a terra con idonei mezzi (gru, montacarichi ecc.). Al fine di ridurre il sollevamento della polvere prodotta durante i lavori sarà consigliabile bagnare, sia le murature, sia i materiali di risulta.

Prima dell'inizio della procedura dovrà, obbligatoriamente, essere effettuata la verifica dello stato di conservazione e di stabilità delle strutture oggetto di intervento e dell'eventuale influenza statica su strutture corrispondenti, nonché il controllo preventivo della reale disattivazione delle condutture elettriche, del gas e dell'acqua onde evitare danni causati da esplosioni o folgorazioni. Si dovrà, inoltre, provvedere alle necessarie opere di puntellamento ed alla messa in sicurezza temporanea (mediante idonee opere provvisionali) delle parti di manufatto ancora integro o pericolanti per le quali non saranno previste opere di rimozione. Sarà, inoltre, necessario delimitare ed impedire l'accesso alla zona sottostante la demolizione (mediante tavolato ligneo o d'altro idoneo materiale) ed allestire, in corrispondenza dei luoghi di transito o stazionamento, le doverose protezioni e barriere parasassi (mantovane) disposte a protezione contro la caduta di materiali minuti dall'alto. L'accesso allo sbocco dei canali di scarico del materiale di demolizione per le operazioni di carico e trasporto dovrà essere consentito soltanto dopo che sarà sospeso lo scarico dall'alto. Preliminarmente all'asportazione ovvero smontaggio di elementi da ricollocare *in situ* sarà indicato il loro preventivo rilevamento, classificazione e posizionamento di segnali atti a facilitare la fedele ricollocazione dei manufatti.

Questo tipo di procedura dovrà essere strettamente limitata e circoscritta alle zone ed alle dimensioni prescritte negli elaborati di progetto. Nel caso in cui, anche per l'eventuale mancanza di puntellamenti o di altre precauzioni, venissero asportate altre parti od oltrepassati i confini fissati, si dovrà provvedere al ripristino delle porzioni indebitamente demolite seguendo scrupolosamente le prescrizioni enunciate negli articoli specifici.

Tutti i materiali riutilizzabili (mattoni, pianelle, tegole, travi, travicelli ecc.) dovranno essere opportunamente calati a terra, scalcinati, puliti (utilizzando tecniche indicate dalla D.L.), ordinati e custoditi, nei luoghi di deposito che saranno segnati negli elaborati di progetto (in ogni caso dovrà essere un luogo pulito, asciutto, coperto eventualmente con teli di pvc e ben ventilato; sarà, inoltre, consigliabile non far appoggiare i materiali di recupero direttamente al contatto con il terreno interponendovi apposite pedane lignee o cavalletti metallici), usando cautele per non danneggiarli, sia nelle operazioni di pulitura, sia in quelle di trasporto e deposito. Detti materiali, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, resteranno tutti di proprietà della stazione appaltante, la quale potrà ordinare all'appaltatore di impiegarli in tutto od in parte nei lavori appaltati.

I materiali di scarto provenienti dalle demolizioni e/o rimozioni dovranno sempre essere trasportati (dall'appaltatore) fuori dal cantiere, in depositi indicati ovvero alle pubbliche discariche nel rispetto delle norme in materia di smaltimento delle macerie, di tutela dell'ambiente e di eventuale recupero e riciclaggio dei materiali stessi.

Per demolizioni di notevole estensione sarà obbligo predisporre un adeguato programma nel quale verrà riportato l'ordine delle varie operazioni.

2. Indagini preliminari (accertamento sulle caratteristiche costruttive-strutturali)

Prima di iniziare qualsiasi procedura di demolizione e/o rimozione e, più in generale, qualsiasi procedura conservativa e non (specialmente su manufatti di particolare pregio storico-architettonico) sarà opportuno operare una serie di indagini diagnostiche preventive finalizzate alla sistematica e scientifica acquisizione di dati inerenti la reale natura del materiale e il relativo stato di conservazione. Sarà, pertanto, necessario redigere una sorta di pre-progetto capace di far comprendere il manufatto, interessato dall'intervento, nella sua totalità e complessità. Tali dati risulteranno utili al fine di poter ricostruire le

stratigrafie murarie così da procedere in maniera corretta e attenta. Il progetto d'indagine diagnostica non dovrà, soltanto, anticipare l'intervento vero e proprio, ma ne dovrà far parte, guidando i lavori previsti, verificandone la validità, indicando, casomai, nuove soluzioni.

3. Demolizione di strutture murarie di fondazione

La demolizione parziale o totale d'elementi di fondazione avverrà a mano o con l'ausilio di piccoli mezzi meccanici (ad es. piccoli martelli pneumatici) in funzione del materiale, delle dimensioni, della tipologia e della sicurezza. Quando sarà possibile il manufatto da demolire dovrà essere reso agibile da ogni lato (avendo cura però di non scalzare l'intera struttura) mediante precedente scavo a sezione obbligata del terreno circostante preferibilmente eseguito a mano o con l'ausilio di piccoli scavatori (per maggiori specifiche si rimanda a quanto indicato agli articoli specifici sugli scavi) e successive opere di sbatacchiature al fine di eludere eventuali frane. Le suddette sbatacchiature dovranno essere controllate periodicamente, specialmente in seguito a piogge o gelate ed, eventualmente, incrementate se necessario.

La procedura si attuerà dall'alto verso il basso (tenendo sempre ben presente il ruolo strutturale dell'elemento interessato e delle eventuali azioni di spinta, di controspinta o di contenimento che esso esercita rispetto ad altre strutture o al terreno) per modesti cantieri, in senso longitudinale allorché il manufatto oggetto di intervento costituisca contrasto con il terreno, che non sia contemporaneamente o anteriormente rimosso. Precedentemente alla demolizione si renderà necessario costituire un presidio d'opere provvisionali atte sia alla puntellazione delle eventuali strutture adiacenti o limitrofe, sia alla puntellazione del terreno; inoltre, per altezze superiori a 1,50 m, sarà opportuno costituire dei ponti di servizio indipendenti dall'opera da demolire.

4. Demolizione di strutture murarie

La demolizione delle murature, di qualsiasi genere esse siano, dovrà essere preceduta da opportuni saggi per verificare la tipologia ed il reale stato di conservazione. Gli operatori addetti alla procedura dovranno lavorare su ponti di servizio indipendenti dal manufatto in demolizione: non si potrà intervenire sopra l'elemento da demolire se non per altezze di possibile caduta inferiore ai 2 m. Nel caso di demolizioni di murature soprastanti il perimetro di solai o strutture a sbalzo sarà indispensabile attuare ogni cautela al fine di non innescare, di conseguenza alla diminuzione del grado d'incastro, eventuali cedimenti od improvvise cadute delle strutture (anche sotto carichi limitati o per solo peso proprio). Particolare attenzione dovrà essere fatta in presenza di tiranti annegati nella muratura oggetto di intervento; una loro involontaria rottura, o quantomeno lesione, potrebbe innescare fenomeni di dissesto non previsti in fase di progetto pertanto, in presenza di tali dispositivi, sarà opportuno operare con la massima cautela liberando perimetralmente la catena e proteggendola da eventuali cadute di materiali che potrebbero compromettere il suo tiraggio.

4.1. Strutture portanti e/o collaboranti

Previa esecuzione di tutte le procedure preliminari (saggi, puntellamenti, opere di contraffortatura ecc.) al fine di individuare esattamente tutti gli elementi che saranno direttamente od indirettamente sostenuti dalle strutture portanti o collaboranti oggetto d'intervento (al fine di eludere crolli improvvisi e/o accidentali), la demolizione di setti murari portanti in mattoni pieni, in pietra o misti dovrà procedere dall'alto verso il basso per successivi cantieri orizzontali di estensione limitata (così da controllare l'avanzare dei lavori e le loro eventuali conseguenze nelle zone limitrofe); di norma i blocchi non dovrebbero superare i quattro mattoni od analoga dimensione, quando si tratta di pietre od altro materiale (circa 10-15 kg), così da consentire la rimozione e la manovrabilità diretta da parte del singolo operatore. La rimozione sarà preferibilmente eseguita manualmente con l'ausilio di mazzetta e scalpello (ovvero punta o raschino) oppure, se l'apparecchio presenta elevata compattezza, con scalpello meccanico leggero; solo in casi particolari e sempre sotto prescrizione della D.L. si potrà utilizzare il piccone, mentre dovrà essere bandito l'uso di strumenti a leva.

4.2. Tramezzature

La demolizione parziale e/o totale di tramezzature seguirà le modalità descritte per la procedura riguardante le strutture portanti e collaboranti; spesso, infatti, semplici tramezzi in mattoni pieni od anche forati apparentemente destinati a portare esclusivamente se stessi, si possono rilevare dei rompitratta, ovverosia l'inflessione (con la conseguente deformazione) della struttura lignea del solaio sovrastante potrebbe, di fatto, aver trasformato il tramezzo devolvendogli, almeno in parte, un incarico strutturale, spesso imprevisto, ma, in certe circostanze, essenziale alla stabilità del manufatto. Una demolizione arbitraria di un tramezzo di questo tipo potrebbe, pertanto, portare anche al collasso delle strutture orizzontali.

5. Demolizioni di strutture a telaio in c.a.

Nel caso di demolizione parziale di strutture a telaio in c.a. dovranno essere precedentemente rimosse completamente le eventuali tramezzature e tamponature al fine di evitare la possibilità di crollo spontaneo d'elementi scarsamente collegati; inoltre una volta liberata la struttura portante dalle tamponature sarà più facilmente valutabile la scelta dei punti da cui iniziare la demolizione. Durante la demolizione (che avverrà con l'ausilio di piccoli martelli pneumatici), in special modo di travi, si renderà necessario il controllo ripetuto della direzione delle armature che, se posizionate in maniera errata rispetto alla collocazione teorica, potranno indicare le reali sezioni di minor resistenza.

6. Smontaggio di strutture orizzontali

La demolizione delle strutture orizzontali dovrà essere eseguita mediante la realizzazione di ponti di lavoro e d'opere di protezione (teli, pannelli rigidi ecc.) per evitare, sia la caduta di materiale, sia quella degli addetti ai lavori; procedendo con ordine si provvederà a rimuovere tutte le eventuali travature, cornici, profilati ecc.

La preparazione delle puntellature, necessarie per sostenere le parti che dovranno restare in opera, dovrà essere eseguita con particolare cura, così come tutti gli accorgimenti finalizzati al non deterioramento dei materiali riutilizzabili, come, ad esempio, la chiusura accurata dei fori delle vecchie imposte, non idonee per la nuova struttura; si dovrà, inoltre, porre attenzione ad effettuare lo scarico immediato dei materiali di risulta evitando qualsiasi accumulo o caduta di materiali sugli orizzontamenti sottostanti. In presenza di tiranti annegati nelle solette delle strutture orizzontali si seguiranno le disposizioni prescritte nell'articolo sulla demolizione di strutture murarie.

6.1. Solai piani

Lo smontaggio dei solai piani avverrà seguendo in senso inverso le fasi esecutive del montaggio; demoliti o smontati pertanto i pavimenti (si rimanda all'articolo specifico) si procederà a rimuovere il sottofondo e l'eventuale caldana, avanzando di seguito con lo scempiato che potrà essere costituito da mezzane, tavelloni, tavolato di legno o da voltine in mattoni (forati o pieni) od ancora pignatte o volterrane previa dislocazione di idonei tavolati in legno (spessore minimo 3-4 cm, larghezza minima 40-50 cm) od altro materiale atto al sostegno degli operatori. La carpenteria lignea (travi, travetti e travicelli) dovrà essere sfilata dagli appoggi evitando di fare leva sulle murature mediante opportune disposizioni quali: puntellamenti, sospensioni (mediante utilizzo di idonei apparecchi di sollevamento o montacarichi) od eventuale taglio a filo muro in corrispondenza dell'appoggio, lasciando le teste all'interno della muratura (successivamente si dovrà provvedere alla loro rimozione). Particolare attenzione dovrà essere fatta nel caso di smontaggio di solai precedentemente consolidati come, ad esempio, travi munite di staffe metalliche di ancoraggio alla muratura perimetrale; in questo caso la trave, essendosi trasformata in catena, contribuisce direttamente alla stabilità dei setti murari; andrà, pertanto, evitato il semplice "sfilamento" delle travi dalle loro sedi al fine di evitare eventuali degradi irreparabili o dissesti imprevisti alle murature (si vedano gli articoli specifici sugli ancoraggi dei solai alle murature e sul collegamento fra solai complanari e contigui).

Nel caso in cui gli elaborati di progetto prevedano uno smontaggio preordinato al recupero del materiale assumerà notevole importanza l'eventuale presenza di connessioni tra degli elementi costitutivi il solaio. La presenza di chiodi o viti tiraffondi richiederà, infatti, particolari cautele e l'adozione di idonei strumenti al fine di evitare ulteriori degradi alle strutture lignee.

Di norma, quando si dovranno demolire solai sovrapposti, si procederà, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, dall'alto verso il basso.

6.2. Strutture voltate

Lo smontaggio delle strutture voltate si distinguerà in rapporto alla tipologia ed all'apparecchiatura della volta, alla natura del dissesto ed alle condizioni d'ambito. Previa esecuzione di "saggi di scopertura" (al fine di ricavare le informazioni necessarie) e la messa in opera d'idonei puntellamenti (ad es. strutture provvisorie di centinatura) e sbatacchiature atte non solo ad agevolare l'operazione in oggetto ma anche a garantire la stabilità dei manufatti confinanti (in modo particolare dovrà essere posta molta attenzione a controbilanciare l'assenza di spinta esercitata dalla volta da "smontare" o demolire) si procederà alla demolizione della volta: per volte in laterizio in foglio a crociera, a vela od a padiglione la procedura di smontaggio dovrà iniziare, sempre, dalla chiave e seguire un andamento a spirale, così come nel caso di volte a botte con apparecchiatura a spina di pesce diritta o spina reale; mentre per le volte a botte, a botte con teste a padiglione, o a schifo con apparecchiature con filari longitudinali o trasversali si procederà per cantieri frontali avanzando dal centro verso le imposte.

6.3. Strutture in aggetto

Lo smontaggio di parti a sbalzo (cornicioni di gronda, balconi, gradini ecc.) seguirà le procedure riguardanti i solai; occorre, tuttavia, precisare che l'eventuale demolizione di porzioni soprastanti il punto di incastro potrebbe diminuire il momento con la conseguente improvvisa caduta (per peso proprio) del manufatto a sbalzo. Per evitare tale fenomeno sarà indicato prevedere opportune opere di presidio degli elementi aggettanti, prima di procedere alla rimozione delle strutture soprastanti. Le unità originarie a sbalzo, o quelle che si dovessero trovare in questa situazione a causa di opere parziali di demolizione, dovranno essere celermente rimosse da posizioni instabili e/o pericolanti in altrettante collocazioni sicure e stabili.

6.4. Collegamenti verticali

Lo smontaggio parziale o totale delle strutture di collegamento verticale seguirà le modalità precedentemente descritte agli articoli dei solai piani o delle strutture voltate nel caso di scale in muratura costruite su strutture di sostegno a volta, fermo restando che dovrà sempre essere coperta la stabilità complessiva utilizzando, eventualmente, opere di puntellamento. Una specifica propria delle scale riguarda i gradini a sbalzo i quali, se non adeguatamente puntellati, non potranno essere utilizzati

come piano di lavoro, quando sia in atto la demolizione dei muri soprastanti l'incastro (si veda la demolizione di strutture murarie). Le scale, come del resto gli altri orizzontamenti, non dovranno essere, in ogni caso, caricate con materiali di risulta.

6.5. Manti e strutture di copertura

Lo smontaggio della copertura procederà, quando sarà possibile, dall'intradosso: contrariamente gli addetti dovranno lavorare su appositi tavolati di ripartizione posti sull'orditura principale, mai su quella secondaria. Allorché l'altezza di possibili cadute sul piano sottostante superi i 2 m si dovrà, necessariamente, predisporre un sotto piano di lavoro; qualora non sia possibile mettere in opera detto sottopalco sarà obbligo munirsi d'apposite cinture di sicurezza. Lo smontaggio e la scomposizione della carpenteria principale (arcarecci, terzere, puntoni, capriate ecc.) qualunque sia il materiale legno, ferro o c.a., seguirà la procedura inversa a quella della messa in opera, ovverosia prima si smonteranno a mano le canne fumarie ed i comignoli, poi il manto di copertura (le tegole saranno asportate a sezione, simmetricamente da una parte e dall'altra, procedendo dal colmo verso le gronde avendo cura di non rompere o danneggiare i singoli pezzi), il sottofondo e lo scempiato di mezzane od il tavolato ligneo, in seguito si passerà a sfilare l'orditura minuta e/o media (travicelli, correnti, morali, palombelli, mezzanelle ecc.) e, per ultimo, quella principale che dovrà essere imbracata e calata a terra mediante idonei dispositivi (gru, paranchi, montacarichi ecc.). Particolare attenzione si dovrà avere in presenza di eventuali connessioni (chiodature, cavicchi, gattelli lignei, piastrine metalliche di ancoraggio ecc.) presenti tra le varie orditure o tra gli elementi della medesima orditura od ancora tra l'orditura principale e la muratura d'imposta. Il loro smontaggio richiederà, infatti, particolari cautele e l'adozione d'idonei strumenti al fine di evitare ulteriori degradi delle strutture lignee o delle murature (ad es. per sfilare i chiodi dalle assi di un tavolato si potrà tranciare le teste e segare i gambi o, in alternativa, esercitare una trazione sull'elemento da rimuovere, in corrispondenza della giunzione, sfruttando il principio della leva ed utilizzando a tale scopo strumenti quali tenaglie, scalpelli ecc. avendo cura di non danneggiare, né la tavola dell'assito da rimuovere, né il travicello cui sarà ancorata).

Lo smontaggio di carpenteria lignea complessa (ad es. le capriate) oppure quello inerente gli elementi di finitura intradossale dovrà essere, necessariamente, preceduto da un preciso rilievo degli elementi costitutivi e delle reciproche connessioni oltre che, naturalmente, dalla loro numerazione e catalogazione.

Nel caso di smontaggio di cornicioni di gronda a sbalzo, siano questi ancorati all'ultimo solaio o, più frequentemente, trattenuti dal peso del coperto sarà opportuno attenersi a quanto prescritto all'articolo specifico riguardante le strutture in aggetto.

7. Asportazione di intonaci

La procedura di rimozione dovrà, necessariamente, sempre essere preceduta da un'operazione di "saggiatura" preventiva eseguita mediante percussione sistematica con le nocche della mano sulla muratura al fine di individuare con precisione le zone compatte e per delimitare (ad es. con un segno tratteggiato a gesso) il perimetro di quelle in fase di distacco (zone gonfiate e formanti "sacche").

L'asportazione parziale o totale degli intonaci dovrà essere eseguita rimuovendo accuratamente dalla superficie degradata, per strati successivi, tutto lo spessore dell'intonaco fino ad arrivare al vivo della muratura senza però intaccare il supporto murario che, alla fine dell'intervento, si dovrà presentare integro senza visibili scanalature e/o rotture degli elementi componenti l'apparecchio murario. L'azione dovrà, quindi, essere sempre controllata e limitata alla rimozione dell'intonaco senza intaccare la muratura di supporto ed eventuali aree vicine da conservare. La demolizione dovrà procedere dall'alto verso il basso rimuovendo porzioni limitate e di peso modesto ed eliminando manualmente lembi d'intonaco rigonfiati di notevole spessore. La procedura sarà, preferibilmente, eseguita con mezzi manuali (mediante mazzetta, punta e scalpello oppure martelline); allorché la durezza dello strato di intonaco o l'estensione delle superfici da rimuovere lo esigessero potranno essere utilizzati anche mezzi meccanici di modeste dimensioni (vibroincisori o piccoli martelli pneumatici) fermo restando di fare particolare attenzione, in fase esecutiva, a non intaccare il supporto murario od altre superfici non interessate alla procedura.

Durante l'operazione d'asportazione si dovrà avere cura di evitare danneggiamenti a serramenti, pensiline, parapetti e a tutti i componenti edilizi (stucchi, modanature, profili da conservare ecc.) nelle vicinanze o sottostanti la zona d'intervento. Nel caso in cui si dovesse intervenire su di un particolare decorativo da ripristinare, (ad es. finte bozze di bugnato o cornici marcapiano ecc.) sarà obbligo, prima della rimozione, eseguire un attento rilievo ed un eventuale successivo calco (in gesso o in resina) al fine di poterlo riprodurre in maniera corretta.

Il materiale di scarto, (soprattutto in presenza di intonaci a calce), se non diversamente specificato dalla D.L., dovrà essere recuperato, mediante la disposizione di idoneo tavolato rivestito da teli di nylon, e custodito in pile accuratamente coperti (per proteggerli dagli agenti atmosferici) al fine di riutilizzarlo per la messa in opera di eventuali rappezzi.

L'operazione di spicconatura terminerà con pulizia di fondo a mezzo di scopinetti e/o spazzole di saggina, con lo scopo di allontanare dalla muratura tracce di sporco e residui pulverulenti.

8. Rimozione e smontaggio di pavimenti

La rimozione dei pavimenti dovrà essere eseguita, preferibilmente, con mezzi manuali (mazzetta e scalpello) o, in presenza di battuti (di cemento o di graniglia) o pastelloni alla veneziana particolarmente tenaci, con l'ausilio di martelli da taglio o, in alternativa e solo sotto esplicita richiesta della D.L. modesti mezzi meccanici. In ogni caso l'operazione dovrà essere limitata al solo pavimento ed alla malta di allettamento. Il restante sottofondo dovrà essere pulito e spianato accuratamente

eliminando qualsiasi irregolarità. Bisognerà, inoltre, prestare molta attenzione agli impianti posti sotto il pavimento, dei quali si dovrà, necessariamente, curarne il ripristino nel caso di rottura causata durante le demolizioni.

Nell'eventualità in cui gli elaborati di progetto prevedano uno smontaggio preordinato al recupero del materiale assumerà notevole importanza la cura dello smontaggio: in questo caso sarà, per ovvie ragioni, bandito l'uso di mezzi meccanici (ad es. martelli pneumatici) e la procedura avrà inizio laddove si presenterà una soluzione di continuità (ad es. rottura dell'elemento o mancanza di fuga) procedendo di conseguenza. A seconda del tipo e della consistenza della giunzione tra gli elementi si sceglieranno gli strumenti e le tecniche più idonee, fermo restando la cura di non danneggiare gli elementi stessi e quelli limitrofi:

– unione mediante infissione a forza (ad es. pavimentazioni in cubetti di porfido, in ciottoli di fiume ecc.): si potranno rimuovere gli elementi con l'uso di leve;
– unioni chiodate (ad es. tavolati, parquet ecc.): si potranno sfilare i chiodi mediante tenaglie o pinze, tranciare le teste ed i gambi dei chiodi o, in alternativa, si potrà esercitare una trazione sull'elemento da rimuovere, in corrispondenza della giunzione, sfruttando il principio della leva ed utilizzando a tale scopo strumenti quali tenaglie, scalpelli ecc.;
– unioni mediante collanti o malte (ad es. mattonati, lastre lapidee ecc.) si procederà mediante punte e scalpelli utilizzandoli come leve ponendo attenzione a non spezzare l'elemento da asportare;
– unioni continue (ad es. battuti di graniglia, pastelloni veneziani ecc.) si potrà intervenire solo attraverso il taglio meccanico (con l'ausilio di seghe circolari e flessibili) di porzioni, previa la loro individuazione e numerazione in fase di rilievo. Il taglio (eventualmente guidato da appositi segnali guida o da carrelli) dovrà evitare di pregiudicare i contorni al fine, sia di rendere possibile il successivo accostamento dei pezzi in fase di rimontaggio, sia di non avere eccessive fughe e linee irregolari di giuntura.

L'operazione di smontaggio dovrà essere preceduta da un accurato rilievo dello stato di fatto del pavimento con conseguente numerazione dei pezzi e segnatura delle facce combacianti, nel caso in cui la disposizione degli elementi dovesse seguire uno specifico disegno oppure laddove si abbia a che fare con pezzi speciali per forma e dimensioni inseriti in un disegno esente da schemi fissi e ripetitivi. Sarà consigliabile, nonché vantaggioso, tenere conto nella numerazione e marcatura dei singoli elementi e l'ordine con cui gli stessi verranno disancorati e rimossi dal supporto, così da organizzare una corretta sequenza operativa necessaria al rimontaggio.

9. Rimozione e smontaggio di rivestimenti lapidei

La procedura di smontaggio di pannelli lapidei dovrà necessariamente adottare, ogni volta, la metodologia, la tecnica e gli strumenti più consoni per separare i componenti di ancoraggio che potranno variare dalle unioni con chiodature, perni e zanche in ferro a mastici e malte adesive. Qualsiasi procedura sarà adottata l'operazione di smontaggio dovrà essere preceduta da un accurato rilievo dello stato di fatto delle lastre di rivestimento, con conseguente numerazione dei pezzi e segnatura delle facce combacianti tenendo conto dell'ordine secondo cui gli elementi saranno disancorati dal supporto, così da facilitare l'organizzazione di una corretta sequenza operativa indispensabile per l'eventuale rimontaggio. In questa fase sarà, inoltre, necessario sia valutare le dimensioni e il peso dei singoli manufatti da rimuovere (ovvero delle parti risultanti dallo smontaggio), sia verificare se lo smontaggio possa interessare il singolo elemento o più elementi contemporaneamente (ad es. il caso in cui la singola lastra sia collegata o composta con altri pezzi). In linea generale si dovrà evitare il più possibile di ricorrere all'uso di tagli, se questi non potessero essere evitati si dovrà cercare di effettuarli (mediante l'ausilio di frullini elettrici manuali muniti di idoneo disco in ragione della consistenza del litotipo da tagliare) in punti appropriati come, ad esempio, sulla stuccatura del giunto tra lastra e torello o nella giuntura d'angolo di due pannelli, facendo attenzione a non danneggiare i bordi così da rendere possibile il loro successivo raccostamento.

Precedentemente alla rimozione, sarà necessario predisporre idonea attrezzatura di sollevamento e calo a terra in ragione del peso e della manovrabilità delle lastre (ad es. montacarichi). Allo stesso tempo, potrà risultare utile realizzare dei presidi di sostegno ed un'opportuna operazione di preconsolidamento degli elementi (si vedano gli articoli specifici) affinché il loro smontaggio possa avvenire in piena sicurezza e tutela degli operatori e dei pannelli stessi.

La prima operazione di smontaggio vero e proprio sarà quella di rimuovere gli elementi (perni, zanche ecc.) o i materiali (malte, mastici ecc.) che garantiscono la connessione dei pannelli alla struttura muraria. Nel caso di elementi metallici questa operazione potrà avvenire: se sono di modeste dimensioni (ad es. chiodature), esercitando sugli elementi una controllata trazione sfruttando il principio della leva, mentre, se si tratta di elementi di una certa consistenza (ad es. zanche in ferro), ricorrendo al taglio che consente una facile asportazione successiva; in ogni caso, questa operazione, dovrà essere realizzata avendo cura di non danneggiare il pannello lapideo. Prima di distaccare del tutto il pannello dal supporto, la lastra dovrà essere messa in sicurezza imbracandola con idonei nastri telati collegati all'organo di posa a terra.

Se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, la procedura avrà inizio partendo da un elemento privo di decorazioni già sconnesso o degradato cosicché, in caso di perdita, non verrà a mancare una parte rilevante del rivestimento, altrimenti si potrà iniziare da un pannello (anch'esso privo di decorazioni o appartenente ad eventuali disegni di rivestimento) posto in posizione defilata; sovente, infatti, la prima operazione di smontaggio può comportare la rottura o la perdita del pannello.

10. Asportazione di tinte

10.1. Raschiatura parziale di tinte

La procedura ha lo scopo di rimuovere parziali strati di coloriture staccate o in fase di distacco (coloriture organiche) evitando di intaccare gli strati superficiali del sottofondo nonché eventuali coloriture ancora ben aderenti al supporto (soprattutto quando si tratta di coloriture inorganiche). Prima di procedere con l'intervento di raschiatura dovranno essere eseguite delle prove preliminari circoscritte a più punti della superficie da asportare in modo da poter verificare l'effettiva adesione della tinta al supporto; per questo risulterà opportuno realizzare campioni, di 10 cm di lato, suddivisi, a loro volta, in porzioni di grandezza variabile (da 2 mm a 1 cm di lato), tramite l'ausilio di righe metalliche. Nel caso in cui le parti che si distaccano conseguentemente all'operazione di quadrettatura risultino inferiori al 20% della superficie campione potrà essere realizzata una raschiatura parziale, contrariamente, in riferimento a quanto prescritto dalla D.L., la raschiatura potrà essere anche totale. L'operazione di raschiatura dovrà essere realizzata ricorrendo a mezzi meccanici (spatole, raschietti, bisturi ecc.) facilmente controllabili e non traumatici per il supporto. In presenza di rinvenimenti di strati sottostanti di pitture organiche la procedura potrà essere ripetuta così da poter valutare l'eventuale possibilità di rimuoverli.

10.2. Raschiatura totale di tinte

L'operazione di raschiatura totale della tinta dovrà, necessariamente, essere preceduta sia dalle indagini preliminari esplicate nella procedura inerente la raschiatura parziale di tinte sia da ulteriori accertamenti diagnostici e stratigrafici: per questo l'Appaltatore dovrà provvedere a fornire la strumentazione idonea per consentire tali verifiche in riferimento a quanto riportato negli specifici articoli. L'intervento, poiché potrà essere compiuto oltre che meccanicamente (seguendo le indicazioni riportate nella procedura di raschiatura parziale) anche chimicamente o a fiamma, potrà essere effettuato solo dopo aver comprovato l'effettiva tenuta del supporto a stress chimici e termici. La selezione della metodologia di rimozione (chimica o a fiamma) potrà essere fatta solo dopo aver eseguito delle prove campione sulla superficie in modo da poter essere in grado di comparare il risultato raggiunto dalle diverse risoluzioni valutandone, al contempo, i relativi vantaggi e svantaggi.

Raschiatura chimica

La raschiatura con sistemi chimici prevedrà la stesura superficiale di prodotti decapanti ricorrendo all'uso di pennelli; i prodotti dovranno essere prescelti seguendo le specifiche indicazioni della D.L., e applicati previa protezione di tutto ciò che potrebbe danneggiarsi durante l'applicazione del prodotto. Il decapante verrà applicato e tenuto in opera in riferimento a quanto desunto dalle prove preliminari eseguite sui campioni. A reazione avvenuta il prodotto dovrà essere rimosso dalla superficie, mediante strumentazione meccanica (raschietti). La superficie dovrà essere, infine, lavata (seguendo le indicazioni riportate negli specifici articoli) così da asportare qualsiasi traccia residua di decapante evitandone l'essiccazione sul supporto.

Raschiatura a fiamma

La raschiatura a fiamma potrà essere realizzata mediante l'utilizzo di bombole di GPL e di sistemi di erogazione della fiamma (conformi alla normativa antincendio e di sicurezza). La superficie di intervento dovrà essere riscaldata fino a che la tinta da asportare non risulti annerita o rigonfia (prestando particolare attenzione a non procurare bruciature o annerimenti al supporto); a questo punto, ricorrendo all'utilizzo di spatole o raschietti, si procederà alla raschiatura. La superficie dovrà essere, infine, lavata (seguendo le indicazioni riportate negli specifici articoli) così da asportare qualsiasi traccia residua.

11. Asportazione opere musive

11.1. Distacco di opere musive a "sezioni"

La procedura di stacco del mosaico prevede la rimozione dello strato di tessere con uno o più strati di malta di sottofondo. Prima di procedere con l'intervento è opportuno realizzare: la documentazione fotografica generale e dettagliata, la pulitura della superficie mosaicata (seguendo quanto riportato nelle specifiche procedure) così da asportare eventuali impurità presenti sulle tessere e nelle giunture e il rilievo "critico" grafico dell'intero mosaico utilizzando carta trasparente posta direttamente a contatto con la superficie. Il rilievo dovrà riportare: il tracciato compositivo, eventuali lacune, avvallamenti e quant'altro risulti significativo per documentare lo stato conservativo della superficie nonché i punti di taglio (identificati nel pieno rispetto della composizione figurale), nel caso in cui si operi una separazione con "chiassolatura" (divisione programmata). La separazione potrà avvenire anche a "puzzle", operando lo stacco tenendo conto delle discontinuità già presenti sulla superficie. Lo stacco con chiassolatura dovrà prevedere la divisione dell'area in parti uguali (dimensionalmente definite dalla D.L.) numerate e la rimozione di alcuni filari di tassellato lungo le linee di taglio; le parti rimosse dovranno essere incollate nella loro esatta posizione sul rilievo che riporta lo schema del reticolo in scala 1:1. Potrà essere utile realizzare anche uno schema dello stacco in scala ridotta sul quale riportare la quota del piano di calpestio e tutte le annotazioni necessarie al fine di garantire la buona riuscita dell'operazione.

Ogni area identificata dovrà essere analizzata accuratamente in modo da rilevare possibili discontinuità superficiali poiché la superficie per lo stacco dovrà presentarsi il più possibile solidale: per questo si dovrà provvedere a colmare le lacune, causate dalla mancanza di tessere, con una malta magra (removibile dopo aver effettuato l'operazione di stacco) e fermare le tessere allentate o decoese con fasce di garza di cotone applicate con resina acrilica in soluzione. Dovranno, inoltre, essere realizzati dei cordoli di malta lungo tutta la superficie e lungo i bordi delle eventuali lacune rilevate. L'intervento procederà con l'applicazione, sull'intera superficie, di due velature (realizzabili utilizzando tessuti come la teletta, tela di lino, tela di juta ecc.): la prima velatura si realizzerà con una tela a trama rada (ad esempio tela di garza) mentre per la seconda dovrà essere utilizzato un tessuto a trama più fitta e resistente (ad esempio tela di juta). Le tele dovranno essere bagnate e lavate prima dell'incollaggio; sulla superficie tassellata dovrà essere applicata della colla (resina acrilica in emulsione o adesivo vinilico, entrambi adatti anche in presenza di forte umidità o con basse temperature) mediante l'utilizzo di pennelli di setola così da stendere le velature (soprattutto la prima) in modo da farle ben aderire anche tra gli interstizi delle tessere (per questo la prima velatura dovrà comporsi di varie parti piccole e sovrapposte leggermente le une alle altre).

Nel caso in cui il mosaico debba essere rimontato mantenendo le variazioni altimetriche che caratterizzano la superficie, dovranno essere predisposti dei calchi di gesso o in vetroresina realizzati sopra le velature. Il collant,e una volta asciugato, dovrà risultare poco flessibile in modo da produrre la contrazione necessaria per la separazione degli strati. Quando la colla risulterà ben asciutta (in questo caso il disegno risulterà visibile in trasparenza dal velatino) dovrà essere riportata sul velatino la griglia precedentemente definita differenziando, con colori diversi, le linee orizzontali da quelle verticali e numerando le singole parti. La contrazione provocata dalla colla implicherà la separazione degli strati del mosaico lungo i tagli prestabiliti: la velatura dovrà essere tagliata con l'ausilio di un bisturi lungo le linee di taglio; il distacco dal sottofondo delle tessere verrà effettuato inserendo (nell'interfaccia tra il nucleus e il rudus) e battendo con un martello, a piccoli colpi, una lancia in acciaio, sagomata a scalpello piatto, procedendo, progressivamente, dalle linee di taglio verso il centro dell'area. Sul pavimento staccato verrà applicato un pannello di multistrato allo scopo di poter ripiegare e inchiodare i bordi della tela di canapa così da renderli solidali alla superficie; sotto il tassellato (tra il nucleus e il rudus) dovranno essere fatti scivolare dei supporti lignei in modo da poter sorreggere il mosaico al momento del sollevamento.

11.2. Strappo di opere musive

La procedura operativa per lo strappo prevedrà la messa in opera di tutti i passaggi descritti nella procedura di distacco di opere musive a sezioni; l'unica diversificazione risiederà nell'inserimento dei ferri (detti spade o lance) che in questo caso dovranno essere posti tra le tessere e il primo strato di allettamento (sovranucleus). L'operazione di strappo dei mosaici dovrà, necessariamente, implicare l'asportazione del solo strato di tessere lasciando in opera tutti quelli sottostanti. In questo caso assumerà particolare importanza l'operazione di bendaggio che dovrà essere eseguita con attenzione e scrupolosità. Tale intervento risulterà indicato solo nei casi in cui gli strati sottostanti il tassellato risultino particolarmente decoesi e non offrano la possibilità di essere consolidati.

12. Asportazione dipinti murari

12.1. Strappo degli affreschi

La procedura di strappo degli affreschi prevede la rimozione della sola pellicola pittorica sacrificando, in questo modo, la caratterizzazione conferitagli dalle irregolarità presenti sulla superficie intonacata nonché le tracce relative alla tecnica di esecuzione. L'intervento prevedrà la pulitura accurata della superficie così da poter asportare tutte le sostanze estranee che potrebbero ostacolare la perfetta adesione dei bendaggi. L'operazione di pulitura dovrà essere realizzata ricorrendo alla tecnica e utilizzando i materiali prescelti dalla D.L. in riferimento alle caratteristiche dell'opera, alla sua estensione, al tipo di sporco da rimuovere e alle eventuali patinature legate ad interventi di restauro precedenti. Risulterà opportuno, per questo, procedere con delle prove preliminari realizzate su campioni così da poter meglio calibrare l'operazione di pulitura.

L'ispezione della superficie pittorica dovrà comprendere anche la messa in sicurezza di eventuali lacune, per questo dovrà essere eseguita la stuccatura della mancanza, incollando perimetralmente strisce di tessuto di cotone, e il consolidamento delle porzioni decoese. L'intervento di strappo procederà con l'applicazione sulla superficie pittorica di bendaggi (*facing*); le bende dovranno essere di cotone a trama larga, lavate, asciugate, sfilacciate ai bordi, stirate e arrotolate su un bastone o in alternativa tagliate in piccoli riquadri (di circa 40x40 cm). Si procederà applicando sul dipinto un primo strato di colla in quantità pari alla grandezza della garza, procedendo dal basso verso l'alto da sinistra a destra, utilizzando un adesivo non troppo fluido allo scopo di garantire una contrazione più forte al momento dello strappo.

La scelta della colla (appurato che si tratti di materiale reversibile e non dannoso per la superficie) dovrà essere fatta in relazione alla resistenza all'acqua del dipinto e al suo stato di conservazione nonché alle condizioni ambientali del situ; se non diversamente indicato dalla D.L. potrà essere utilizzata, per una pellicola pittorica sensibile all'acqua e friabile, una resina (vinilica o acrilica) sciolta in solvente; per una pellicola pittorica ed un intonaco resistenti all'acqua, una colla animale (acqua, aceto, fungicida, melassa in quantità minima, colla d'ossa, fiele di bue). Dopo aver steso il primo strato di garza (ben teso a mano sul dipinto) dovranno essere applicati altri strati (almeno due) incollati con una colla meno densa e sovrapposti di almeno 1 cm, ed infine, per ultimo, dovrà essere applicato uno strato di tela canapa evitando sovrapposizioni nelle giunture. Le tele dovranno uscire dai bordi del dipinto di almeno 5 cm su tre lati mentre di 30 cm sul lato superiore. La velatura potrà

essere ancorata ad una traversa lignea infissa al muro della parte sommitale del dipinto, in modo da garantire una maggior sicurezza durante l'operazione di distacco una volta che la superficie sarà completamente distaccata. Lo strappo avrà inizio quando la colla risulterà asciutta ma non ancora secca (i tempi di asciugatura varieranno a seconda dell'umidità relativa e della temperatura dell'ambiente); a questo punto dovrà essere praticata un'incisione (mediante l'uso di bisturi) lungo il perimetro dell'area interessata dall'intervento in modo da poter tirare lo strato di tela partendo da uno degli angoli inferiori. La tela, man mano che si staccherà, dovrà essere arrotolata intorno a un cilindro di legno.

A distacco avvenuto la tela dovrà essere srotolata su di una superficie piana e analizzata sul retro così da poter procedere a stuccare le eventuali lacune rintracciate (la stuccatura potrà essere effettuata, se non diversamente specificato dalla D.L., con impasto di calce e pietra macinata). Sulla superficie dovrà essere applicato un velatino (incollato o con caseato di calcio adatto per ambienti asciutti o con resina acrilica in emulsione caricata con carbonato di calcio) così da rendere reversibile il supporto che verrà applicato. "Fissata" la superficie distaccata al nuovo supporto si procederà al distacco del bendaggio utilizzando impacchi di carta giapponese imbibita dello stesso solvente utilizzato per sciogliere la colla stesa sui bendaggi. Le tele dovranno essere asportate quando risulteranno completamente distaccate dalla superficie non sollevandole ma facendole scivolare parallelamente al piano. La superficie liberata dai bendaggi dovrà essere nuovamente pulita con tamponature di cotone imbevuto nella soluzione di solvente già utilizzata.

12.2. Stacco degli affreschi

La procedura di stacco degli affreschi prevede l'asportazione dello strato pittorico insieme allo strato di finitura dell'intonaco lasciando in opera l'arriccio e il rinzaffo; in questo modo sarà possibile conservare le tracce della tecnica di esecuzione. L'intervento di stacco prevede sostanzialmente le stesse fasi procedurali esplicate per lo strappo differenziandosi in alcuni punti tra i quali: la tela di canapa dovrà essere applicata solo quando la colla dei bendaggi sottostanti risulterà ben asciutta. L'asportazione della superficie pittorica dal supporto dovrà essere compiuta, dal basso verso l'alto secondo fasce orizzontali, ricorrendo all'uso di sciabole in ferro fatte scivolare sul retro del dipinto lungo la linea tra arriccio e l'ultimo strato di intonaco, indirizzando la punta dello strumento sempre verso il muro in modo da non danneggiare il dipinto. Sulla superficie staccata e appesa alla traversa lignea dovrà essere applicato un supporto ligneo in modo da consentire l'asportazione del dipinto.

13. Discialbo manuale

Operazione di asportazione manuale di strati di pitture o tinte soprammesse alla superficie decorata o dipinta, eseguita previa indagine stratigrafica al fine di delimitare con esattezza la zona di intervento. Se non diversamente specificato, l'operazione di discialbo dovrà essere eseguita mediante mezzi meccanici (bisturi, piccole spatole, lame, raschietti, vibroincisori ecc.), impacchi chimici (pasta di cellulosa e carbonato di ammonio) o con idonei solventi (ad es. acetone, cloruro di metilene, miscela 3A, miscela 4A, essenza di trementina, alcool etilico ecc.) capaci di asportare gli strati di pitture o tinte soprammesse alla superficie decorata senza recare alcun danno. L'operazione in oggetto dovrà, necessariamente, essere limitata alle sole superfici previste dal progetto ovvero indicate dalla D.L. Al termine della procedura di discialbo tutte le eventuali porzioni di dipinto murale rinvenuto, a prescindere dallo stato di conservazione, dovranno, obbligatoriamente, essere conservate.

Specifiche

La scelta delle varie tipologie di discialbo dovrà essere attentamente valutata sia per mezzo di prove-campione, sia di indagini preliminari. Queste ultime si renderanno necessarie al fine di accertare: del dipinto celato dallo scialbo la tecnica di esecuzione (ad affresco, a mezzo fresco, a secco) e lo stato di conservazione ovvero la presenza di eventuali patologie di degrado (quali ad es. risalite capillari, efflorescenze saline, distacchi del dipinto dal supporto ecc.) mentre, dello strato da asportare, potranno essere appurate le caratteristiche tecnologiche (scialbatura a tempera o calce su affresco, scialbatura a tempera o calce su decorazioni a secco, pellicola polimerica su superficie decorata molto compatta e poco permeabile, pellicola polimerica su affresco, pellicola polimerica su dipinto a secco) e la relativa adesione al supporto dipinto.

Avvertenze

In linea generale dovrà sempre essere osservata la regola secondo la quale il prodotto (ovvero la tecnica) da impiegare dovrà essere il più solvente ma, allo stesso tempo, il più blando e il meno tossico. Per ulteriori specifiche sull'uso dei solventi si rimanda a quanto specificato nell'articolo inerente l'"approccio alla pulitura mediante solventi"; per quanto concerne, invece, il discialbo manuale "meccanico" si rimanda all'articolo inerente la "pulitura meccanica".

13.1. Scialbatura a tempera o a calce su superfici decorate ad affresco

La procedura prevedrà il discialbo mediante bisturi, lame e spatole di modeste dimensioni aiutandosi, eventualmente, con idonea lente di ingrandimento. L'operatore dovrà aver cura di rimuovere esclusivamente lo strato soprammesso senza asportare alcuna parte del dipinto sottostante. Nel caso in cui lo strato da rimuovere presentasse un legante debolmente organico e, allo stesso tempo, il supporto del dipinto si rilevasse poco permeabile, potrà essere consentito inumidire la superficie mediante impacchi di polpa di cellulosa con fibre da 200-1000 mm (o con altro supportante ritenuto idoneo dalla

D.L.) e carbonato di ammonio (in soluzione satura ovvero in idonea diluizione) o acqua distillata così da allentare l'adesione dello strato da rimuovere dal supporto pittorico. Passato il tempo necessario si potrà rimuovere la scialbatura mediante bisturi o altro mezzo meccanico ritenuto idoneo dalla D.L. La procedura dovrà terminare con la pulitura, per mezzo di tampone inumidito con acqua deionizzata, delle superfici scoperte.

13.2. Scialbatura a tempera o a calce su superfici decorate o dipinte a secco

La procedura prevedrà il discialbo mediante bisturi, lame e spatole di modeste dimensioni aiutandosi eventualmente con idonea lente di ingrandimento. L'operatore data la "fragilità" degli strati su cui dovrà operare, dovrà aver particolare cura di rimuovere esclusivamente lo strato soprammesso senza asportare alcuna parte del dipinto sottostante.

13.3. Scialbatura polimerica su superfici decorate molto compatte

Nel caso di superfici decorate molto compatte e poco permeabili (come da es. stucchi, finti marmi ecc.) con scialbatura costituita da pellicole polimeriche sarà preferibile l'utilizzo di appropriato solvent-gel che, in fase di prove preliminari, avrà dato il risultato migliore. Previa adeguata pulitura a secco della superficie si procederà all'applicazione, mediante pennelli, del solvent-gel sulla superficie nella quantità necessaria valutata attraverso le prove preliminari (di norma sarà sufficiente 0,6 l/m²). Trascorso il tempo stabilito sarà possibile rimuovere il solvent-gel dalla superficie insieme alla pellicola polimerica per mezzo di spatole o modesti raschietti. Sarà cura dell'operatore porre particolare attenzione nel rimuovere il gel al fine di non asportare ovvero graffiare e danneggiare porzioni del supporto decorato. In presenza di superfici particolarmente degradate e/o modellate sarà necessario porre particolare attenzione nel compire l'operazione di discialbo.

La procedura dovrà terminare con una doppia operazione di pulitura della superficie scoperta: la prima per mezzo di tampone inumidito con il solvente utilizzato per il discialbo (così da rimuovere ogni eventuale avanzo di lavorazione), la seconda con acqua distillata così da garantire la completa pulitura del supporto.

Nel caso risultasse necessario e sempre dietro specifica indicazione della D.L. la suddetta operazione potrà essere ripetuta in modo da riuscire ad eliminare tutte le tracce di pellicola polimerica.

Specifiche sui materiali

L'utilizzo di solventi gelificanti nelle operazioni di pulitura di superfici policrome sarà da preferire, dal momento che consentirà di ottenere un'azione più controllata e selettiva sullo strato da rimuovere, oltre ad una minore volatilità dei solventi stessi e maggiore sicurezza per l'operatore.

13.4. Scialbatura polimerica su superfici decorate ad affresco

La procedura sarà simile a quella decritta all'articolo precedente salvo per la preparazione del supporto che potrà essere trattato con impacco di polpa di cellulosa (1000 mm) o di altro supportante ritenuto idoneo dalla D.L. e carbonato di ammonio in soluzione satura (ovvero in idonea diluizione) al fine di inumidire lo strato di intonaco e limitare la penetrazione dei successivi solventi. La rimozione della pellicola polimerica avverrà per mezzo di solvent-gel individuati nelle preliminari campionature o per mezzo di solventi veicolati da addensanti quali metilcellulosa (per solventi polari) da utilizzarsi in concentrazione dal 2 al 4% p/v o etilcellulosa (per solventi apolari o a bassa polarità) da utilizzarsi in concentrazione dal 6 al 10% p/v. L'operazione potrà essere rifinita per mezzo di discialbo manuale meccanico mediante bisturi e piccole lame.

La procedura dovrà terminare con una doppia operazione di pulitura della superficie scoperta: la prima per mezzo di tampone inumidito con il solvente utilizzato per il discialbo (così da rimuovere ogni eventuale avanzo di lavorazione), la seconda con acqua distillata così da garantire la completa pulitura del supporto.

Specifiche sui materiali supportanti ed addensanti

Questi prodotti garantiscono la gelificazione del solvente in modo da mantenerlo localizzato sulla superficie del manufatto policromo. In questo modo rendono l'operazione di pulitura più selettiva e, allo stesso tempo, impediscono la penetrazione del solvente negli strati sottostanti, inoltre riducono il processo d'evaporazione diminuendo l'inalazione del solvente da parte dell'operatore. In linea generale gli addensanti dovranno essere lavorati ed applicati a pennello per tempi variabili secondo il caso e rimossi a secco o con un tampone leggermente imbevuto di solvente senza lasciare residui dannosi per l'opera. La densità finale del gel sarà controllata dall'operatore a seconda delle esigenze specifiche. I supportanti fondamentalmente si dividono in due categorie: addensanti cellulosici (metilcellulosa, etilcellulosa) e solvent-gel. La scelta di gelificare un solvente con un addensante cellulosico anziché per mezzo di solvet-gel potrà discendere da molteplici fattori come, ad esempio, l'eventuale presenza di materiali particolarmente sensibili all'acqua renderà gli addensanti cellulosici preferibili ai solvent-gel che, al contrario, risulteranno più idonei (grazie all'azione blandamente tensioattiva) per procedure di pulitura più generiche di superfici pittoriche e non.

13.5. Scialbatura polimerica su superfici decorate a secco

L'operazione di discialbo si rivelerà molto delicata vista la "fragilità" degli strati su cui dovrà operare e verrà indicata dalle prove preliminari di pulitura eseguite precedentemente l'intervento suddetto. Nel caso in cui la "scialbatura polimerica" si dovesse presentare con un basso contenuto di polimero, si seguirà la stessa procedura indicata per gli affreschi, avendo cura di scegliere un solvente che non danneggi i pigmenti utilizzati per la decorazione a secco.

ART. 3 – PRECONSOLIDAMENTI

Premessa metodologica

Nel susseguirsi delle procedure operative il preconsolidamento deve essere considerato come l'operazione antecedente la pulitura. Si basa, in pratica, sul ristabilimento preventivo delle proprietà di compattezza di quelle porzioni di materiale disgregato o polverizzato, già visibili in fase di progetto o individuate dopo la prima asportazione di depositi superficiali, che potrebbero essere danneggiate durante i successivi cicli di pulitura. Un'operazione di preconsolidamento potrebbe essere necessaria in presenza di depositi calcarei o patine nerastre tenacemente aderenti ad un concio di pietra molto fragile (frantumato, scagliato, attaccato dalle solfatazioni); in questo caso, prima della pulitura, devono essere eseguiti interventi preliminari di tutela tramite, ad esempio, la messa in opera di "ponti" di collegamento al fine di rendere tali frammenti nuovamente solidali. L'intervento di preconsolidamento ha, normalmente, lo scopo di fornire stabilità provvisoria a supporti particolarmente decoesi sui quali sono necessari interventi successivi di pulitura (anche abbastanza aggressivi) incompatibili con l'attuale stato conservativo, estremamente precario della superficie. Il preconsolidamento deve operare, essenzialmente, come presidio dei frammenti di materiale e allo stesso tempo non deve intervenire sui depositi o patine da asportare. Non di rado per eseguire quest'operazione si utilizzano tecniche e metodi propri del consolidamento anche se nel primo caso la "terapia" è sovente concentrata su zone puntuali di superficie mentre nel consolidamento è lecito procedere anche su zone più ampie di materiale degradato.

ART. 3.1 – OPERAZIONI DI PRECONSOLIDAMENTO DEI MATERIALI LAPIDEI

Con il termine "materiale lapideo" dovranno sempre essere intesi (in accordo alle raccomandazioni NorMaL) oltre che i marmi e le pietre propriamente detti, anche gli stucchi, le malte, gli intonaci (affrescati, dipinti a secco, graffiti) ed i prodotti ceramici come laterizi e cotti.

1. Generalità

Le operazioni di preconsolidamento richiederanno maestria di messa in opera e, talvolta, potranno essere ripetute con tempi piuttosto lunghi così da permettere ai collanti utilizzati di fare presa (prima di iniziare i cicli di pulitura) pena la perdita di frammenti e scaglie originali. Questa procedura avrà una funzione esclusivamente preventiva e conservativa; a questo proposito, saranno da preferire adesivi deboli e chimicamente reversibili, ovvero quei prodotti che potranno essere sciolti nuovamente ed asportati facilmente o paste molto magre (rapporto legante inerte molto basso).

Dovrà essere vietato effettuare qualsiasi procedura di preconsolidamento e/o utilizzo di prodotti, anche se prescritti negli elaborati di progetto, senza la preventiva esecuzione di campionature pre-intervento eseguite sotto il controllo della D.L.; ogni campione dovrà, necessariamente, essere catalogato ed etichettato; su tale etichetta dovranno essere riportati la data di esecuzione, il tipo di prodotto e/o le percentuali dell'impasto utilizzato, gli eventuali solventi e di conseguenza il tipo di diluizione (se si tratterà di emulsioni ovverosia miscele di due liquidi rapporto volume/volume) o di concentrazione (se si tratta di soluzioni cioè scioglimento di un solido in un liquido rapporto peso/volume) utilizzati, le modalità ed i tempi di applicazione.

2. Ponti di malta magra e/o resina

Questo tipo di operazione, che sovente precederà la procedura di stuccatura o sigillatura dei conci di pietra, avrà il compito di "mettere in sicurezza" e rendere solidali tra loro tutte quelle scaglie, frammenti o fratture dei conci lapidei che altrimenti potrebbero distaccarsi o andare perduti durante le operazioni di pulitura. Al fine di sorreggere scaglie lapidee leggere, non più ampie di una mano, si potrà impiegare come collante una malta magra (l'impasto dovrà contenere poca calce, così da essere più facilmente rimosso dopo la pulitura) con rapporto calce inerte 1:4 o 1:5 con granulometria molto fine (carbonato di calcio o polvere di pomice) in piccole porzioni. Queste deboli stuccature potranno essere stese con spatole a doppia foglia piatta o con cazzuolini e dovranno essere posizionate, se non diversamente specificato, come ponti di collegamento tra i frammenti in fase di distacco e la massa principale; potrà, inoltre, risultare vantaggioso scegliere una malta che presenti, dopo la presa, un colore in forte contrasto con l'apparecchio limitrofo così da essere ben identificabile come stuccatura provvisoria.

In alternativa si potrà utilizzare il medesimo impasto (sia a base di malta sia a base di resine sintetiche) pensato per le stuccature definitive (per maggiori dettagli si rimanda agli articoli specifici riguardanti le stuccature e i consolidamenti) ma, in questo caso, l'impasto dovrà essere steso in modo molto puntuale al fine di mettere in opera solo i "ponti di collegamento" che verranno in seguito completati da operazioni successive alla pulitura.

3. Velinatura con garza di cotone o carta giapponese

Questo tipo di intervento, potrà essere utilizzato in presenza di pellicole pittoriche in fase di distacco o elementi lapidei particolarmente esfoliati, erosi o disgregati al fine di preservarli da, se pur lievi, abrasioni causate dall'eventuale passaggio di un pennello per un trattamento preconsolidante, consolidante o dall'azione abrasiva di una pulitura ad acqua. Le scaglie saranno assicurate mediante bendaggi provvisionali di sostegno: si procederà in modo progressivo mettendo in opera "fazzoletti" di garza di cotone (comuni compresse di garze sterili), di tela grezza (da scegliere in base alla pesantezza e alle dimensioni del frammento in oggetto) o fogli di carta giapponese di pochi centimetri di lato (da 6 a 12) fermati con resina acrilica in soluzione o in dispersione (per quanto riguarda la soluzione un buon esempio sarà costituito da una resina acrilica tipo *Paraloid* al 20% p/v, in solvente volatile come acetone, così da favorire una rapida presa o sempre al 20% in un diluente nitro; mentre per la dispersione si potrà utilizzare una emulsione acrilica tipo *Primal B60A* al 5% v/v), oppure con una soluzione acquosa al 3% di alcool polivinilico (ad es. *Gelvatol*) o acetato di polivinile.

Questa sorta di "filtro", realizzato con fogli di carta giapponese, potrà essere messo in opera anche in presenza di impacchi pulenti (a base di polpa di cellulosa o di argille assorbenti) allorché si operi su strutture particolarmente porose o decoese.

Specifiche sui materiali

La carta giapponese è una carta molto leggera a base di fibre di riso, dotata di robustezza disponibile in commercio in diversi spessori e pesi minimo 6 gr/m² massimo 110 gr/m². Queste carte si rilevano utili oltre che per le velinature anche come "filtro" per operazioni di pulitura su superfici delicate o in avanzato stato di degrado.

Alcool polivinilico: Sostanza ad alto peso molecolare, solubile in acqua, alla quale si impartisce forte viscosità e proprietà emulsionanti. Si rileva poco solubile in solventi organici e viene sovente utilizzato in miscele di acqua e alcool etilico denaturato (in soluzioni dal 3 al 10%) nelle operazioni di preconsolidamento per fissaggi di scaglie e/o frammenti oppure per fissaggi mediante velinature con garza di cotone o carta giapponese.

Acetato di polivinile: Resina sintetica termoplastica, preparata per polimerizzazione dell'acetato di vinile, a sua volta ottenuto da acetilene e acido acetico. Utilizzata in soluzione dal 3 al 10% in alcool etilico o isopropilico oppure in miscele a base di acido etilico denaturato e acqua come fissativo di pellicole pittoriche o per eseguire "ponti di cucitura" di frammenti di scaglie decoese. Punto di rammollimento: 155-180 °C; viscosità a 20 °C della soluzione al 20% in estere etilico dell'acido acetico: 180-240 mPas.

4. Nebulizzazione di miscele di silicato di etile

La procedura (simile a quella descritta nell'articolo sul consolidamento mediante silicato di etile) potrà essere utilizzata sia per la riadesione di scaglie e micro frammenti pericolanti sia in presenza di fenomeni di polverizzazione e decoesione della superficie lapidea e, si porrà come obiettivo quello di fissare temporaneamente il materiale. L'operazione consisterà nella nebulizzazione o, preferibilmente, nell'applicazione con pennello a setola naturale morbida di miscela d'esteri dell'acido silicico (silicato di etile) in percentuale variabile in ragione del supporto. In linea di massima potranno essere prese come percentuali di riferimento quelle normalmente utilizzate per il consolidamento per impregnazione abbassandole leggermente (in linea generale si potrà utilizzare una quantità paria a circa 400-500 g/m² per il consolidamento d'apparecchi in cotto, e 200-300 g/m² per superfici intonacate con malta di calce). Su superfici particolarmente decoese o in presenza di scaglie di pellicola pittorica sarà consigliabile interporre tra il pennello e il materiale fazzoletti di carta giapponese così da creare un filtro a protezione dell'azione abrasiva, se pur in minima parte, del pennello.

5. Applicazione di sospensioni di idrossido di calcio

La procedura sarà rivolta, in modo particolare, agli intonaci di calce o alle pitture murali, allorché si manifesteranno fenomeni di polverizzazione del colore o esfoliazione di strati pittorici così da garantire sia la riadesione del pigmento sia della pellicola al supporto. Il preconsolidamento si baserà sull'applicazione di sospensioni, direttamente sulle superfici, di soluzioni stabili d'idrossido di calcio in solventi inorganici (alcoli alifatici), le particelle veicolate dal solvente penetreranno all'interno delle porosità superficiali così da produrre un nuovo processo di presa all'interno della matrice. Il solvente sarà da preferire all'acqua in quanto quest'ultima renderà la sospensione nettamente più instabile provocando una velatura biancastra sulle superfici trattate, inoltre il solvente avrà il vantaggio di far decantare l'idrossido di calcio in tempi più lunghi (circa 16-18 ore contro gli appena 30-40 minuti delle soluzioni acquose). In ogni caso se si vorrà utilizzare l'acqua sarà consigliabile formulare soluzioni utilizzando acqua distillata. Le sospensioni potranno essere preparate con concentrazioni molto variabili in ragione del supporto da consolidare, sarà, comunque, consigliabile iniziare da sospensioni abbastanza diluite per poi spingersi a soluzioni più concentrate fino ad arrivare ad una crema di una certa consistenza.

Il trattamento eseguito, con l'ausilio di pennello a setola morbida, in una due o più riprese, (intervallate generalmente da qualche giorno ed aumentando la concentrazione della soluzione), fino ad assorbimento totale del supporto rientrerà in quelli di consolidamento corticale in quanto le particelle, pur di ridotte dimensioni, non riusciranno a penetrare nel materiale in profondità (ca. 2 mm). La procedura non risulterà adatta per le superfici che presentano depositi polverulenti o grassi, in quanto sostanze potenzialmente solubili e pertanto diffondibili all'interno della matrice porosa. Su pitture murali o, più in generale, su supporti particolarmente decoesi sarà necessario interporre fazzoletti di carta giapponese che verranno rimossi dopo circa un'ora dall'applicazione.

Specifiche sui materiali

Le possibili velature bianche (che potranno emergere anche solo dopo poche ore dal trattamento) potranno essere eliminate (a meno che non sia previsto un successivo trattamento protettivo con prodotti a base di calce tipo scilabature o velature alla calce) con spugnature o tamponature di acqua distillata o con impacchi, di qualche ora (circa 6-10 h) di polpa di cellulosa inumidita sempre da acqua distillata (per maggiori dettagli si rimanda agli articoli specifici sulle puliture).

6. Micro-iniezioni di miscele a bassa pressione

Questo tipo di operazione sarà indirizzato verso la riadesione di modeste parti di intonaco o scaglie di laterizio sollevate. Queste micro-iniezioni potranno essere effettuate in prossimità di piccole fessure, lacune o fori già presenti sulle superfici intonacate, in assenza di queste si potranno creare dei microfori con l'ausilio di idonei punteruoli o micro-trapani manuali. Previa pulitura della fessurazione con una miscela di acqua deionizzata ed alcool (5:1 in volume), con lo scopo di creare dei canali nella parte retrostante e, al contempo, di verificare l'eventuale esistenza di lesioni o fori da dove la miscela consolidante potrebbe fuoriuscire, si procederà all'iniezione, con l'ausilio di normali siringhe di plastica (da 10 cc o 20 cc), procedendo attraverso i fori o le soluzioni di continuità poste nella parte più bassa per poi avanzare, verso quelle più in alto.

Per gli intonaci, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, si potrà utilizzare iniezioni di una miscela composta da calce aerea diluita con percentuale del 5-10% di resina acrilica eventualmente caricata con carbonato di calcio o metacaolino micronizzato ed addittivata con gluconato di sodio, o, nei casi di distacchi più consistenti (ad es. scaglie di laterizio), con polvere di cocciopesto vagliata e lavata o sabbia silicea ventilata; in caso d'estrema urgenza o di murature umide, si potrà utilizzare calce idraulica naturale NHL 2 esente da sali solubili, additivata con cariche pozzolaniche ventilate; in questo modo si potrà ottenere un solido ancoraggio nel giro di 20-30 minuti. All'operazione di preconsolidamento, ad esempio, di una porzione consistente d'intonaco spanciato che minaccia di distaccarsi totalmente dal supporto, sarà utile affiancare quella di presidio provvisorio temporaneo facilmente realizzabile con la messa in opera, alla distanza di circa 2-3 cm, di un tavolato continuo in legno protetto nella faccia verso il manufatto da un foglio di alluminio o da un film plastico in polietilene (tipo *Domopak*); infine, lo spazio tra presidio e l'interfaccia dell'intonaco (precedentemente protetto con foglio di alluminio) sarà riempito da materiale morbido tipo gommapiuma (o in alternativa da schiuma di poliuretano).

Specifiche sui materiali

Le resine acriliche, come del resto le emulsioni acriliche pure (ovvero al 100%), potranno essere utilizzate in dispersione acquosa (ovvero un miscuglio eterogeneo contenente una percentuale variabile di resina acrilica o di emulsione acrilica pura) sia come legante per pigmenti naturali e/o sintetici in polvere, sia come additivo per malte da sigillatura o iniezione (se non diversamente specificato per un impasto di calce ed inerti in rapporto di 1:3 si aggiungerà 5-10% di emulsione acrilica) conferendo a questi impasti un più veloce indurimento in superficie, un miglioramento delle caratteristiche fisico-chimiche (tenacità, durezza, resistenza nel tempo ed agli agenti chimici, resistenza all'abrasione, alla trazione, alla compressione, alla flessione, all'impatto ed agli effetti del gelo) e un netto aumento di adesività su materiali quali laterizio, legno e cemento.

Art. 4 – PULITURE

Premessa metodologica

La pulitura di una superficie si deve prefiggere lo scopo di rimuovere la presenza di sostanze estranee patogene, causa di degrado, limitandosi alla loro asportazione. Il lato estetico non deve incidere sul risultato finale, l'intento della pulitura non deve essere quello di rendere "gradevole" l'aspetto della superficie ma, bensì, quello di sanare uno stato di fatto alterato. Si ritengono, perciò, inutili, nonché dannose, puliture insistenti che potrebbero intaccare la pellicola naturale del materiale formatasi nel corso degli anni, puliture mosse, generalmente, dalla volontà di restituire al materiale il suo aspetto originario. Tenendo conto che anche la risoluzione meno aggressiva causa sempre una seppur minima azione lesiva sul materiale, è opportuno che le operazioni siano ben calibrate e graduali, procedendo per fasi progressive su più campioni, in questo modo l'operatore può verificare l'idoneità della tecnica prescelta e, allo stesso tempo, determinare quando l'intervento deve essere interrotto.

I metodi di pulitura sono diversi in relazione al tipo di materiale sul quale s'interviene e alla sostanza che s'intende asportare, per questo motivo, la scelta deve essere fatta basandosi su delle indagini preventive in modo da poter avere un quadro informativo puntuale sia sulla natura dei degradi, ed il loro relativo livello d'insistenza, sia sulla consistenza fisico-materica del supporto; in molti casi, infatti, il processo chimico che innesca il degrado è strettamente correlabile alla natura del materiale. Rimuovere le sostanze estranee da un manufatto che presenta un degrado molto avanzato può comportare un aggravarsi dello stato di fatto per cui, prima dei lavori di pulitura, è opportuno intervenire con un preconsolidamento puntuale delle parti precarie così da evitare di danneggiare frammenti decoesi, esfoliati o indeboliti e, allo stesso tempo, di attaccare una superficie instabile con acqua e/o prodotti chimici che potrebbero peggiorare la situazione.

Art. 4.1 – Operazioni di Pulitura materiali lapidei

Con il termine "materiale lapideo" dovranno sempre essere intesi (in accordo alle raccomandazioni NorMaL) oltre che i marmi e le pietre propriamente detti, anche gli stucchi, le malte, gli intonaci (affrescati, dipinti a secco, graffiti) ed i prodotti ceramici come laterizi e cotti.

1. Generalità ed esecuzione di prove di pulitura

Prima di eseguire le operazioni di pulitura è opportuno attenersi a delle specifiche procedure al fine di salvaguardare l'integrità del materiale e, allo stesso tempo, prepararlo in modo da garantire l'efficacia, più o meno incisiva, dell'intervento. Le operazioni preliminari comprendono:

– analisi puntuale e dettagliata della consistenza dei materiali da pulire al fine di avere un quadro esplicativo relativo alla loro natura, compattezza ed inerzia chimica;

– analisi dei prodotti di reazione, così da poter identificare la loro effettiva consistenza, la natura e la reattività chimica;

– preconsolidamento (preferibilmente reversibile) se si riscontra la necessità, del materiale prima di iniziare la pulitura;

– esecuzione delle prove prescelte su campioni di materiale;

– analisi dei risultati ottenuti sulla superficie campione prima di estendere le operazioni di pulitura a tutta la superficie.

Lo scopo che ogni operazione di pulitura, indipendentemente dal sistema prescelto, deve prefiggersi è quello di asportare dalla superficie ogni tipo di deposito incoerente, in particolar modo quelli che possono proseguire il deterioramento del materiale. La facilità o difficoltà dell'asportazione e, di conseguenza, il ricorso a metodologie più o meno aggressive, dipende strettamente dalla natura del deposito stesso:

– depositi incoerenti (particellato atmosferico terroso o carbonioso) che non risultano coesi con il materiale o derivati da reazione chimica, depositati per gravità, o perché veicolati dalle acque meteoriche o di risalita (efflorescenze saline);

– depositi incoerenti (particelle atmosferiche penetrate in profondità, sali veicolati dall'acqua di dilavamento ecc.) che tendono a solidarizzarsi alla superficie del materiale tramite un legame meccanico, non intaccando, però, la natura chimica del materiale;

– strato superficiale derivato dalla combinazione chimica delle sostanze esterne (volatili o solide) con il materiale di finitura; i prodotti di reazione che ne derivano sono, ad esempio, le croste (prodotti gessosi) e la ruggine (ossidi di ferro).

La rimozione dei depositi incoerenti presenti sul materiale che, a differenza delle croste, non intaccano la natura chimica del materiale, potrà essere eseguita ricorrendo a dei sistemi meccanici semplici, facili da applicare come ad esempio: stracci, spazzole di saggina, scope, aspiratori ecc. integrati, dove il caso specifico lo richiede, da bisturi, piccole spatole e lavaggi con acqua; invece nel caso in cui si debbano asportare depositi solidarizzati con il materiale, sarà conveniente ricorrere a dei cicli di pulitura più consistenti come, ad esempio, tecniche di pulitura a base d'acqua, pulitura con impacchi acquosi o con sostanze chimiche, pulitura meccanica, pulitura mediante l'uso di apparecchi aeroabrasivi, sabbiatura controllata ecc.

Ogni qualvolta si utilizzeranno sistemi di pulitura che implicheranno l'uso di considerevoli quantitativi d'acqua (spray di acqua a bassa pressione, idropulitura, acqua nebulizzata, acqua atomizzata ecc.) dovrà essere pianificato in sede di cantiere, prima di procedere con l'intervento, il sistema di raccolta e di convogliamento del liquido e dovrà essere prevista la protezione (mediante l'utilizzo di teli impermeabili) delle parti che, non essendo interessate dall'operazione di pulitura (serramenti, vetri ecc.), potrebbero essere danneggiate durante la procedura.

Ogni procedura di pulitura, in special modo se caratterizzata dall'utilizzo di prodotti specifici anche se prescritti negli elaborati di progetto, dovrà essere preventivamente testata tramite l'esecuzione di campionature eseguite sotto il controllo della D.L.; ogni campione dovrà, necessariamente, essere catalogato ed etichettato; in ogni etichetta dovranno essere riportati la data di esecuzione, il tipo di prodotto e/o le percentuali dell'impasto utilizzato, gli eventuali solventi e di conseguenza il tipo di diluizione (se si tratterà di emulsioni, ovverosia miscele di due liquidi, rapporto volume/volume) o di concentrazione (se si tratterà di soluzioni, cioè scioglimento di un solido in un liquido, rapporto peso/volume) utilizzati, le modalità ed i tempi di applicazione.

2. Sistemi di pulitura per gli elementi lapidei

I materiali lapidei rientrano nella categoria dei materiali a pasta porosa e come tali risentono particolarmente dell'azione disgregatrice operata dalle condizioni al contorno. La superficie, generalmente lavorata, a contatto con gli agenti atmosferici è sottoposta ad una serie di lente trasformazioni chimiche-fisiche che portano, nel corso degli anni, alla formazione di una patina superficiale, non dannosa, una sorta di protezione naturale che si limita ad alterare solo l'aspetto cromatico del materiale. Attualmente, le sostanze inquinanti presenti nell'atmosfera ostacolano la formazione della patina attaccando direttamente i materiali lapidei favorendone la disgregazione e l'insorgenza di croste nere. L'intervento di pulitura su questo tipo di materiali deve, principalmente, essere indirizzato ad eliminare la presenza di efflorescenze, croste nere, macchie ecc. che provocano il lento deterioramento della materia e, laddove è presente, conservare la patina naturale.

Le croste nere che ricoprono gli elementi lapidei, costituiscono un tipo di degrado che più di altri può alterare lo stato di fatto del materiale; oltre a mascherare le policromie, annullando l'originale gioco di luci e di ombre caratteristico degli apparati decorativi, sono una fonte pericolosa di sali solubili e la loro persistenza fa sì che la superficie sia sempre a contatto con le sostanze inquinanti. La presenza di croste nere può inoltre accentuare l'effetto di variazioni termiche, che accelerano il fenomeno di esfoliazione degli strati superficiali della pietra provocando il distacco di frammenti.

3. Pulitura mediante spray di acqua a bassa pressione

Tecnica particolarmente adatta quando si tratterà di rimuovere polveri e depositi solubili in acqua o non troppo coesi al substrato; indicata soprattutto per asportare depositi superficiali sottili legati con gesso o calcite secondaria, su materiali lapidei di natura calcarea e poco porosi, è sconsigliata in presenza di croste nere di spessore considerevole (1-3 mm) e contenenti percentuali di gesso elevate (tra il 20% e il 30%) poiché i tempi di applicazione troppo lunghi potrebbero recare danni al materiale. La superficie da trattare sarà invasa da getti d'acqua a bassa pressione (2-3 atm) proiettati con l'ausilio di ugelli (simili a quelli comunemente usati negli impianti di irrigazione o in orticoltura) indirettamente dall'alto verso il basso, in modo tale da giungere sul materiale in caduta. Quest'operazione di pulitura, oltre all'azione chimica, svolgerà anche una moderata azione meccanica e dilavante, (dovuta al moderato ruscellamento), grazie alla quale gran parte dei sali solubilizzati potranno essere rimossi. Importante è tenere presente che la quantità d'acqua da impiegare dovrà essere tale da non inumidire troppo la muratura (l'intervento non deve superare i 15-20 minuti consecutivi); inoltre, è consigliabile evitare i cicli di pulitura a base d'acqua nei mesi freddi così da evitare gli inconvenienti connessi sia all'azione del gelo sia alla lenta evaporazione, per questo la temperatura esterna non dovrebbe essere mai sotto i 14 °C.

La pulitura dovrà procedere per porzioni limitate di muratura; nel caso questa tecnica sia utilizzata per la pulitura di materiali lapidei porosi si dovrà, necessariamente, ridurre al minimo indispensabile la quantità d'acqua in modo da riuscire ad evitare la movimentazione dei sali presenti all'interno del materiale. Considerata la quantità d'acqua impiegata, prima di iniziare le operazioni di pulitura si dovranno mettere in atto le precauzioni enunciate nell'articolo sulle generalità.

Specifiche sui materiali: per la pulitura di manufatti, dovrà, preferibilmente, essere utilizzata, acqua assolutamente pura, dolce, priva di sali e calcari, con un pH neutro e una durezza inferiore al 2% (anche se sovente nella pratica si ricorre all'acqua di rubinetto). L'acqua da impiegare dipenderà dalla natura del materiale, di norma in presenza di calcari teneri si useranno acque più dure, acque a grana fine dove si riscontreranno problemi di solubilità di carbonato di calcio mentre, per i graniti e le rocce silicate potrà essere utilizzata acqua distillata ovvero deionizzata ottenuta tramite l'utilizzo di appositi filtri contenenti resine scambiatrici di ioni acide (RSO_3H) e basiche (RNH_3OH) rispettivamente. Il processo di deionizzazione non renderà le acque sterili e nel caso in cui sia richiesta sterilità, potranno essere ottenute acque di questo tipo, operando preferibilmente per via fisica.

3.1. Pulitura mediante macchina idropulitrice a pressione controllata

L'idropulitura risulterà particolarmente adatta per effettuare lavaggi su delle superfici non di particolare pregio e soprattutto non eccessivamente degradate o porose poiché la pressione del getto (4-6 atm), in questo caso, potrebbe risultare troppo aggressiva e lesiva per il materiale ed implicare, sia l'eventuale distacco di parti deteriorate sia l'asportazione anche di porzioni sane di superficie. La procedura prevedrà l'esecuzione del lavaggio con getto di acqua, calda o fredda in riferimento alle indicazioni della D.L., emesso tramite l'ausilio di un ugello erogatore distante dalla superficie in una misura mai inferiore a 5 cm o superiore a 20 cm; si procederà con la pulitura dall'alto verso il basso per delimitate campiture, così da riuscire ad asportare velocemente lo sporco ed evitare la sua eventuale penetrazione (per percolamento) nelle parti inferiori, dopodiché si terminerà con un risciacquo dell'intera superficie. Al termine delle operazioni di lavaggio è opportuno accertarsi che l'intervento non abbia provocato dei danni al materiale (erosioni, abrasioni ecc.) e che non siano presenti polveri trasportate verso il basso dal ruscellamento delle acque di lavaggio. Considerata la quantità d'acqua impiegata, prima di iniziare le operazioni di pulitura si dovranno mettere in atto le precauzioni enunciate nell'articolo sulle generalità.

4. Pulitura mediante spray d'acqua nebulizzata

Un'alternativa alla pulitura con spray d'acqua deionizzata è la nebulizzazione del liquido tramite ugelli a cono vuoto (dotati di pinze e posizionati a 30-40 cm dalla superficie) caratterizzati da un orifizio molto piccolo, (diametro tra 0,41 e 0,76 mm), che permette di invadere la superficie da trattare (obliquamente e quasi senza pressione) con una fitta nebbia di goccioline, del diametro di circa 1/10 mm. Sostanzialmente le precauzioni da prendere saranno le stesse del metodo precedentemente illustrato, questo sistema sarà valido soprattutto per rimuovere incrostazioni costituite da composti parzialmente idrosolubili; l'acqua impiegata potrà essere deionizzata ed additivata con tensioattivi neutri allo scopo di diminuire l'angolo di contatto e, rispetto allo spray d'acqua, presenterà il vantaggio di accentuare l'azione diluente della pulitura chimica proprio grazie all'azione nebulizzante delle goccioline. La nebulizzazione risulterà particolarmente adatta quando si tratterà di pulire pietre carbonatiche non troppo incrostate (meno adatta per pietre quarzo-silicatiche) e per interventi su calcari non troppo porosi, dove le sostanze da rimuovere non siano particolarmente tenaci, contrariamente, in presenza di depositi difficili da rimuovere, si completerà il ciclo di pulitura con impacchi o spazzole di saggina. La pulitura dei materiali porosi con acqua nebulizzata dovrà ridurre i tempi d'irrorazione della superficie (così da evitare l'assorbimento d'acqua in profondità) ripetendo, se necessario, l'intervento più volte. L'applicazione continua della nebulizzazione sulla superficie non dovrà, comunque, mai superare i 15 minuti consecutivi in modo da evitare che le murature s'impregnino eccessivamente (in condizioni "normali" il consumo d'acqua potrà essere valutato in 4 l/h per ugello). Tra i vari cicli di pulitura dovranno intercorrere ampie pause così da consentire al materiale il completo prosciugamento. I tempi d'applicazione saranno comunque in funzione della consistenza dei depositi e della natura del materiale; su calcari teneri l'intervento potrà durare meno rispetto a quello operato su quelli compatti. La pulitura mediante acqua nebulizzata si effettuerà in cantiere ricorrendo a specifica apparecchiatura e dovrà essere applicata, esclusivamente durante la stagione calda, mai con valori minimi della temperatura esterna inferiori a 17 °C. Considerata la quantità d'acqua impiegata, prima di iniziare le operazioni di pulitura si dovranno mettere in atto le precauzioni enunciate nell'articolo sulle generalità.

4.1. Pulitura mediante acqua atomizzata

Molto simile alla tecnica della nebulizzazione è la pulitura mediante acqua atomizzata con la differenza che, in questo caso, lo spruzzo d'acqua è costituito da goccioline ancora più piccole. Mediante l'uso d'apposite camere di atomizzazione, infatti, l'acqua si ridurrà in un aerosol costituito da un numero elevato di finissime goccioline che fuoriusciranno da ugelli connessi ai lati delle camere mediante condutture flessibili; in questo modo aumenterà l'azione solvente dell'acqua nei confronti dei sali solubili e dei leganti delle croste nere, mentre diminuirà l'azione meccanica che si limiterà ad un debole ruscellamento sulle superfici sottostanti. Si ricorrerà a questa tecnica ogni qualvolta si dovrà eseguire la pulitura su porzioni particolarmente delicate come: apparati decorativi, fregi, modanature ecc., e/o su superfici particolarmente degradate (decoese). La pulitura mediante l'atomizzazione sarà in grado di asportare dalle superfici lapidee (anche porose) di natura carbonatica, parte dei sali solubili e i depositi polverulenti e/o carboniosi. I tempi di applicazione sono più lunghi di quelli previsti per la nebulizzazione. Considerata la quantità d'acqua impiegata, prima di iniziare le operazioni di pulitura, si dovranno mettere in atto le precauzioni enunciate nell'articolo sulle generalità.

5. Pulitura meccanica (spazzole, bisturi, spatole ecc.)

La pulitura meccanica di superfici lapidee, comprende una serie di strumenti specifici il cui impiego è in stretta relazione al grado di persistenza delle sostanze patogene che si dovranno asportare. Prima di procedere ad illustrare la gamma di utensili disponibili e le relative tecniche, è opportuno precisare che la riuscita delle operazioni di pulitura meccanica, sarà strettamente connessa all'abilità ed alla sensibilità dell'operatore che dovrà prestare particolare attenzione a non arrecare danni irreversibili al materiale (incisioni o segni). La pulitura meccanica consentirà la rimozione di scialbature, depositi ed incrostazioni più o meno aderenti alla superficie; a tal fine si potrà ricorrere a strumenti di vario tipo partendo dai più semplici come: spazzole di saggina o di nylon, bisturi, piccole spatole metalliche, sino ad arrivare ad utilizzare apparecchiature meccanizzate più complesse di tipo dentistico che, alimentate da un motore elettrico o pneumatico, consentiranno la rotazione di un utensile come ad esempio: microspazzolini in fibre vegetali o nylon (per asportare depositi più o meno aderenti), microfrese (atte all'asportazione di incrostazioni dure e di modeste dimensioni), micromole in gomma abrasiva (ovviano l'inconveniente di lasciare tracce da abrasione grazie al supporto relativamente morbido), microscalpelli su cui si monteranno punte in vidia di circa 5 mm di diametro (adatti per la rimozione di depositi calcarei), vibroincisori, apparecchi che montano punte a scalpello o piatte con diametro di circa 2-3 mm (eliminano incrostazioni molto dure e coese come scialbi, stuccature cementizie ecc.). La carta abrasiva fine (400-600 Mesh) o la pomice potranno essere impiegate in presenza di superfici piane o poco irregolari, anche se la bassa velocità di avanzamento che caratterizza questo sistema, implicherà tempi di lavoro troppo lunghi e, per questo, potrà essere applicato solo su porzioni limitate di materiale. In presenza di stuccature cementizie, o in casi analoghi, si potrà procedere alla loro asportazione ricorrendo all'uso di un mazzuolo e di uno scalpello (unghietto); considerato l'impatto che potrà avere l'intervento sul materiale, si consiglia di effettuare l'operazione in maniera graduale in modo da poter avere sempre sotto controllo l'intervento.

Avvertenze

Questo tipo di pulitura potrà produrre variazioni morfologiche superficiali in funzione della destrezza dell'operatore e delle condizioni conservative della superficie, mentre saranno assenti variazioni del colore delle superfici trattate da tale procedura.

6. Pulitura mediante prodotti solventi

La pulitura mediante solventi dovrà essere, necessariamente, impiegata nel caso in cui si operi in presenza di materiali o supporti (ad es., stucchi a gesso o stesure pittoriche a base gesso) che non siano in grado di sopportare puliture ad acqua. La procedura operativa prevedrà le seguenti fasi:

– esecuzione di prove preliminari di pulitura al fine di determinare il livello della rimozione dei prodotti di deposito e di alterazione, senza danneggiare il supporto, la sua finitura superficiale nonché il materiale di cui è costituito: tali prove serviranno, inoltre, per avere un campione di riferimento e di controllo durante le fasi successive di lavoro. Tali test dovranno essere eseguiti in presenza della DL ed essere visionati dagli organi di tutela del bene in oggetto; ogni campione dovrà essere catalogato e riportare il tipo di solvente utilizzato. Per la campionatura, (che dovrà necessariamente essere eseguita su differenti elementi lapidei), se non differentemente specificato negli elaborati di progetto, potranno essere impiegati i seguenti solventi: acetone, acqua ragia, diluente nitro e white spirit;

– pulitura degli elementi in oggetto mediante tamponi (batuffoli di cotone) o compresse di garza contenente al suo interno materiale assorbente. L'operatore potrà impiegare il tampone impugnandolo direttamente o utilizzando un bastoncino in legno così da agevolare la pulitura di porzioni difficilmente raggiungibili come incavi, spigoli, rientranze ecc. L'operatore, dopo avere imbevuto di solvente il tampone, procederà a strofinare leggermente la zona da pulire eseguendo, preferibilmente, un movimento rotatorio. Nei punti più difficili da raggiungere e/o in presenza di depositi o incrostazioni più coerenti, potrà essere necessario insistere nell'azione impiegando il movimento più adatto alla specifica esigenza. In caso di colature, o dispersioni incontrollate del solvente misto al particellato di deposito, occorrerà operare la rimozione tempestivamente asciugandole con un tampone o una pezza di garza asciutti. Subito dopo aver passato il tampone sarà necessario passare sul manufatto oggetto di intervento una pezza di tessuto pulito ovvero un altro tampone inumidito con idoneo diluente così da rimuovere eventuali eccessi di solvente affinché questi non continuino la loro azione. In alternativa, ossia dove si renderà necessario un intervento più minuzioso e localizzato, ossia per le parti più delicate policrome o dorate

(scritte, stemmi, festoni, capitelli), sarà preferibile veicolare il solvente mediante l'utilizzo di addensanti cellulosici ovvero solvent-gel. Queste tipologie di prodotti, oltre a risultare igroscopici, permettono di gelificare il solvente così da mantenerlo localizzato sulla superficie del manufatto policromo; in questo modo l'azione di pulitura si rileverà più selettiva limitando la penetrazione del solvente negli strati sottostanti. Il gel sarà applicato con pennelli piccoli e morbidi per i tempi e con la densità stabiliti dai test-campione eseguiti in precedenza; in caso di superfici particolarmente decoese si potranno frapporre tra il composto e il supporto dei fazzoletti di carta giapponese. Il composto sarà rimosso a secco o a tampone leggermente imbevuto così da evitare di lasciare eventuali residui dannosi per il manufatto.

Avvertenze

La scelta del solvente adatto alla rimozione di una certa sostanza richiederebbe, di norma, l'esatta conoscenza della natura chimica del materiale da disciogliere; nel caso in cui si disponga di tale conoscenza preliminare all'intervento, sarà sufficiente utilizzare il Triangolo delle Solubilità dei solventi così da arrivare immediatamente ad una possibile, quanto idonea soluzione. Nel caso in cui l'operatore non abbia la piena conoscenza della natura del materiale da rimuovere, sarà necessario eseguire delle prove campione sulla superficie da rimuovere. I suddetti test, eseguiti dietro specifica autorizzazione della DL, dovranno verificare, con delle miscele solventi standard a parametri di solubilità noti (potrà, per semplicità, essere considerato solo uno dei tre parametri ad es. la *fd* ovvero la forza di dispersione), il valore necessario per solubilizzare il materiale ovvero la vernice in oggetto: in accordo col valore trovato, verrà scelto il solvente adeguato per la pulitura. Il pratica si dovranno eseguire delle modeste tassellature di prova partendo sempre dalla miscela (ovvero dal solvente) con valore più basso per poi passare alla successiva, fino a quando se ne troverà una che solubilizzerà il soluto in questione. Stabilito, in questo modo, il parametro spia, si potrà compiere la scelta del solvente (o più spesso della miscela di solventi, ad es. 1 parte di white spirit e 3 parti di trielina per asportare depositi, grassi di oli e cere) avente il valore ricercato. La selezione, pertanto, sarà indirizzata dalla tabella dei parametri di solubilità nelle immediate vicinanze del valore del parametro scelto determinato dalla prova-campione. In linea generale, la scelta dovrà ricadere su un solvente il meno tossico possibile, nel caso tale solvente non dovesse esistere, il valore spia dovrà essere riprodotto mediante miscela di solventi (per semplicità operativa converrà operare verso miscele binarie).

La scelta dei solventi, sia quando risulti nota la natura del soluto, sia quando si debba ricavare mediante prove campione, rappresenta di norma un compromesso tra esigenze diverse quali il potere solvente, la stabilità, la non corrosività, la tossicità e l'infiammabilità. Considerando i parametri di solubilità (ovvero *fs* forze di dispersione tipo apolari, *fp* forze di tipo polari e *fh* forze di legame a Idrogeno) dei solventi organici, sarà, pertanto, consigliabile sostituire un solvente organico con un altro solvente o una miscela di solventi la cui terna di parametri di solubilità sia analoga a quella del solvente da sostituire, specialmente se questo ultimo si rileva molto tossico. L'utilizzo di solventi gelificanti nelle operazioni di pulitura di superfici policrome sarà da preferire dal momento che consentirà di ottenere un'azione più controllata e selettiva sullo strato da rimuovere, oltre ad una minore volatilità dei solventi stessi ed una maggiore sicurezza per l'operatore.

Per utilizzare, manipolare e/o conservare i suddetti prodotti si dovrà, obbligatoriamente, fare riferimento a quanto indicato sulle relative etichette e schede di sicurezza. I prodotti dovranno, inoltre, essere ad esclusivo uso di personale professionalmente qualificato. In ogni caso dovranno sempre essere utilizzati i DPI (dispositivi di protezione individuali) adeguati a protezione della pelle, degli occhi, del viso e delle vie respiratorie.

Specifiche sui materiali

Acetone anidrite solvente polare, volatile atossico presenta un ottimo potere solvente miscibile con molti liquidi e può essere impiegato come solvente intermediario.

Acqua ragia minerale solvente apolare, la versione dearomatizzata, presenterà una tossicità inferiore; sarà, comunque, consigliabile utilizzarla in ambiente areato.

Diluente nitro antinebbia, miscela di vari solventi (toluene, acetone, dicloropropano, alcool isopropilico), alcuni tossici a polarità media a rapida evaporazione, possiede un buon potere solvente.

White spirit (ragia dearomatizzata), miscela di idrocarburi, liquido limpido di odore caratteristico è insolubile in acqua ma miscibile con la maggior parte dei solventi organici.

Solvent-gel si costituiscono a partire da acido poliacrilico e ammina di cocco, la quale possiede la proprietà di neutralizzare la funzione acida dell'acido poliacrilico e, contemporaneamente, di conferire all'addensante anche blande proprietà tensioattive. L'aggiunta al solvente scelto e poche gocce d'acqua provocano il rigonfiamento del sistema e la formazione del gel.

Addensanti cellulosici: agiscono per rigonfiamento diretto della struttura cellulosica da parte del solvente puro o di loro miscele. La metilcellulosa si rileva più adatta per gelificare solventi polari (acetone, white spirit ecc.) o miscele di questi, da utilizzarsi in concentrazione dal 2 al 4% p/v. L'etilcellulosa si rileva, invece, più adatta per solventi a polarità medio bassa (clorurati, chetoni, esteri ecc.) o apolari; la percentuale di utilizzo varia dal 6% al 10% (p/v) a seconda dei casi.

7. Pulitura mediante impacchi

Le argille assorbenti, come la seppiolite e l'attapulgite, sono dei silicati idrati di magnesio, mentre la polpa di cellulosa è una fibra organica ottenuta da cellulose naturali (disponibile in fibre di lunghezza variabile da 40 a 1000 □); mescolate insieme all'acqua, questo tipo di sostanze, sono in grado di formare una sorta di fango capace di esercitare, una volta a contatto con le superfici lapidee e opportunamente irrorato con acqua (o con sostanze chimiche), un'azione, di tipo fisico, di assorbimento di

liquidi in rapporto al proprio peso. La pulitura mediante impacchi assorbenti risulterà vantaggiosa, oltre che per l'asportazione dei sali solubili, per la rimozione, dalle superfici lapidee, di strati omogenei di composti idrosolubili o poco solubili (come croste nere poco spesse, di circa 1 mm), macchie originate da sostanze di natura organica, strati biologici (batteri, licheni e algali). Gli impacchi, inoltre, sono capaci di ridurre le macchie di ossidi di rame o di ferro. Il vantaggio del loro utilizzo risiede anche nella possibilità di evitare di applicare direttamente sulla superficie sostanze pulenti (in special modo quelle di natura chimica) che, in alcuni casi, potrebbero risultare troppo aggressive per il substrato. La tipologia d'impacco dipenderà dal grado di persistenza e dalla solvenza dello sporco da rimuovere, ma si deve tenere presente che gli impacchi non risulteranno particolarmente adatti per asportare croste spesse e, in caso di materiali porosi e/o poco coesi, sarà opportuno, al fine di non rendere traumatica l'operazione d'asportazione, interporre sulla superficie carta giapponese o *klinex*. Potrà essere conveniente, prima di applicare l'impacco, operare lo "sgrassamento" e la rimozione d'eventuali incerature superficiali ricorrendo a solventi come acetone, cloruro di metilene ecc. e, dove risulterà possibile, effettuare un lavaggio con acqua (deionizzata o distillata) in modo da asportare i depositi meno coerenti ed ammorbidire gli strati carboniosi più consistenti. In presenza di efflorescenze si dovrà provvedere alla loro asportazione meccanica tramite lavaggio con acqua deionizzata e spazzolino morbido prima di procedere con l'operazione.

In linea generale si deve preferire basse concentrazioni con conseguenti tempi di applicazione più lunghi rispetto ad impacchi con soluzioni elevate con tempi di applicazione brevi.

7.1. -Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di acqua (estrazione di sali solubili mediante applicazione di compresse assorbenti)

L'impacco acquoso consisterà nell'applicazione, direttamente sulla superficie, (preventivamente umidificata con acqua distillata o deionizzata) di argille assorbenti (seppiolite o attapulgite con granulometrie comprese tra i 100 e i 200 Mesh) o polpa di cellulosa (fibra lunga 600-1000 □) previa messa in opera, dove si renderà necessario, di *klinex* o fogli di carta giapponese indispensabili per interventi su superfici porose e/o decoese. La preparazione dell'impacco avverrà manualmente imbevendo con acqua deionizzata o distillata il materiale assorbente fino a che questo non assumerà una consistenza pastosa tale da consentire la sua applicazione, con l'ausilio di spatole, pennelli o, più semplicemente con le stesse mani, in spessori variabili a seconda delle specifiche dettate dalla DL (2-3 cm per le argille, 1 cm per la polpa di cellulosa). La permanenza dell'impacco sulla superficie sarà strettamente relazionata al caso specifico ma soprattutto farà riferimento alle indicazioni, dettate dalla DL, basate su prove preventive effettuate su campioni (circa 10x10 cm). Il tempo di contatto (da pochi minuti a diverse ore) dipenderà dalla concentrazione delle soluzioni impiegate (da 5% a 130%, alle soluzioni sature), dal tipo e dalla consistenza del degrado che dovrà essere rimosso. La plasticità dell'impacco potrà essere migliorata aggiungendo all'acqua e all'argilla quantità variabili di attapulgite micronizzata. Gli impacchi dovranno essere eseguiti con temperature esterne non inferiori a 10 °C; se applicati durante un periodo caldo, o in presenza di vento, al fine di rallentare l'evaporazione del solvente, potranno essere protetti esternamente con strati di cotone o teli di garza imbevuti di acqua demineralizzata, coperti da fogli di polietilene muniti di un'apertura dalla quale verrà garantito l'inumidimento della superficie sottostante. La rimozione della poltiglia potrà essere eseguita quando questa, una volta asciutta, formerà una crosta squamosa ed incoerente tale da distaccarsi dal supporto poiché non più aderente alla superficie. I frammenti di pasta cadranno da soli o potranno essere rimossi con facilità aiutandosi con pennello o spatola. Il supporto dovrà essere lavato con acqua demineralizzata, nebulizzata a bassa pressione in modo da riuscire ad asportare tutto il materiale assorbente aiutandosi, se necessario, anche con spazzole e pennelli di setole di nylon morbide. Sia l'attapulgite che la seppiolite saranno in grado di assorbire una grande quantità di liquidi in rapporto al loro peso (un chilogrammo di attapulgite è in grado di assorbire 1,5 kg d'acqua senza rigonfiare); l'attapulgite riuscirà ad assorbire, oltre l'acqua, anche gli oli. Le argille assorbenti, rispetto alla polpa di cellulosa, presenteranno l'inconveniente di sottrarre troppo rapidamente l'acqua dalle superfici trattate. In presenza di pietre molto porose potrà essere indicato ricorrere alla polpa di cellulosa (più facile da rimuovere rispetto alle argille).

Specifiche sui materiali

In alternativa all'impasto composto in cantiere potrà essere impiegato un impasto premiscelato denominato *Westox Cocoon* costituito esclusivamente da acqua distillata, fibre di purissima cellulosa di grado A (farmaceutico, non riciclata), proveniente da pasta di pino di prima scelta esente da Arsenico. La pasta (con ph di 8,0-8,5) viene alcalinizzata con Carbonato di Calcio da polvere di marmo, invece che con il normale Bicarbonato di Sodio, onde evitare di introdurre uno ione estraneo alla malta di calce, e modificata con terre silicee assorbenti purissime (farina fossile diatomacea). La pasta dell'impacco *Cocoon* è fornita pronta all'uso, non necessita di nessuna aggiunta né di essere mescolata. Si applica alla superficie (per un minimo di due applicazioni) mediante spatola piatta, cazzuola o a spruzzo per grandi superfici, per uno spessore di circa 10 mm (consumo di circa 10 l/m²), anche da mano d'opera non specializzata. Dopo circa 7-28 giorni dall'applicazione (14 giorni in condizioni climatiche medie, ma anche molto di più) la pasta sarà diventata un cartone contenente i sali e potrà essere distaccata manualmente dal substrato o con l'eventuale aiuto di spatola piatta. Il cartone potrà essere mandato a discarica ordinaria. Così come per l'impacco "tradizionale", la superficie interessata dovrà essere lavata con acqua demineralizzata eventualmente coadiuvata da una leggera spazzolatura manuale eseguita con spazzole morbide.

Avvertenze

Il degrado e i danni si presenteranno in proporzione alla quantità percentuale in peso dei sali totali presenti nel muro. Il contenuto salino del muro potrà essere verificato da analisi di laboratorio su campioni secondo la norma UNI 11087 Beni Culturali "Materiali lapidei naturali ed artificiali. Determinazione del contenuto di sali solubili. Specie ioniche". La valutazione

dei “sali totali” (ossia la somma delle seguenti specie ioniche: cloruri, solfati, nitrati e Sodio, Potassio, Magnesio, Calcio) mediante conduttività, prevista dalla stessa norma, potrà essere accettata per misure comparative a discrezione del Direttore dei Lavori.

In linea generale un muro potrà essere classificato secondo il grado di contaminazione in:

– pulito quando contiene meno dello 0,20% di sali totali al suo interno;

– poco contaminato quando contiene dallo 0,30% allo 0,50% (con questo contenuto salino vi sono pochi danni);

– mediamente contaminato dallo 0,60% all’1,50%;

– molto contaminato dall’1,60% al 3,00% di sali;

– gravemente contaminato oltre il 3,00% di contenuto salino.

L’abbassamento del contenuto salino totale del muro sotto allo 0,20% garantisce che il muro è sano, e rimarrà tale se non entrano nuovi sali. Essendo ogni situazione di cantiere diversa, il numero di applicazioni necessario per raggiungere, nel caso particolare, la soglia ideale dovrà essere valutata singolarmente; in ogni caso, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, si eseguiranno un minimo di due cicli di impacco intervallati da almeno 14 giorni.

7.2. Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di sostanze chimiche

In presenza di sostanze patogene particolarmente persistenti (croste poco solubili) gli impacchi potranno essere additivati con dosi limitate di sostanze chimiche, in questo caso l’operazione dovrà essere portata a compimento da personale esperto che prima di estendere il procedimento a tutte le zone che necessiteranno dell’intervento, eseguirà delle limitate tassellature di prova utili a definire, con esattezza, i tempi di applicazione e valutare i relativi effetti. Le sostanze chimiche, a base di solvente o di sospensioni ad azione solvente, con le quali si potranno additivare gli impacchi dovranno avere una limitata tossicità, bassa infiammabilità, adeguata velocità di evaporazione e una composizione pura. Un solvente troppo volatile non riuscirà a soluzionare in tempo il deposito così come un solvente con alto punto d’evaporazione ristagnerà sulla superficie. Si potrà ricorrere a prodotti basici o a sostanze detergenti quali saponi liquidi neutri non schiumosi diluiti nell’acqua di lavaggio. Le sostanze a reazione alcalina più o meno forte (come l’ammoniaca, i bicarbonati di sodio e di ammonio) saranno utilizzate soprattutto per saponificare ed eliminare le sostanze grasse delle croste a legante organico e, in soluzione concentrata, saranno in grado di attaccare incrostazioni scure spesse e scarsamente idrosolubili. I detergenti saranno in grado di diminuire la tensione superficiale dell’acqua incrementandone, in questo modo, l’azione pulente; l’utilizzo dei detergenti consentirà di stemperare le sostanze organiche (oli e grassi), di tenere in sospensione le particelle di depositi inorganici non solubilizzati o disgregati, di compiere un’azione battericida presentando il vantaggio di poter essere asportati insieme allo sporco senza lasciare alcun residuo.

Per asportare croste nere di piccolo spessore (1-2 mm) uno dei formulati che, se non diversamente indicato dalla DL, potrà essere utilizzato si comporrà di:

– 1000 cc di acqua deionizzata;

– 50 g di carbossimetilcellulosa (serve per dare consistenza tissotropica all’impasto);

– 30 g di bicarbonato di sodio ($NaHCO_3$);

– 50-100 g di EDTA (sale bisodico).

Il tempo di contatto potrà variare secondo i casi specifici: nel caso in cui la DL riterrà opportuno prolungarlo nel tempo (sulla base di prove preventive su tasselli di materiale campione), si dovrà provvedere alla copertura dell’area interessata con fogli di polietilene in modo da impedire l’evaporazione dell’acqua presente nel composto. Una volta rimosso il composto, si dovrà procedere alla pulitura con acqua deionizzata aiutata, se si riterrà necessario, con una leggera spazzolatura.

L’EDTA bisodico è particolarmente efficace nella rimozione di patine di gesso, generate da solfatazioni e carbonato di calcio legate alla presenza di scialbi o ricarbonatazioni superficiali, grazie al pH debolmente acido (pH □ 5). L’EDTA tetrasodico con il pH alcalino (pH □ 11) risulterà particolarmente efficace nella rimozione di patine di vario colore (giallo, rosa, bruno) composte da ossalato di calcio (prodotto da certi tipi di licheni o da ossidazione di eventuali materiali organici vari applicati in passato a scopo protettivo o decorativo e, in seguito, ossidati da batteri installatisi sulla superficie).

In alternativa si potrà utilizzare un impacco leggermente diverso denominato AB 57 composto nel seguente modo:

– 1000 cc di acqua deionizzata;

– 60 g di carbossimetilcellulosa;

– 50 g di bicarbonato di sodio ($NaHCO_3$);

– 30 g di bicarbonato di ammonio ($NH4HCO_3$);

– 25 g di EDTA (sale bisodico);

– 10 g di Neodesogen (sale di ammonio quaternario) al 10%.

Rispettando la composizione si avrà una soluzione il cui pH sarà di circa 7,5 (sarà, in ogni caso, sufficiente che il pH non superi il valore di 8 al fine di evitare pericolosi fenomeni di corrosione dei calcarei e l'eventuale formazione di sotto prodotti dannosi); la quantità di EDTA potrà variare fino ad un massimo di 100-125 g, alla miscelazione potranno essere aggiunte ammoniaca o tritanolammina (liquido limpido, viscovo, molto igroscopico) allo scopo di migliorare la dissoluzione di componenti "grassi" presenti nella crosta. Anche in questo caso ad operazione avvenuta si renderà indispensabile un lavaggio con acqua deionizzata accompagnato, se si riterrà necessario, da una blanda azione meccanica di spazzolatura.

Per la rimozione di ruggine dalle superfici lapidee il reagente utilizzato sarà diverso a seconda se si tratterà di operare la pulitura su rocce calcaree o su rocce silicee; le macchie di ferro, su queste ultime, si potranno rimuovere mediante acido fosforico e fosfati, floruri o citrati mentre, sulle rocce calcaree, si potrà ricorrere a una soluzione satura di fosfato di ammonio (con pH portato a 6 per aggiunta di acido fosforico) facendo attenzione a limitare al minimo il tempo di contatto. È buona norma, prima di applicare gli impacchi, sgrassare la superficie da pulire e, al fine di limitare la diffusione del ferro all'interno del materiale, applicare i primi impacchi su di un'area doppiamente estesa rispetto a quella dell'intervento e quelli successivi limitandosi alla parte interessata dalla patologia.

Avvertenze

Questo tipo di pulitura comporterà inevitabilmente un blando effetto di corrosione delle superfici calcaree soprattutto in avanzato stato di degrado, ciò è dovuto principalmente alla presenza di agenti complessati del calcio all'interno del formulato AB57. La pulitura con impacco chimico aumenterà, inoltre leggermente l'assorbimento capillare di acqua in relazione all'effetto di corrosione corticale esaminato in precedenza. In alcuni casi, inoltre, la pulitura chimica potrà presentare una leggere sbiancatura delle superfici trattate.

Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di Carbonato e Bicarbonato d'Ammonio

Il carbonato e il bicarbonato di ammonio (veicolati nella maggior parte dei casi con impacchi di polpa di cellulosa) sono sali solubili in acqua, ai quali si potrà ricorrere in percentuali che varieranno da 5% a 100%, secondo i casi; potranno essere utilizzati sia da soli che in composti e, non di rado, a questa tipologia di impacchi si potranno aggiungere resine a scambio ionico con effetto solfante applicate in seguito a miscelazione con acqua demineralizzata in rapporto variabile, in base alla consistenza finale che si vorrà ottenere per effettuare il trattamento (i tempi di applicazione sono, anche in questo caso, da relazionarsi ad opportuni test preventivi).

Il carbonato e il bicarbonato di ammonio decompongono spontaneamente originando prodotti volatili (di norma questi sali risulteranno attivi per un lasso di tempo di circa 4-5 ore), la liberazione di ammoniaca conferirà al trattamento proprietà detergenti, mentre l'alcalinità (maggiore per il carbonato che per il bicarbonato) consentirà una graduale gelificazione di materiale di accumulo e vecchie patine proteiche e lipidiche, consentendone la rimozione dalla superficie. Questi sali eserciteranno, inoltre, un'azione desolfatante, riuscendo a trasformare il gesso, eventualmente presente sul supporto, in solfato di ammonio più solubile e facilmente asportabile con lavaggio acquoso. Se il materiale da asportare presenterà un'elevata percentuale di gesso, la concentrazione in acqua del carbonato o bicarbonato dovrà essere di tipo saturo (circa il 15-20% di sale in acqua deionizzata) mentre, per gli altri casi, basterà raggiungere il pH necessario (9 per il carbonato, 8 per il bicarbonato) con soluzioni meno sature (5-7% in acqua deionizzata). L'uso del bicarbonato d'ammonio (o di sodio) sarà sconsigliato nel caso di interventi su materiali particolarmente degradati, specie per i marmi (nei quali si può avere una facile corrosione intergranulare e decoesione dei grani di calcite superficiale) e per i calcari sensibilmente porosi dove potrà incontrare difficoltà nel rimuovere i residui dell'impacco. In presenza di efflorescenze visibili sarà utile un'anticipata rimozione meccanica delle stesse, allo scopo di evitare la loro solubilizzazione e conseguente compenetrazione in seguito alla messa in opera dell'impacco.

Esempi di impasti: un impasto base per la rimozione di patine tenaci, fissativi o pitturazioni eseguite con colori più o meno resistenti sarà composto da:

– polpa di cellulosa a fibra media-grossa (tipo *Arbocell 200-600* □, metà della quantità di polpa di cellulosa potrà essere sostituita con Sepiolite);
– carbonato di ammonio al 20-25% (soluzione satura e acqua deionizzata in rapporto 1:2), in alternativa si potrà utilizzare bicarbonato di ammonio in opportuna diluizione.

La validità dell'impacco dovrà, in ogni caso, essere testata preventivamente su tasselli-campione, indicativamente il tempo di contatto potrà variare tra i 10 e i 45 minuti. La concentrazione della sostanza attiva non dovrà essere molto alta così da garantire all'impacco un'azione prolungata nel tempo e in profondità. Per pitturazioni eseguite con colori poco resistenti o delicati potrà essere utilizzata polpa di cellulosa con fibre corte (0-40 □) o carbossimetilcellulosa (così da formare un impasto semitrasparente morbido e pennellabile) abbassando i tempi di applicazione (che potranno oscillare dai 5 ai 20 minuti) così da evitare che l'impacco agisca troppo in profondità ed eserciti solo azione pulente in superficie. In presenza di pigmenti deboli potrà essere necessario sostituire il carbonato con il bicarbonato di ammonio con l'eventuale riduzione delle concentrazioni e dei tempi di contatto (potranno essere sufficienti anche solo pochi minuti).

Orientativamente impacchi realizzati con polpa di cellulosa a macinazione medio-grossa (200-1000 □) verranno impiegati con tempi di contatto relativamente lunghi (10-60 minuti) e con sostanza attiva (carbonato o bicarbonato di ammonio) in basse concentrazioni così da dar modo all'impacco di adire più a lungo e più in profondità. Impacchi, invece, realizzati con grana fine o finissima (00-200 □) verranno impiegati con tempi di contatto più rapidi (5-20 minuti) e con sostanza attiva in bassa

diluizione oppure in soluzione satura, così da evitare all'impacco di agire troppo in profondità garantendo una pulitura più delicata.

Specifiche sui materiali

Polpa di cellulosa: di colore bianco, deresinata ricavata dal legno. Le fibre presentano un'elevata superficie specifica, ed un'altrettanto elevato effetto addensante, un comportamento pseudoplastico e una buona capacità di trattenere i liquidi e sono, inoltre, insolubili in acqua ed in solventi organici. Un chilogrammo di polpa di cellulosa sarà in rado di trattenere circa 3-4 l di acqua, minore sarà la dimensione della fibra (00, 40, 200, 600, 1000 □) maggiore sarà la quantità di acqua che sarà in grado di trattenere.

Avvertenze

L'applicazione degli impacchi chimici dovrà essere fatta dal basso verso l'alto in modo da ovviare pericolosi ed incontrollabili fenomeni di ruscellamento e al fine di ogni applicazione si procederà all'asportazione di ogni traccia di sostanza chimica ricorrendo sia ad un accurato risciacquo manuale con acqua deionizzata sia, se indicato dalla scheda tecnica del prodotto, all'ausilio di apposite sostanze neutralizzatrici. I vantaggi degli impacchi, indipendentemente dalla tipologia, risiedono nella loro non dannosità, nel basso costo (le argille sono riutilizzabili previo lavaggio in acqua) e nella facilità di messa in opera, non solo ma se si userà una miscela di polpa di cellulosa più argille assorbenti (in rapporto 1:1) si potranno sfruttare le caratteristiche migliori di entrambe (l'impacco che ne deriverà si presenterà morbido e malleabile tale da permettere l'applicazione sulle zone interessate senza cadute di materiale o percolazione di liquido in eccesso sulle zone limitrofe); per contro gli svantaggi sono la lentezza dell'operazione e la loro relativa non controllabilità.

Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di Resine a scambio ionico

Il pulitore a scambio cationico (descialbante) funziona come agente di pulitura nei confronti di scialbature e incrostazioni calcaree, "sequestrando" ioni di calcio al supporto cui viene applicato in modo lento e delicato, garantendo, pertanto, un buon controllo del grado di pulitura. Il pulitore risulterà facilmente disperdibile in acqua demineralizzata o distillata con la quale, allorché venga miscelato per 1/7-1/8 del suo peso (ovvero con altro rapporto a secondo della consistenza finale descritta negli elaborati di progetto), fornisce un impasto facilmente applicabile a spatola su superfici con qualsiasi orientamento; con quantitativi d'acqua leggermente superiori si otterranno impasti più scorrevoli applicabili a pennello.

Le resine a scambio anionico (desolfatanti) risulteranno invece attive nei confronti di gesso e solfati, derivati dall'aggressione da inquinamento atmosferico, su materiali lapidei di origine sia naturale sia artificiale quali: marmi, pietre, malte, intonaci, affreschi o pitture murali. Al fine di ottenere un impasto facilmente applicabile a spatola su superfici di qualsiasi orientamento sarà necessario disperdere, orientativamente, una parte in peso di resina in una parte in peso di acqua deionizzata o distillata. Quantitativi maggiori di acqua (1,2-1,5 parti in peso), consentiranno applicazioni a pennello o con erogatori a spruzzo. In particolari situazioni applicative e sempre dietro specifica indicazione della DL potranno essere ammesse anche soluzioni di carbonato di ammonio sino al 10% p/p, sempre preparate con acqua deionizzata o distillata; tali impasti dovranno essere messi in opera subito dopo la loro preparazione. Se si utilizzeranno impasti con soluzioni di carbonato di ammonio, sarà necessario accertare, e di conseguenza, proteggere l'eventuale presenza di parti infisse o di pigmenti a base di rame.

In entrambi i casi, al fine di migliorare il trattamento, sarà consigliabile operare, sulla superficie da trattare, un preventivo trattamento di umidificazione con acqua demineralizzata ovvero distillata, fermo restando che le superfici da trattare dovranno essere liberate da eventuali depositi di polvere o detriti di qualsiasi genere. L'azione del prodotto si esplica sino a che l'impasto rimarrà sufficientemente bagnato, per cui, se necessario, dovrà essere cura dell'Appaltatore proteggere gli impacchi dagli essiccamenti troppo rapidi con fogli di polietilene od altri film plastici. Dovranno, in ogni caso essere evitate temperature inferiori ai 10 °C e superiori ai 30 °C. Se non diversamente specificato negli elaborati di progetto dovranno essere utilizzati impasti miscelati entro la stessa giornata lavorativa.

Sia le quantità di acqua, ottimali per la consistenza voluta dell'impasto, che la durata ed il numero delle applicazioni dovranno, necessariamente, essere ricercati di volta in volta, a seconda dei problemi di pulitura da affrontare, effettuando prove preliminari di trattamento su zone ridotte e tipologicamente significative delle superfici. I suddetti campioni dovranno essere eseguiti dall'appaltatore sotto stretto controllo della DL.

Trascorso il tempo di trattamento ritenuto utile, l'impasto, o meglio il suo residuo dall'evaporazione, potrà essere rimosso per azione meccanica blanda, ad esempio con spazzolatura, combinata o meno ad una aspirazione. Nel caso in cui l'impacco fosse stato preservato con una pellicola, questa dovrà essere staccata per prima e la rimozione dei residui iniziata dopo un opportuno tempo di asciugamento. La pulitura della superficie potrà essere completata, se prescritto dalla DL, mediante una spugnatura con acqua deionizzata. Se necessario, il trattamento potrà essere ripetuto, in linea di principio indefinitamente, sino all'ottenimento del risultato più soddisfacente.

Avvertenze

Le resine a scambio ionico tipo cationico hanno caratteristiche acide, pertanto dovranno essere evitati con cura il contatto con la pelle, con le mucose, con gli occhi ed assolutamente non andrà ingerito tale prodotto. L'impasto, quando diventa secco e polverulento, diventa ancor più pericoloso poiché potrebbe essere facilmente inalato ed entrare negli occhi.

Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di enzimi

La pulitura con l'utilizzo di enzimi rappresenta la migliore alternativa all'utilizzo di acidi e basi per l'asportazione idrolitica di sostanze filmogene invecchiate quali ridipinture o patinature proteiche, grasse o polisaccaridiche su superfici policrome. Il loro utilizzo rappresenta una scelta di sicurezza sia per l'operatore (poiché adopererà sostanze prive di esalazioni tossiche o irritanti) sia per l'opera (gli acidi e le basi si rilevano sovente non sufficientemente selettivi nei confronti dello specifico substrato da asportare). Una delle caratteristiche principali degli enzimi risiede appunto nell'elevata specificità per il substrato (fondamentale nel restauro di superfici policrome) ovvero un enzima che agisce, in una data reazione, su un determinato fondo, non sarà in grado di catalizzare nessuna altra reazione chimica, vale a dire non potrà modificare una sostanza diversa dal substrato, di conseguenza, l'operazione di pulitura non potrà intaccare le parti del dipinto non interessate dalla pulitura. La seconda caratteristica esclusiva degli enzimi, è l'alta attività catalitica, ossia limitate molecole enzimatiche sono in grado di operare su quantità di substrato molto maggiori di quelle trasformabili da qualunque altra sostanza, senza perdere l'efficacia.

La procedura operativa prevedrà la messa in opera a tampone o a pennello e previo riscaldamento in bagno d'acqua a 30-40 °C di un principio enzimatico (lipasi, proteasi o amilasi scelto in base alla sostanza da rimuovere) supportato da un gel acquoso a pH noto e costante (ad es. idrossi metil-propil cellulosa). Trascorsi alcuni minuti si procederà alla rimozione a secco, la superficie dovrà essere lavata con una prima soluzione acquosa di tensioattivo (ad es. bile bovina allo 0,2%, e un tensioattivo non ionico all'1-2% o saliva artificiale allo 0,25%), a questo primo lavaggio ne dovrà seguire un secondo con tampone acquoso e, passate 4-5 ore dal trattamento un terzo lavaggio finale con idrocarburi leggeri (ad es. essenza di petrolio dearomatizzato o *white spirit*).

Specifiche sui materiali

Gli enzimi principalmente utilizzati sono:

– proteasi capace di scindere le molecole proteiche idrolizzando i legami peptidici si rivela efficace per la rimozione di macchie dovute a colle e gelatine animali, albumine, casine e uovo. Si può trovare nelle versioni stabilizzata, con pH acido (pH circa 5) o con pH alcalino (pH circa 8,4) per la rimozione controllata di sostanze proteiche anche su supporti delicati come gli affreschi;
– lipasi (pH circa 8,4) in grado di sciogliere i grassi catalizzando l'idrolisi dei trigliceridi, si rivela efficace per la rimozione di sostanze grasse, pellicole a base di oli essiccativi, vernici oleoresinose, cere e resine sintetiche come esteri acrilici e vinilici;
– amilasi (pH circa 7,2) idrolizza i legami glucosidici di polisaccaridi quali amido, cellulosa, gomme vegetali;
– saliva artificiale, prodotto a base di mucina per la pulitura pittorica superficiale, è particolarmente efficace se impiegata come lavaggio intermedio dopo la pulitura con enzimi o con saponi resinosi.

Pulitura mediante impacco biologico

Sono impasti da utilizzare su manufatti lapidei delicati o particolarmente decoesi, posti all'esterno, su quali non sarà possibile eseguire puliture a base di acqua nebulizzata senza arrecare ulteriori danni. Di norma vengono utilizzati per estrarre i sali solubili penetrati, per cause diverse, all'interno del materiale lapideo. I suddetti impacchi dovranno essere a base di argille assorbenti (sepiolite), contenenti prodotti a base ureica così composti:

– 1000 cc di acqua deionizzata;
– 50 g di urea $(NH_2)2CO$;
– 20 cc di glicerina $(CH_2OH)2CHOH$.

Il fango che si otterrà dovrà essere steso in spessori di almeno 2 cm da coprire con fogli di polietilene, a fine trattamento, se non diversamente specificato dalla DL, e si applicherà un fungicida per prevenire eventuali aggressioni microbiologiche. I tempi di applicazione saranno stabiliti dall'operatore sotto il controllo della DL in base a precedenti prove e campionature.

Avvertenze

Nel caso di materiali coperti da efflorescenze, prima dell'applicazione degli impacchi queste andranno asportate meccanicamente con spazzole morbide.

8. Pulitura mediante apparecchi aeroabrasivi (sistema Jos e Rotec)

La pulitura mediante apparecchi aeroabrasivi potrà essere impiegata al fine di rimuovere dalle superfici lapidee particellato atmosferico, incrostazioni calcaree, croste nere, graffiti, alghe, muschi e licheni. Un metodo di pulitura aeroabrasiva è il sistema Jos che, sfruttando una spirale di tipo elicoidale a bassissima pressione (0,1–1 bar) consentirà di operare interventi di pulitura, sia a secco (utilizzando aria e inerti di varia granulometria) che ad umido (impiegando aria, inerti e bassi quantitativi di acqua che variano da 5-60 l/h in base al tipo di ugello utilizzato e allo sporco da rimuovere). Questo sistema potrà essere utilizzato per la pulitura di ogni tipo di pietra naturale, granito, arenarie, marmo e travertino. La scelta degli inerti verrà fatta in base al tipo ed alla consistenza della sostanza patogena da asportare, in ogni caso si tratterà sempre di sostanze neutre non tossiche con granulometria di pochi micron (da 5 a 300 □m) e con durezza che potrà variare da 1-4 Mohs utilizzate, talvolta, con spigoli arrotondati, così che si possano ovviare a fenomeni di microfratture, forti abrasioni o modificazioni delle alterazioni del materiale lapideo. Tra gli inerti più adatti al caso troveremo: il carbonato di calcio, bianco di Spagna, gusci di noce,

noccioli, polvere di vetro, granturco macinato, pula di riso. Si procederà con la proiezione a vortice elicoidale degli inerti che colpiranno la superficie seguendo più angoli d'incidenza secondo direzioni subtangenziali. La distanza che dovrà intercorrere tra l'elemento di immissione (ugello) e il materiale varierà normalmente tra i 35 cm e i 45 cm. Il sistema Jos eviterà l'insorgenza di un'azione abrasiva sul materiale, poiché la pressione dell'aria compressa diminuirà approssimativamente in proporzione al quadrato della distanza dall'ugello, mentre la rotazione rimarrà inalterata.

Per superfici molto porose, o molto deteriorate, sarà indicato il sistema Jos a secco applicato ad una distanza dal supporto di circa 40-45 cm con una pressione di impatto non superiore all'1,5 bar; se dovranno essere pulite superfici di marmo, granito e travertino si utilizzerà carbonato di calcio come inerte (in grani da 300 □m di diametro emessi da una distanza di circa 30-40 cm con pressione dell'impianto pari a 2 bar in modo che l'impatto sulla pietra sia pari a 0,4-0,5 bar).

Il sistema Jos a umido sarà impiegato per la pulitura di superfici non eccessivamente porose, così da evitare l'insorgenza di fenomeni di degrado legati all'infiltrazione in profondità dell'acqua. Si utilizzerà acqua lievemente dura per la pulitura di calcarei teneri, acqua dolce sarà utilizzata per la pulitura di pietre silicee mentre, per rocce silicatiche e graniti, s'impiegherà acqua deionizzata. In ogni caso il consumo di acqua sarà in relazione al tipo e alle dimensioni dell'ugello utilizzato (per ogni 2 m² di superficie pulita: ugello piccolo 1 l, ugello standard 6 l); occorrerà sempre procedere con estrema cautela e previa analisi delle caratteristiche intrinseche della pietra da trattare in modo da evitare interventi troppo aggressivi che potrebbero implicare sia l'erosione del materiale sia un'eccessiva, quanto dannosa, impregnazione di acqua.

In alternativa al sistema Jos si potrà ricorrere al sistema Rotec caratterizzato da un mini vortice rotante. Particolarmente adatto per puliture di manufatti delicati (sculture, rilievi, ceramiche ecc.) potrà essere utilizzato a secco, a nebulizzazione (l'ugello erogherà 0,5 l/h di acqua) o a umido (l'ugello erogherà da 1 a 3 l/h di acqua). L'inerte e l'ugello sono, anche in questo caso come per il sistema Jos, regolabili (la pressione d'impatto sul materiale non supera lo 0,2-0,4 bar).

9. Pulitura mediante sabbiatura controllata

La sabbiatura controllata prevedrà, mediante l'impiego di macchine sabbiatrici, la rimozione di depositi spessi coerenti ed aderenti alla superficie ricorrendo a polveri abrasive sospese in un getto d'aria compressa diretto sulla superficie per mezzo di una lancia metallica. Sarà opportuno evitare l'utilizzo di macchinari che non consentiranno una bassa pressione d'esercizio, in special modo su superfici particolarmente degradate. I materiali lapidei sui quali si potrà applicare questo sistema di pulitura dovranno, infatti, presentare uno stato conservativo relativamente buono, dovranno essere sufficientemente compatti, così da poter resistere all'azione abrasiva. La sabbiatura controllata potrà essere applicata su materiali di natura carbonatica e silicatica e, con le dovute precauzioni, in tutte quelle circostanze per le quali non sarà consentito ricorrere a tecniche che comportino l'impiego di acqua (ad esempio in presenza di murature particolarmente umide); per quanto concerne le pietre calcaree tenere sarà opportuno procedere con estrema cautela poiché l'intervento potrebbe alterare la natura del materiale, mentre si sconsiglierà la sabbiatura su pietre molto porose visto che l'inerte impiegato potrebbe ristagnare all'interno del materiale.

Al fine di garantire la riuscita dell'intervento, sarà opportuno effettuare analisi e prove su materiale campione in modo da calibrare bene i termini dell'operazione così da poter ovviare irreversibili inconvenienti come l'insorgenza di scalfitture, abrasioni sulla superficie o distacchi localizzati di materiale. Le prove sul campione di materiale dovranno consentire di bilanciare tutti i fattori che incideranno sull'operazione come: la tipologia e la quantità del materiale abrasivo da impiegare, la pressione del getto, il tipo di ugello, la distanza che dovrà intercorrere tra ugello e superficie, il rapporto aria-abrasivo ed i tempi di applicazione. La sabbiatura dovrà evitare il coinvolgimento delle parti di materiale sane presenti sotto le incrostazioni. L'inerte scelto dovrà essere una polvere chimicamente neutra (polveri vegetali o abrasivi minerali) di dimensioni ridotte e preferibilmente di forma arrotondata, come ad esempio: frammenti minutissimi di noccioli di frutta (albicocca), sabbie di fiume setacciate, ossidi di alluminio, polveri finissime di silicati naturali ecc.. La granulometria potrà variare tra i valori minimi di 10-25 □m e i valori massimi di 40-60 □m in relazione alla consistenza del materiale e al tipo di sporco da asportare. Al fine di riuscire a non danneggiare la superficie durante le operazioni di sabbiatura sarà opportuno variare la granulometria e tipologia dell'inerte (dimensione, forma e peso specifico) per fasi successive, soprattutto dopo l'asportazione dei depositi più consistenti prima di procedere alla finitura della superficie. La pressione del getto non dovrà mai superare i 5 bar considerato che con tale forza di impatto sarà possibile asportare depositi di spessore variabile tra 1-2 mm. L'operazione di sabbiatura dovrà comunque arrestarsi se durante l'intervento si riscontreranno: parti localizzate di materiali dove i depositi risulteranno particolarmente coesi tra loro, residui di trattamenti antichi e pellicole di ossalato. In ognuno di questi casi la pulitura si limiterà ad alleggerire i depositi e non ad asportarli, visto che una prolungata insistenza potrebbe provocare il distacco del materiale. L'erogazione del getto dovrà avvenire in modo tale che l'operatore sia in grado, per tutta la durata dell'intervento, di orientare la lancia manualmente circoscrivendo così l'operazione alle sole aree interessate; l'operatore dovrà, inoltre, accertarsi che l'erogazione del flusso sia sempre costante e che l'ugello non si sia usurato. Se la sabbiatura sarà eseguita in presenza di elevati tenori di umidità ambientale occorrerà tenere sotto stretto controllo l'apparecchiatura visto che i granuli di abrasivo potrebbero compattarsi ostruendo l'ugello; per ovviare a tale inconveniente potrebbe risultare utile dotare l'apparecchiatura di un apposito deumidificatore. La sabbiatura controllata non è adatta per la pulitura di parti delicate e minute come modanature, apparati decorativi o cornici per le quali può essere più appropriato procedere con una microsabbiatura puntuale. Sarà opportuno, pertanto, schermare mediante idonee protezioni (ad esempio fogli di polietilene) le parti che non dovranno "subire" tale trattamento e prevedere prima di iniziare l'intervento di sabbiatura, la raccolta del materiale abrasivo di risulta.

Avvertenze

Questo tipo di pulitura comporta variazioni morfologiche superficiali in funzione della destrezza dell'operatore, della scelta della polvere abrasiva in rapporto alla pressione di uscita e delle condizioni conservative del manufatto. La superficie pulita con sabbiatura si presenterà maggiormente assorbente e "sbiancata".

10. Pulitura a secco con spugne wishab

Questo tipo di pulitura potrà essere eseguita su superfici perfettamente asciutte e non friabili, sarà utilizzata per asportare depositi superficiali relativamente coerenti ed aderenti alla superficie d'apparecchi in pietra, soffitti lignei, affreschi, pitture murali, carte da parati ecc. mediante l'utilizzo di particolari spugne costituite da due parti: una massa di consistenza più o meno morbida e spugnosa (secondo del tipo prescelto), di colore giallo, supportata da una base rigida di colore blu. L'utilizzo di queste spugne consentirà di asportare, oltre ai normali depositi di polvere, il nero di fumo causato da candele d'altari e da incensi mentre non sarà particolarmente adatto per rimuovere un tipo di sporco persistente (ad es. croste nere) e sostanze penetrate troppo in profondità. La massa spugnosa è esente da ogni tipo di sostanza dannosa, presenta un pH neutro e contiene saktis (sorta di linosina), lattice sintetico, olio minerale, prodotti chimici vulcanizzati e gelificanti legati chimicamente. L'intervento di pulitura risulterà estremamente semplice: esercitando una leggera pressione (tale da produrre granuli di impurità) si strofinerà con la spugna la superficie da trattare (con passate omogenee a pressione costante) seguendo sempre la stessa direzione, dall'alto verso il basso, partendo dalle aree più chiare passando, successivamente, a quelle più scure; in questo modo lo sporco e la polvere si legheranno alle particelle di spugna che si sbriciolerà con il procedere dell'operazione senza lasciare rigature, aloni o sbavature di sporco (grazie alla continua formazione di granuli si avrà anche l'auto pulitura della spugna). In presenza di sporco superficiale particolarmente ostinato l'intervento potrà essere ripetuto; a pulitura ultimata si procederà con la spazzolatura, mediante scopinetti in saggina o pennelli e spazzole di nylon a setola morbida, in modo da eliminare i residui del materiale spugnoso.

Avvertenze

In caso di pulitura di superfici dipinte, al fine di evitare l'asportazione del pigmento polveroso e disgregato oppure di quelli più deboli (azzurri, verdi, tinte scure) sarà consigliabile operare, prima della procedura di pulitura, un sistematico intervento di preconsolidamento.

11. Pulitura Laser

L'apparecchiatura selettiva Laser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) ad alta precisione è utile per asportare depositi carbogessosi da marmi e da materiali di colore chiaro, oltre che depositi e patine superficiali da legno, bronzo, terracotte ed intonaci. Nel meccanismo di rimozione, da parte del laser, delle sostanze estranee dalle superfici intervengono più meccanismi in funzione d'altrettante condizioni operative scelte. In buona sostanza si tratta di automatismi che prevedono un assorbimento selettivo dell'energia dell'impulso laser da parte dei degradi superficiali di colore scuro, con una successiva evaporazione di materia e con la rottura dei legami chimici: questo si tradurrà in una distruzione delle molecole che formano i depositi ed in una conseguente loro rimozione. Il piano interessato viene colpito dal raggio per spessori di pochi micron; il substrato sottostante non viene intaccato in quanto, normalmente, esprime un coefficiente di assorbimento più basso (la superficie chiara, riportata alla luce riflette il raggio laser interrompendo il funzionamento dell'apparecchio e in tal modo non si surriscalda). Il laser offre l'opportunità di rispettare integralmente la patina di materiali grazie alla sua assoluta selettività; può, infatti, asportare anche solo pochi micron. Altri fattori a favore di questa tecnica sono l'assoluta mancanza di additivi chimici, che potrebbero, in qualche modo, aggredire la pietra e la possibilità di intervenire (senza effettuare preconsolidamento) anche su elementi particolarmente decoesi o preventivamente trattati con resine sintetiche o altre sostanze consolidanti e protettive.

I parametri che dovranno, necessariamente, essere calibrati (dall'operatore in accordo con la DL) prima dell'inizio della procedura di pulitura sono:

- lunghezza d'onda;
- regolazione dell'emissione di energia in rapporto alla lunghezza d'onda scelta;
- modulazione della frequenza di emissione dell'impulso graduabile in termini di colpi al secondo;
- focalizzazione del raggio sulla superficie del manufatto da pulire.

Una volta calibrati i parametri dell'apparecchiatura laser, la maggiore o minore focalizzazione sul supporto, permetterà l'aumento o la diminuzione della densità di energia sulla superficie e di conseguenza sarà regolato l'effetto ablativo. Il sistema di regolazione permetterà, pertanto il controllo della pulitura laser e la calibrazione della forza del metodo in funzione dei depositi da eliminare e dello stato di conservazione della superficie che dovrà essere pulita. La scelta di una durata molto breve dell'impulso (inferiore a 8 ns) eviterà le "bruciature" superficiali e limiterà notevolmente l'ingiallimento della superficie, questo ultimo fenomeno potrà essere in ogni caso risolto mediante blando lavaggio con spugna o tampone imbevuto di acqua distillata.

In funzione dei risultati preliminari forniti dai test-campione di pulitura, l'operatore, in accordo con la DL, sceglierà il livello di densità di energia ottimale con il quale si condurrà in quella specifica area l'operazione di pulitura. In questo modo sarà possibile operare progressivamente e controllare precisamente la rimozione dei depositi fino alla superficie del manufatto.

In fase operativa, dovranno essere attentamente verificati i tempi di esposizione, la lunghezza d'onda e l'energia di impulso del laser utilizzato; risulta pertanto importante effettuare un'appropriata selezione delle condizioni di lavoro in riferimento al substrato, al tipo di materiale lapideo ed al tipo di deposito coinvolti nei singoli casi di pulitura. Dovranno, quindi, essere eseguite analisi conoscitive preliminari, oltre che del supporto, anche del deposito, oltre ad una serie di saggi di pulitura identificando eventuali porzioni pigmentate.

Nell'usare questa tecnica è consigliabile bagnare preventivamente la superficie oggetto di intervento sia per esaltare le parti scure e di conseguenza amplificare l'assorbimento della radiazione facilitando l'asportazione dello sporco, sia per attenuare la grande quantità di residui carboniosi e fumi (dannosi per l'operatore) che si producono in una operazione di questo tipo.

Avvertenze

L'apparecchiatura dovrà essere esclusivamente utilizzata da personale altamente specializzato in grado di valutare attentamente i risultati ottenuti, eventualmente variando di volta in volta i parametri esecutivi ed applicativi (lunghezza d'onda, durata, ripetizione degli impulsi, energia del flusso, sezione trasversale, convergenza del fascio).

Dispositivi di sicurezza

I sistemi minimi di sicurezza per operare con strumenti laser saranno:

– la zona di lavoro trattata con il laser dovrà essere segnalata da apposito segno grafico;
– l'operatore e le persone eventualmente presenti all'interno dell'area di lavoro con il laser dovranno indossare occhiali speciali di protezione muniti di lenti ad alta densità ottica, capaci di schermare la radiazione infrarossa di 1064 µm di lunghezza d'onda;
– al di fuori dei periodi di utilizzo lo strumento laser dovrà essere tenuto spento e l'accesso alle apparecchiature dovrà essere controllato.

12. Rimozione macroflora

Appartengono alla macroflora tutti quegli organismi microscopicamente visibili (muschi, licheni, vegetazione superiore ovvero vegetazione erbacea, arbustiva ed arborea ecc.) il cui sviluppo, sulle superfici lapidee, è favorito dalla presenza di dissesti dell'apparecchio come lesioni, cavità, interstizi ecc., all'interno dei quali si può accumulare dell'humus (formato da depositi composti da particellato atmosferico e da organismi morti), sul quale i depositi di spore trasportate dal vento agevolano la riproduzione di muschi e licheni; i licheni creano fenomeni di copertura, fratturazione, decoesione e corrosione; i muschi coprono la superficie e, penetrati in profondità, svolgono un'azione meccanica di disgregazione. La comparsa di muschi e licheni implica la presenza di un elevato tasso d'umidità e ne incrementa ulteriormente la persistenza agevolando l'accumulo e il ristagno delle acque. Per quanto concerne la vegetazione superiore l'azione distruttiva operata dalle radici radicatesi all'interno delle discontinuità può comportare dei danni meccanici che portano, in molti casi, alla caduta del materiale.

12.1. Generalità

Prima di procedere con le operazioni diserbanti, in special modo quelle indirizzate alle piante infestanti, è opportuno:

– identificare il tipo di vegetazione (erbacea o arbustiva) e la specie di pianta, così da poter capire quanto profonde e resistenti potranno essere le loro radici;
– prevedere i danni che le operazioni meccaniche di asportazione delle radici e dei semi penetrati in profondità potrebbero recare alla struttura muraria;
– definire la reale possibilità d'intervento sulle diverse specie presenti e soprattutto accertare se esistono le circostanze per cui poter operare su tutta la superficie invasa.

Nel caso si decida di ricorrere all'utilizzo di biocidi, la scelta dovrà essere fatta in riferimento al compito specifico che dovranno assolvere; in base a questo si distingueranno in:

– prodotti indicati per estirpare piante a foglia larga e prodotti per piante a foglia stretta;
– prodotti da assorbimento fogliare e prodotti da assorbimento radicale;
– prodotti circoscritti contro la vegetazione erbacea e prodotti arbusticidi;
– prodotti come erbicidi "di contatto" (agiscono sugli apparati vegetativi delle specie già sviluppate) ed erbicidi "residuali" (penetrano anche nel terreno garantendo un'azione prolungata nel tempo).

I biocidi impegnati dovranno, inoltre, indipendentemente dal tipo selezionato, presentare le seguenti caratteristiche:

– essere incolori o trasparenti con principi attivi poco solubili in acqua;
– presentare un basso grado di tossicità;
– essere degradabili nel tempo;
– non provocare azione fisica o chimica nei riguardi delle strutture murarie;

– non persistere dopo l'applicazione sulla superficie trattata lasciando residui di inerti stabili (per questo si dovranno evitare sostanze oleose o colorate).

Indipendentemente dal tipo di prodotto chimico selezionato l'applicazione potrà avvenire per:

– irrorazione sulla vegetazione, previa diluizione (normalmente 0,1-1%) del biocida in acqua. Si può applicare sia su piante erbacee sia su arboree; l'irrorazione avverrà utilizzando annaffiatoi dotati di pompe manuali (da evitare pompe a pressione) o più specifici nebulizzatori;
– iniezioni di soluzioni acquose di biocidi (diluizione 1:10) direttamente nei canali conduttori della pianta; tecnica che si attua previo taglio della pianta all'altezza del colletto radicale, particolarmente adatta per piante lignificate di una certa consistenza. L'iniezione eviterà la dispersione della soluzione al di fuori dell'area del trattamento evitando in questo modo possibili fenomeni d'interferenza con il materiale lapideo;
– impacchi applicati al colletto della radice appena tagliato, particolarmente indicati contro le piante lignificate e realizzati con argille impregnate di biocida.

L'uso dei biocidi dovrà essere fatto con la massima attenzione e cautela da parte dell'operatore che, durante l'applicazione, dovrà ricorrere ai dispositivi di protezione personale, come guanti ed occhiali, ed osservare le norme generali di prevenzione degli infortuni relative all'utilizzo di prodotti chimici velenosi.

Specifiche sui materiali

Erbicidi

Il controllo dello sviluppo della vegetazione infestante superiore potrà essere assicurato solo utilizzando prodotti che intervengano sulla fotosintesi; tali composti potranno, talvolta, essere indicati anche per la soppressione di certi tipi di alghe. Per la rimozione di vegetazione inferiore e superiore su apparecchi murari, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, dovranno essere preferiti erbicidi non selettivi (ovvero che impediscano qualsiasi sviluppo vegetale) a base nitro-organica.

Solfato di ammonio è impiegato per il trattamento puntuale delle radici degli alberi così da trattenerne lo sviluppo.

Fluometuron da impiegare contro muschi e licheni in soluzioni acquose al 2%.

Simazina prodotto antigermitivo di preemergenza da utilizzare per impedire la crescita di vegetazione superiore, licheni e muschi, presenta una azione preventiva che copre circa 1-2 anni. Da utilizzare preferibilmente in area archeologica.

Picloram erbicida non selettivo da impiegare per il controllo della vegetazione, dovrà, pertanto, essere impiegato con estrema cautela e solo dietro specifica indicazioni della DL e degli organi di tutela del bene oggetto di trattamento.

Gliyfosato diserbante sistematico da utilizzare per sopprimere licheni e piante superiori in soluzioni acquose al 2%. È l'unica molecola in grado di devitalizzare alla radice infestanti come gramigna e rovo. Dovrà essere applicato nel momento di massimo rigoglio vegetativo. Non presenterà, una volta terminato il trattamento, composti residui.

12.2. Diserbo da piante superiori

Lo scopo della pulitura sarà di asportare, dai materiali lapidei, vegetazione erbacea, arbustiva ed arborea. L'asportazione dovrà essere preferibilmente eseguita nel periodo invernale e potrà essere fatta sia meccanicamente, mediante il taglio a raso con l'ausilio di mezzi a bassa emissione di vibrazioni (seghe elettriche, seghe manuali, forbici, asce, accette ecc.), sia ricorrendo all'uso di disinfestanti liquidi selezionati seguendo le indicazioni riportate nell'articolo sulle generalità. Le due operazioni potranno coesistere nei casi in cui l'asportazione meccanica non risulterà risolutiva. Si potrà ricorrere all'uso dei biocidi quando l'asportazione diretta delle piante (vive e con radice profonde) risulterà eccessivamente lesiva per il substrato e in situazioni d'abbandono prolungato dove le piante crescono, solitamente, rigogliose.

L'uso dei biocidi non dovrà essere fatto nei periodi di pioggia, di forte vento o eccessivo surriscaldamento delle superfici allo scopo di evitare la dispersione o l'asportazione stessa del prodotto. Tra i biocidi indicati per estirpare organismi macrovegetali ci sono anche i composti neutri della triazina, a bassa solubilità in acqua, e i derivati dell'urea che, presentando una scarsissima mobilità nel terreno, consentono di ridurre i pericoli d'inquinamento delle aree limitrofe circoscrivendo l'intervento alle sole zone interessate: la clorotriazina (per assorbimento radicale) risulterà efficace per applicazioni al suolo, su piante a foglia larga e a foglia stretta, la metossitriazina potrà essere utilizzata anche sulle murature.

La verifica dell'efficacia dei biocidi, indispensabile per procedere all'estirpazione della radice, avverrà dopo 30-60 giorni dalla loro applicazione. L'applicazione del prodotto sulla vegetazione potrà essere realizzata seguendo le metodologie (irrorazione, iniezione ed impacco) che la DL riterrà più consone al caso specifico. L'operazione terminerà con un accurato lavaggio delle superfici con acqua pulita a pressione moderata, così da garantire l'eliminazione di ogni traccia residua di biocida.

12.3. Disinfestazione da muschi e licheni

Muschi e licheni crescono su substrati argillosi depositatisi sulle pietre e su queste si manifestano tramite delle escrescenze più o meno aderenti e spesse; la loro asportazione potrà essere, sia meccanica (che difficilmente risulterà completamente risolutiva) mediante l'ausilio di spazzole rigide, bisturi, spatole ecc. facendo attenzione a non intaccare la superficie, sia con biocidi. Se i licheni risulteranno molto spessi e tenaci la rimozione meccanica sarà preceduta dall'applicazione sulla superficie di una soluzione di ammoniaca diluita in acqua al 5% al fine di ammorbidire la patologia e facilitarne l'asportazione. L'uso dei biocidi potrà essere in alternativa o in correlazione alla rimozione meccanica, utilizzandoli sia nello specifico della patologia da rimuovere sia a vasto raggio d'azione; l'applicazione potrà essere fatta a spruzzo, a pennello o ad impacco in relazione alle caratteristiche del prodotto prescelto. Un'efficace risoluzione per l'asportazione di muschi e licheni prevederà l'utilizzo di biocidi ad azione immediata quali: acqua ossigenata 120 volumi (l'operazione dovrà essere ripetuta a distanza di 24 ore fino alla totale "bruciatura" degli organismi vegetali), formaldeide in soluzione acquosa 0,1-1% ed ossido di etilene (ETO) al 10% in miscela gassosa di aria ed anidride carbonica; trascorso un tempo variabile tra i 5-15 giorni dall'ultimo trattamento biocida si procederà all'asportazione delle patine biologiche e depositi humiferi (i quali si manifesteranno fragili, ingialliti, secchi e/o polverulenti) mediante spazzolatura con spazzole di saggina. Inoltre, nello specifico, possiamo ricorrere a biocidi come i lichenicidi, che comprendono i sali di ammonio quaternario e gli enzimi proteolitici; questi biocidi sono solubili in acqua e si applicano in soluzioni acquose debolmente concentrate (1-3%). Dopo l'applicazione del biocida, si dovrà eseguire un ripetuto lavaggio della superficie con acqua pulita e, con l'eventuale utilizzo d'idropulitrice (regolando la pressione in relazione alla consistenza del supporto) così da garantire la rimozione completa del prodotto. L'uso del biocida dovrà implicare tutte le precauzioni illustrate sia nell'articolo sulle generalità sia in quello inerente il diserbo da piante superiori.

13. Rimozione microflora

La microflora è costituita da batteri, funghi, alghe e cianobatteri; il loro sviluppo è favorito da condizioni al contorno caratterizzate da elevata umidità relativa e/o dalla presenza di acqua ristagnante all'interno del materiale lapideo condizioni aggravate, in molti casi, anche da una limitata circolazione d'aria. Questi microrganismi possono indurre sulla superficie un degrado di natura meccanica e/o chimica; i funghi possono, infatti, rivelarsi nocivi penetrando, con le appendici filiformi, all'interno delle fessure presenti nel manufatto, sollecitando meccanicamente la struttura, incrementando la decoesione del materiale; le alghe, invece, provocano sulla superficie un'azione meccanica corrosiva agevolando l'impianto d'ulteriori micro e macrorganismi. La loro presenza sulle superfici lapidee si manifesta tramite macchie, efflorescenze di sali solubili e patine di ossalati, patologie che, inevitabilmente, ne alterano l'aspetto estetico. È opportuno ricordare che, l'asportazione della microflora non potrà essere considerata definitiva se, preventivamente, non sono state eliminate le cause al contorno che ne favoriscono la crescita.

13.1. Generalità

Le sostanze biocide utilizzate per la rimozione della microflora dovranno rispondere a delle specifiche esigenze tra le quali:

- non dovranno risultare tossiche per l'uomo e per gli animali;
- dovranno essere biodegradabili nel tempo;
- non dovranno provocare azione fisica o chimica nei riguardi delle strutture murarie;
- dopo l'applicazione non dovranno persistere sulla superficie trattata con residui di inerti stabili e per questo si dovranno evitare sostanze oleose o colorate.

L'uso dei biocidi dovrà essere fatto con la massima attenzione e cautela da parte dell'operatore che, durante l'applicazione, dovrà ricorrere ai dispositivi di protezione personale, come guanti ed occhiali, ed osservare le norme generali di prevenzione degli infortuni relative all'utilizzo di prodotti chimici velenosi.

Specifiche sui materiali

Alghicidi, battericidi, fungicidi

Perossido di idrogeno (acqua ossigenata), utilizzato a 120 volumi risulta adatto per sopprimere alghe e licheni su apparecchi murari. Presenta forti capacità ossidanti; può essere causa di sbiancamenti del substrato, ed agisce esclusivamente per contatto diretto. La sua azione non dura nel tempo.

Ipoclorito di sodio (varechina), utilizzato in soluzione acquosa al 2%-7% per asportare alghe e licheni. La varechina può essere causa di sbiancamenti del materiale lapideo; inoltre, se non è interamente estratta dal materiale lapideo ne può determinare l'ingiallimento.

Formalina, soluzione acquosa di aldeide formica, disinfettante utilizzato in soluzione acquosa al 5% per irrorare superfici attaccate da alghe verdi, licheni e batteri.

Orto-fenil-fenolo (OPP) ed i suoi sali sodici (OPPNa) sono attivi su un largo spettro di alghe, funghi e batteri; la loro tossicità può ritenersi tollerabile. L'orto-fenil-fenolo risulta preferibile poiché presenta una minore interazione con il supporto.

Di-clorofene, prodotto ad amplissimo spettro, con tossicità molto bassa, non presenta interazioni con il supporto anche se organico.

Penta-clorofenolo (PCP) ed i suoi sali sodici (PCPNa) utilizzati in soluzioni acquose all'1% presentano un largo spettro. La loro tossicità è al limite della tolleranza; la loro interazione con il supporto può determinare l'annerimento del legno ed il mutamento cromatico dei pigmenti basici.

Benzetonio cloruro, derivato dell'ammonio quaternario, da utilizzare in soluzione dall'0,5-4% (ossia 5-40 ml per litro) in acqua demineralizzata per la disinfestazione di alghe, muschi e licheni, anche se per questi ultimi la sua efficacia risulta, talvolta, discutibile. La miscelabilità in acqua del prodotto permette un elevato potere di penetrazione e di assimilazione dei principi attivi da parte dei microrganismi eliminandoli e neutralizzando le spore. Il benzetonio cloruro è di fatto un disinfettante germicida con spettro d'azione che coinvolge batteri, lieviti, microflora ed alghe. Può essere aggiunto a tensioattivi non ionici per avere anche un effetto detergente. La sua azione risulta energica ma non protratta nel tempo, in quanto non è in grado di sopprimere le spore; l'eventuale presenza di nitrati ne ridurrà considerevolmente l'efficienza. Potrà essere utilizzato sia su pietra che su superfici lignee, i materiali trattati devono essere lasciati asciugare naturalmente.

13.2. Rimozione della patina biologica

La rimozione della patina biologica potrà essere fatta tramite pulitura manuale (bisturi, spazzole ecc.), meccanica (microsabbiatura) o mediante l'uso di biocidi. L'efficacia dei sistemi d'asportazione manuale potrà risultare limitata poiché non risulteranno sempre in grado di rimuovere completamente la patologia così come la sabbiatura potrà risultare lesiva per il substrato del materiale. Le sostanze biocide utilizzate dovranno essere applicate seguendo le indicazioni dettate nello specifico dal prodotto utilizzato e si dovranno relazionare alla natura del materiale lapideo allo scopo di evitare il danneggiamento del substrato e l'alterazione dello stato conservativo, in molti casi, precario. Le sostanze biocide, in relazione al tipo d'organismi che saranno in grado di rimuovere, si distingueranno in battericidi e fungicidi; la loro applicazione potrà essere fatta a pennello, a spruzzo o tramite impacchi. In presenza di materiali molto porosi sarà preferibile applicare il biocida mediante impacchi o a pennello che favoriscono la maggior penetrazione del prodotto e ne prolungano l'azione (per il timolo e la formaledeide si può ricorrere anche alla vaporizzazione, poiché si tratta di sostanze attive sotto forma di vapore); o a trattamento a spruzzo (applicato con le dovute precauzioni e protezioni da parte dell'operatore) che sarà particolarmente indicato in presenza di materiali fragili e decoesi. Gli interventi saranno ripetuti per un numero di volte sufficiente a debellare la crescita della patologia. Dopo l'applicazione della sostanza biocida si procederà all'asportazione manuale della patina; l'operazione verrà ultimata da una serie di lavaggi ripetuti con acqua deionizzata, in modo da eliminare ogni possibile residuo di sostanza sul materiale. In presenza di patine spesse ed aderenti, prima dell'applicazione del biocida, si eseguirà una parziale rimozione meccanica (mediante l'uso di pennelli dotati di setole rigide) della biomassa.

ART. 4.2 – OPERAZIONE DI PULITURA MATERIALI LIGNEI

1. Generalità

Prima di eseguire le operazioni di pulitura sulle superfici lignee, è opportuno attenersi a delle specifiche procedure al fine di salvaguardare l'integrità del materiale. Le operazioni preliminari comprendono le seguenti fasi esecutive:

- identificazione dell'essenza lignea;
- identificazione dei depositi incoerenti da dover rimuovere e campagna di saggi al fine di verificare eventuali tracce di cromie originali;
- eventuale preconsolidamento, se si riscontra la necessità, del materiale prima di iniziare la pulitura;
- applicazione del sistema di pulitura prescelto su campionature di materiale;
- analisi dei risultati ottenuti sulla superficie campione prima di estendere le operazioni di pulitura a tutta la superficie.

Tutte le operazioni di pulitura dovranno essere sempre eseguite rispettando l'andamento delle venature e non in senso ortogonale o trasversale ad esse.

2. Pulitura meccanica manuale

La procedura sarà impiegata qualora sia necessario un lavoro accurato e basato sulla sensibilità operativa di maestranze specializzate, oppure per quelle superfici (ad es. tinte a calce o tempere) difficilmente trattabili con tecniche tradizionali (sverniciatura tramite decapante neutro). Prima di iniziare l'operazione di pulitura sarà necessario esaminare la superficie lignea con lo scopo di determinare l'eventuale presenza di olio, grasso o altri contaminanti solubili; in tal caso un ciclo di pulitura con solventi opportuni precederà ed eventualmente seguirà quella manuale. Gli strumenti occorrenti per la pulizia manuale saranno costituiti da spazzole metalliche, raschietti, spatole, scalpelli, lana di acciaio e carta abrasiva di varie grane, oppure utensili speciali (tipo sgorbie) sagomati in modo da poter penetrare negli interstizi da pulire; tutti questi strumenti verranno impiegati, alternativamente, in base alle condizioni delle varie superfici. Le spazzole metalliche potranno essere di qualsiasi forma e dimensione mentre le loro setole dovranno essere di filo d'acciaio armonico. Le scaglie di vernice in fase di distacco saranno eliminate attraverso un'adeguata combinazione delle operazioni di raschiatura e spazzolatura.

A lavoro completato, la superficie dovrà essere spazzolata, spolverata e soffiata con getto d'aria compressa al fine di rimuovere tutti i residui e le parti di materiale distaccato, quindi trattata con leggera carteggiatura con carta abrasiva a secco (grana/cm² 200-250).

2.1. Levigatura e lamatura manuale

La levigatura consisterà nell'asportazione manuale meccanica di un sottile strato di materiale (0,2-1 mm) qualora questo si presentasse seriamente compromesso, mentre con l'operazione di lamatura si opererà una levigatura totale dello strato di vernice o pellicola presente riportando "al vivo" la superficie lignea. Di norma pavimenti o altri rivestimenti lignei potranno sopportare al massimo, nell'arco della loro esistenza, 8-10 lamature integrali ogni 20-25 anni (per i prefiniti i passaggi integrali scendono a tre). Previa esecuzione di tasselli di prova su modeste porzioni dell'elemento oggetto di intervento, la procedura prevedrà un'operazione di sgrossatura eseguita con l'ausilio di carta abrasiva di grana semi-grossa (40-80 grani al centimetroquadrato) atta a rimuovere i depositi incrostati e le eventuali macchie o patine presenti nonché livellerà la superficie in prossimità di movimenti degli elementi lignei. Eseguiti questi primi passaggi si passerà a quelli operati con grana sempre più fine (80-120 grana media grossa, 150-200 grana media; oltre i 320 grana fine) così da eliminare gli eventuali segni lasciati dalla sgrossatura iniziale. La carta dovrà essere avvolta su appositi tamponi o in alternativa su pezzi di legno (per i passaggi con grana fine sarà consigliabile utilizzare legno tenero come ad es. legno di balza) o sughero di dimensioni tali da poter essere correttamente e comodamente impugnati. Questa procedura potrà essere eseguita a umido o a secco. Quella ad umido si utilizzerà, generalmente, su vernici grasse o su lacche sintetiche, presenterà il vantaggio di non produrre polveri ma al termine della procedura sarà necessario attendere l'asciugatura della superficie, inoltre la carta tenderà ad impastarsi con la vernice: questo "fenomeno" potrà essere ovviato immergendo ripetutamente la carta in acqua pulita o passandovi del sapone di Marsiglia neutro. La levigatura a secco risulterà un'operazione altrettanto veloce ma presenterà l'inconveniente della polvere, che dovrà, successivamente, essere asportata con l'ausilio di spazzole o scopini di saggina o, con idonei aspirapolvere. Al termine della procedura sarà consigliabile eseguire un passaggio con straccio o spugna, leggermente umidi al fine di rimuovere ogni residuo di polvere.

3. Sverniciatura con decapante neutro

Lo scopo dell'intervento sarà la rimozione, dalla superficie lignea, di vecchie vernici o pellicole protettive degradate (per le quali non sarà possibile operare un'eventuale ripresa) tramite l'applicazione di un prodotto decapante generalmente costituito da miscele solventi addizionate con ritardanti dell'evaporazione presenti sia sottoforma di gel sia di liquidi. Prima di procedere con questo tipo d'operazione sarà opportuno assicurarsi del reale stato conservativo del materiale ovvero accertarsi che non siano presenti parti fragili facilmente danneggiabili o asportabili, inoltre si dovrà provvedere alla rimozione di tutte le parti metalliche, come serrature, borchie e cerniere, al fine di evitarne il danneggiamento da parte del solvente. In riferimento alle prove eseguite preventivamente su tasselli di materiale campione capaci di definire i tempi e i modi d'applicazione, si procederà con la stesura a pennello, a spazzola o con spatole del prodotto (in ragione di 100 g/m² ca.) sulla superficie in uno strato sottile e uniforme allo scopo di riuscire ad ammorbidire la pellicola di rivestimento. Passato il tempo d'attesa (che potrà variare da 1 a 20 ore in relazione ai singoli casi poiché dipenderà dallo spessore degli strati di pittura presenti, dalla temperatura ambientale e dal tipo di pellicola da rimuovere), quando la vernice sarà morbida e sollevata dal supporto si rimuoverà ricorrendo all'uso di spatole e/o raschietti avendo cura di non danneggiare il supporto asportandone parti corticali in fase di decoesione. Nei punti difficili come intagli, modanature minute o fessurazioni la pittura potrà essere rimossa aiutandosi con spazzolini o punteruoli. L'intervento potrà e sarà ripetuto se specificamente indicato dalla DL Terminate le operazioni di raschiatura, al fine di ovviare l'asciugatura dei residui di prodotto rimasti sul materiale, sarà effettuato l'immediato lavaggio manuale della parte trattata con spugne di mare e soluzioni detergenti (ad es. soluzione blanda di soda calcinata ovvero soluzione ammoniacale diluita al 2% in acqua) evitando di risciacquare la superficie con l'acqua poiché lesiva per il materiale (rigonfiamento delle fibre). Al termine della pulitura si controllerà lo stato del supporto ligneo accertando l'eventuale rimanenza di residui di sverniciatura.

In alternativa potranno essere utilizzati sverniciatori in pasta la cui procedura operativa sarà molto simile a quella adottata per quelli in gel: facendo uso di una spatola si applicherà la pasta stesa in strati più o meno sottili (1,5-3 mm) in ragione del numero di strati di vernice o dello sporco presente; nel caso in cui le condizioni atmosferiche od ambientali dovessero far asciugare troppo velocemente l'impasto sarà conveniente mantenere umida la superficie con l'aiuto di panni bagnati o fogli di polietilene così da ritardare l'evaporazione del solvente e di conseguenza consentire la corretta reazione. Al termine dell'operazione sarà necessario asportare il prodotto con spatola o pennello a setola dura, dopodiché si potranno eliminare gli ultimi residui con spugna inumidita. L'uso di sverniciatori in pasta richiederà dei tempi di lavorazione più dilatati ma, al contempo, permetterà di asportare contemporaneamente più strati di pellicola pittorica.

4. Pulitura ad aria calda o a fiamma

La procedura di sverniciatura con l'utilizzo di aria calda avrà lo scopo di rimuovere dalla superficie vecchi strati di vernici o colori, residui di scialbature, croste organiche od inorganiche, pellicole protettive ecc.; la differenza di comportamento al calore tra il legno e le pellicole di vernice faranno sì che queste si stacchino (dando vita a vesciche di rigonfiamento) dal supporto sia grazie alla dilatazione termica subita dal legno e dalle sostante che costituiscono il rivestimento, sia dalla rapida evaporazione dell'umidità eventualmente presente sotto le superfici da rimuovere. L'operazione, proprio per la sua stessa natura (abbastanza "violenta") dovrà essere eseguita con molta attenzione al fine di non provocare la combustione del legno.

L'intervento prevedrà l'asportazione del rivestimento mediante il riscaldamento con idonea pistola termica (producente aria calda) da far scorrere sulla superficie da pulire in posizione ortogonale ad una velocità ed ad una distanza variabile in ragione dello stato di conservazione del legno, del tipo di deposito da asportare e dalla facilità o meno con cui i residui di rivestimento si distaccano dalla superficie del manufatto oggetto di trattamento (ad es. per vecchie verniciature a smalto la distanza media sarà di circa 8-10 cm). Nel momento in cui il rivestimento accennerà a sbollare e a distaccarsi dal supporto si procederà con la raschiatura mediante l'utilizzo di raschietti o spatole a manico lungo; la rimozione di vecchie vernici dovrà essere radicale. La procedura terminerà, previa spazzolatura della superficie al fine di eliminare tutti i residui non completamente staccati, con una leggera carteggiatura della superficie mediante carta abrasiva semi grossa a secco (grana/cm² 80-100-120) montata su tappi di sughero.

In alternativa alla pistola con aria calda si potrà utilizzare una fonte di calore più elevata ricorrendo ad una lancia termica collegata ad una bombola di combustibile (acetilene o gas propano). La procedura operativa sarà simile a quella con la pistola ad aria calda ad eccezione del fatto che, con la fiamma, oltre alla velocità di passaggio sulla superficie, varierà anche l'angolazione (di norma intorno ai 45°); l'asportazione del rivestimento prevedrà il riscaldamento con la fiamma facendo attenzione a non causare localizzate bruciature dovute alla troppa insistenza della fonte di calore. Su manufatti d'interesse storico-artistico sarà consigliabile non utilizzare tale tecnica.

ART. 5 – AGGIUNTE, INTEGRAZIONI

Premessa metodologica

Le operazioni d'integrazioni comprendono tutta una serie d'interventi che hanno come fine ultimo quello di ripristinare le mancanze, più o meno consistenti, rintracciabili in un manufatto riconducibili a svariati motivi tra i quali: naturale invecchiamento dei materiali, mancata manutenzione, sollecitazioni meccaniche, decoesioni superficiali, interventi restaurativi antecedenti ecc. Indipendentemente dalle scelte metodologiche adottate, scaturite dai diversi indirizzi culturali, nel progetto di conservazione le mancanze richiedono necessariamente un'azione procedurale a prescindere che l'obiettivo prefisso sia il mantenimento dello stato di fatto o il ripristino finalizzato a restituire l'efficienza tecnica, che potrà essere denunciato oppure, come accade sovente, poiché mirato alla restituzione della configurazione "originale" nella sua totalità ed interezza, celato. Attribuire alla mancanza un valore storico-stratigrafico, se da un lato può rappresentare un atteggiamento estremamente rispettoso nei riguardi dell'entità materica ed estetica del manufatto, dall'altro limita le operazioni tecniche indirizzate alla conservazione ovvero, al recupero di quei requisiti di integrità strutturale che, venuti a mancare, possono incrementare l'innescarsi dei fenomeni degradanti.

Le operazioni di ripristino dovranno, per questo, essere pianificate puntualmente cercando, dove sarà possibile, di ponderare sia l'aspetto tecnico che quello conservativo in modo da tenere in debito conto i limiti imposti dalla valenza storica intrinseca nel manufatto e, allo stesso tempo, riuscire a restituire l'efficienza strutturale venuta meno. Il ripristino di parti mancanti, se da un lato contribuisce a dare durevolezza al manufatto, proteggendolo ed aiutandolo a conservarsi nel tempo, dall'altro comporta, inevitabilmente, alterazioni e perdite dei segni stratigrafici nascondendoli o cancellandoli con aggiunte che, come spesso avviene, rendono estremamente difficile il recupero di ciò che di originale è rimasto. Questo dato di fatto, dovrebbe essere per il Tecnico motivo di ponderate riflessioni al fine di riuscire a pianificare un intervento circoscritto a risolvere le varie problematiche rilevate durante la fase conoscitiva del manufatto scaturito da riferimenti culturali che lo hanno indirizzato nelle scelte metodologiche, cosciente che, delle diverse opzioni disponibili, per risolvere un determinato problema, nessuna sarà in grado di ovviare alle problematiche sino ad ora esposte; di ogni soluzione dovranno essere valutati i relativi vantaggi e svantaggi relazionandoli strettamente alle singole esigenze. In un progetto di restauro inevitabilmente l'interazione con il manufatto e, in special modo se si tratta di operare delle integrazioni, avrà come conseguenza un'alterazione dello stato di fatto originale; gli interventi, anche quelli meno invasivi, apporteranno delle modifiche più o meno rilevanti all'integrità della struttura che potranno essere accettate, e in parte giustificate, dalla priorità perseguita di restituire al manufatto la sua efficienza strutturale cosicché possa protrarre nel tempo il lento consumarsi. Le integrazioni che si mimetizzano con l'esistente, mirate non solo a dare integrità strutturale ma, soprattutto, a ripristinare un'unità figurativa in riferimento a come presupposto in origine, se da molti considerato un modo di intervenire che poco tiene conto della dignità storica del manufatto, da altri è ritenuto lecito, poiché il progetto è il risultato di ponderate riflessioni supportate da ricerche e documentazioni puntuali e dettagliate, per cui il risultato finale non deriva dal gesto creativo del Tecnico ma dal suo bagaglio di conoscenze storiche.

Gli accorgimenti utilizzati, in molti casi, al fine di distinguere la preesistenza dall'aggiunta (ad. es., diversificare la lavorazione superficiale della parte nuova rispetto all'originale, riprodurre le parti mancanti ricorrendo a materiali compatibili ma diversi, ripristinare le superfici in leggero sottosquadro o soprasquadro, segnalare il nuovo mediante marchi ecc.) se attuati, dovranno essere realizzati con estrema cura e sensibilità da parte del Tecnico in modo che il risultato finale, pur essendo coerente e rispettoso dello stato di fatto, non sia tale da tradursi in una visione paradossale dove la varietà di integrazioni visivamente rintracciabili fanno perdere la valenza figurativa d'insieme intrinseca del manufatto. Il dilemma di quale sia la risoluzione più consona difficilmente potrà avere una risoluzione chiara, capace di definire un modo di procedere adattabile a tutte le diverse situazioni, in special modo quando l'intervento non si limita alla manutenzione ma, per impellenti necessità scaturite dal bisogno di salvare ciò che si può rischiare di perdere, diviene di restauro.

ART. 5.1 – OPERAZIONI DI STUCCATURA, INTEGRAZIONE DEI MATERIALI LAPIDEI (AGGIUNTE)

Con il termine “materiale lapideo” dovranno sempre essere intesi (in accordo alle raccomandazioni NorMaL) oltre che i marmi e le pietre propriamente detti, anche gli stucchi, le malte, gli intonaci (affrescati, dipinti a secco, graffiti) ed i prodotti ceramici come laterizi e cotti.

1. Generalità

Prima di mettere in pratica i protocolli di stuccatura, integrazione ed aggiunte sui materiali lapidei sarà opportuno seguire delle operazioni preliminari indirizzate alla conoscenza del materiale oggetto di intervento (pietra arenaria, calcarea, travertini, tufi ecc.). L’adesione tra la superficie originale e quella d’apporto sarà in funzione della scrupolosa preparazione del supporto, operazione alla quale si dovrà porre molta attenzione dal momento che si rileverà fondamentale per assicurare l’efficacia e la durabilità dell’intervento di “stuccatura-integrazione”. Le modalità con cui si eseguiranno questo tipo di operazioni saranno correlate alle caratteristiche morfologiche del materiale da integrare (pietra, laterizio, intonaco ecc.) e alla percentuale delle lesioni, oltre che dalla loro profondità ed estensione.

Verifiche preliminari

Prima di eseguire qualsiasi operazione sarà necessario procedere alla verifica del quadro fessurativo così da identificare eventuali lesioni “dinamiche” (che potranno essere dovute a svariati motivi tra i quali assestamenti strutturali non ancora terminati, dilatazioni termiche interne al materiale o fra materiali diversi ecc.); in tal caso non si potrà procedere semplicemente alla stuccatura della fessurazione ma si dovranno identificare e risolvere le cause a monte che hanno procurato tale dissesto. L’intervento di stuccatura ed integrazione sarà lecito solo su fessurazioni oramai stabilizzate (lesione statica).

Asportazione di parti non compatibili

Si procederà, seguendo le indicazioni della D.L., all’ablazione puntuale tramite scopini (di saggina), spatole, cazzuolini, mazzetta e scalpello di piccole dimensioni, martelline, vibroincisori ecc., di tutte le parti non compatibili con il supporto (legno, ferro, malte erose o gravemente degradate ecc.), ovvero stuccature od integrazioni realizzate con malte troppo crude (cementizie) in grado di creare col tempo stress meccanici. L’operazione dovrà avvenire con la massima cura evitando accuratamente di non intaccare il manufatto originale.

Pulitura della superficie

Ciclo di pulitura con acqua deionizzata e successiva spazzolatura (o con altra tecnica indicata negli elaborati di progetto) della superficie da trattare allo scopo di rimuovere sporco, polveri, oli, scorie e qualsiasi altra sostanza estranea al materiale lapideo. Tutte le operazioni di pulitura dovranno tendere a lasciare l’interno della lesione o del giunto privo di detriti o patine, ma con la superficie scabra, così da favorire un idoneo contatto con malta da ripristino. Nel caso in cui la superficie, oggetto di intervento, si dovesse presentare con efflorescenze saline od altre patologie derivate dalla presenza di sali si renderà indispensabile procedere alla desalinazione della muratura utilizzando metodi e tecniche dettate dalla D.L. (ad es. impacchi di polpa di cellulosa imbevuti in acqua deionizzata). Lo stesso criterio sarà utilizzato se l’apparecchio murario risultasse affetto da umidità di risalita capillare od ancora dovesse presentare muschi, licheni o vegetazione superiore infestante: prima di qualsiasi intervento d’integrazione si dovrà procedere alla bonifica della muratura.

Per specifiche sulle tecniche di pulitura, desalinazione, bonifica o deumidificazione si rimanda a quanto esposto agli articoli specifici.

Specifiche sulle stuccature

Saranno da evitare le stuccature a base di cementi tradizionali, perché questi potranno cedere ioni alcalini e solfati che potrebbero portare alla formazione di sali solubili dannosi per il materiale lapideo. Inoltre, gli impasti a base di cemento sono, spesso, meno porosi di molti materiali lapidei, cosicché, se si verificasse un movimento d’acqua all’interno di una struttura, la sua evaporazione e la conseguente cristallizzazione dei sali presenti potrebbe avvenire a carico delle parti più porose e non delle stuccature. Infine, le differenze di dilatazione termica fra pietra e cemento potrebbero provocare fessurazioni o danni di tipo meccanico (estratto dalla Raccomandazione NorMaL n. 20/85).

Avvertenze

Sarà vietato effettuare qualsiasi procedura di stuccatura, integrazione o, più in generale, utilizzo di prodotti, anche se prescritti negli elaborati di progetto, senza la preventiva esecuzione di campionature pre-intervento eseguite sotto il controllo della D.L.; ogni campione dovrà, necessariamente, essere catalogato ed etichettato; su tale etichetta dovranno essere riportati la data di esecuzione, il tipo di prodotto e/o le percentuali dell’impasto utilizzato, gli eventuali solventi e di conseguenza il tipo di diluizione o di concentrazione utilizzati, le modalità ed i tempi di applicazione.

2. Stuccatura-integrazione di elementi in laterizio

L'intervento si rivolge agli apparecchi "faccia vista" in laterizio e avrà come obiettivo quello di mettere in sicurezza i frammenti in cui si sono suddivisi i laterizi, integrare le eventuali lacune (dovute alla disgregazione, erosione, alveolizzazione del materiale) e, allo stesso tempo, difendere l'apparecchio dagli agenti atmosferici. Sarà un'operazione, sia di consolidamento che di protezione, che dovrà essere, necessariamente, estesa anche alle più piccole lesioni e fratture del mattone, affinché la superficie non abbia soluzioni di continuità e possa, così, opporre alla pioggia ed agli agenti aggressivi ed inquinanti, un corpo solido e compatto.

Previa esecuzione delle operazioni preliminari di preparazione (asportazione parti non consistenti e lavaggio della superficie) ed abbondante bagnatura con acqua deionizzata della superficie oggetto d'intervento, si effettuerà l'applicazione dell'impasto in strati separati e successivi secondo la profondità della lacuna da riempire, al fine di evitare spaccature e lesioni durante la stagionatura e successivi rischi di distacco. L'impasto della malta sarà effettuato seguendo le indicazioni di progetto; in assenza di queste si potrà utilizzare uno stucco a base di grassello di calce (10 parti) caricato con tre parti di polvere di cocciopesto (30 parti); in alternativa il cocciopesto potrà essere sostituito per metà, o del tutto, con pozzolana (rapporto legante-inerte 1:3); questo impasto potrà, eventualmente, essere "aiutato" con una parte di resina acrilica in emulsione al 10% in acqua con funzione di fluidificante (quantità inferiore al 2%). La stuccatura sarà effettuata utilizzando cazzuolini, cucchiarotto o piccole spatole tipo quelle a foglia d'olivo evitando con cura di intaccare le superfici non interessate (sia con la malta, sia con gli attrezzi); a tal fine potrà essere conveniente schermare le superfici limitrofe utilizzando nastro di carta, o altro sistema idoneo. Con la spatola si dovrà dare forma alla porzione mancante del mattone costipando il materiale al fine di eliminare sia l'acqua in eccesso, sia di migliorare la compattezza e l'aderenza alla parte sana del laterizio oggetto di intervento.

Dovranno essere effettuate miscele di prova, delle quali si trascriveranno le proporzioni e si prepareranno dei piccoli campioni di malta, così da poterli avvicinare alla superficie da stuccare per la verifica del tono finale. Nel realizzare i provini delle malte bisognerà tener conto di eseguirli molto tempo prima per confrontare i colori dopo la presa e la naturale stagionatura.

In presenza di lievi fessure ovvero sacche intergranulari nel mattone, si potrà ricorrere ad applicare a pennello o mediante iniezioni una boiacca (miscelata con l'ausilio di frusta da zabaione) simile a quella descritta precedentemente, ma con un rapporto legante-inerte di 1:1 (1000 parti di acqua; 100 parti calce idraulica naturale NHL 2; 100 parti cocciopesto o pozzolana; 10 parti di resina acrilica in emulsione; 1 parte di gluconato di sodio); le cariche saranno superventilate (granulazioni inferiori ai 60 □m). Al fine di favorire l'efficacia dell'assorbimento, in special modo per le iniezioni, si renderà necessario un pre-trattamento della cavità con acqua ed alcool denaturato con l'eventuale aggiunta di dispersione acrilica al 10%.

Specifiche sul grassello

Si dovrà cercare di evitare la consuetudine di realizzare grassello semplicemente aggiungendo un'adeguata quantità d'acqua (circa il 20%) alla calce idrata. Così facendo si otterrà un grassello in appena 24 ore ma sarà un prodotto scadente; pertanto, risulterà opportuno utilizzare grassello di calce spenta da almeno dodici mesi al fine di diminuire la possibilità che restino grumi di calce non spenta nella malta.

Eventuale inserimento di armatura

Nel caso in cui si dovesse operare in cospetto di parti mancanti consistenti si renderà necessario "armare" la stuccature con rete metallica elettrosaldata a doppia zincatura a maglia stretta (per es., filo □ 2 mm, maglia 10x10 mm) e/o con perni filettati di acciaio inossidabile (ad es. 2-3 □ 4 mm), preferibilmente di tipo austenitico, della serie AISI 300L (314L o 316L), che presenterà anche buone doti di piegabilità, opportunamente sagomati allo scopo di migliorare l'aderenza al supporto della malta da ripristino. Si eseguiranno i fori per l'inserimento dei perni con trapano a sola rotazione a bassa velocità dopodiché, previa aspirazione degli eventuali detriti con pera di gomma ed iniezione di acqua deionizzata ed alcool, (rapporto 5:1 in volume) si inserirà il perno. In questa operazione si dovrà ricorrere ad ogni accortezza al fine di evitare danni o rotture ai manufatti.

I perni dovranno essere annegati in particolari malte a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 e pozzolana superventilata, rapporto 1:2, con l'eventuale aggiunta di gluconato di sodio (per migliorare la fluidità) ed, eventualmente, di cemento bianco (per aumentare le proprietà meccaniche). In alternativa si potranno utilizzare collanti a base di resine epossidiche a bassa viscosità, esenti da solventi, polimerizzabili a temperatura ambiente ed in presenza di umidità. In ogni caso si utilizzerà un impasto di adeguata tissotropicità o fluidità in relazione alla dimensione e caratteristiche degli elementi da far riaderire.

Specifiche sui perni

Dovrà essere evitato l'uso di metalli facilmente ossidabili come il ferro, il rame e le sue leghe, mentre potranno essere utilizzati con tutta tranquillità perni in titanio o in acciaio inossidabile o, se l'integrazione interessa parti non sottoposte a particolari sollecitazioni meccaniche, barre in vetroresina. Il perno dovrà possedere buona stabilità chimica e coefficiente di dilatazione termica lineare il più possibile vicino a quello dei materiali da ripristinare.

Trattamento finale

A presa avvenuta la superficie stuccata dovrà essere trattata con spugna inumidita (esercitando una leggera pressione) con il risultato di arrotondare gli spigoli, compattare lo stucco e, nello stesso tempo, rendere scabra la superficie rendendola simile ai mattoni limitrofi. Allo scopo di rendere l'integrazione non troppo discordante dagli elementi originali, si può trattare la superficie con una patinatura di polvere di pozzolana (per maggiori dettagli si rimanda alla procedura specifica).

3. Stuccatura di elementi lapidei

Lo scopo dell'intervento sarà quello di colmare le lacune e le discontinuità (parziale mancanza di giunti di malta, fratturazione del concio di pietra ecc.) presenti sulla superficie della pietra (qualsiasi sia la loro origine) così da "unificare" la superficie ed offrire agli agenti di degrado (inquinanti atmosferici chimici e biologici, nonché infiltrazioni di acqua) un'adeguata resistenza.

Previa esecuzione delle operazioni preliminari di preparazione (asportazione di parti non consistenti e lavaggio della superficie) e bagnatura con acqua deionizzata, si effettuerà l'applicazione dell'impasto in strati separati e successivi secondo la profondità della lacuna da riempire: per le parti più arretrate sarà consigliabile utilizzare una malta a base di calce idraulica naturale NHL 2 a basso contenuto di sali composta seguendo le indicazioni di progetto e la tipologia di lapideo (ad es. si utilizzeranno, preferibilmente, delle cariche pozzolaniche su materiali di natura vulcanica e degli inerti calcarei se si opererà su pietre calcaree); in assenza di queste si potrà utilizzare, un impasto caricato con una parte di sabbia silicea lavata (granulometria costituita da granuli del diametro di circa 0,10-0,30 mm per un 25%, di 0,50-1,00 mm per un 30% e di 1,00-2,00 mm per il restante 45%) ed una parte di cocciopesto; in alternativa al cocciopesto si potrà utilizzare pozzolana ventilata (rapporto legante-inerte 1:3). La stuccatura si eseguirà utilizzando piccole spatole a foglia o cazzuolini, evitando con cura di intaccare le superfici non interessate (sia con la malta sia con gli attrezzi); si potranno, eventualmente, mascherare le superfici limitrofe utilizzando nastro di carta. Nel caso occorra preparare una malta particolarmente resistente a compressione si potrà ricorrere all'utilizzo di piccole quantità di cemento bianco esente da gesso e sali solubili; le eventuali quantità dovranno essere limitate in quanto il cemento bianco presenta notevoli ritiri in fase di presa (un sovradosaggio porterebbe a delle malte di eccessiva durezza, ritiro e scarsa permeabilità al vapore acqueo).

La stuccatura di superficie sarà eseguita con grassello di calce (sarà necessario utilizzare grassello ben stagionato, minimo 12 mesi; se non si avrà certezza sulla stagionatura si potrà aggiungere un minimo quantitativo di resina acrilica in emulsione); la carica dell'impasto sarà di pietra macinata (meglio se triturata a mano così da avere una granulometria simile a quella del materiale originale); verrà, preferibilmente, utilizzata la polvere della pietra stessa o, in mancanza di questa, un materiale lapideo di tipologia uguale a quella del manufatto in questione in modo da ottenere un impasto simile per colore e luminosità; potranno essere utilizzate anche polveri di cocciopesto, sabbie silicee ventilate, pozzolana, o carbonato di calcio: rapporto tra legante-inerte di 1:3 (per es. 1 parte grassello di calce; 1 parte pietra macinata; 2 parti di polvere di marmo fine). Sarà consigliabile tenere l'impasto dello stucco piuttosto asciutto in modo da favorire la pulitura dei lembi della fessura.

In alternativa si potranno effettuare stuccature di superficie invisibili utilizzando idoneo stucco costituito da elastomeri florurati e polvere della stessa pietra o altra carica con caratteristiche e granulometria simile (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto all'articolo sul fissaggio e riadesione di elementi sconnessi e distaccati).

Specifiche sulla stuccatura

La scelta di operare la stuccatura a livello o in leggero sotto-quadro nella misura di qualche millimetro (così da consentirne la distinguibilità), dovrà rispondere principalmente a criteri conservativi; sovente, infatti, le integrazioni sottolivello creano percorsi preferenziali per le acque battenti innescando pericolosi processi di degrado. Gli impasti dovranno essere concepiti per esplicare in opera valori di resistenza meccanica e modulo elastico inferiori a quelli del supporto, pur rimanendo con ordini di grandezza non eccessivamente lontani da quelli del litotipo.

Additivi organici

Le malte utilizzate potranno essere caricate, se le disposizioni di progetto lo prevedono, con additivi organici (in quantità inferiore al 2-5%), quali: resine acriliche in emulsione al 10% in acqua con funzione di fluidificante, o, nel caso d'utilizzo con calce aerea, di colloide protettore che tende a trattenere l'acqua, così da non far "bruciare" prematuramente la pasta da stucco. Qualora, invece, venga richiesta alla malta una forte adesività strutturale (ad es. per stuccature profonde non esposte ai raggi UV) ed un'alta resistenza meccanica sarà più opportuno impiegare resine termoindurenti come quelle epossidiche. In ogni caso, salvo diverse disposizioni della D.L., il rapporto legante-additivo sarà generalmente 10:1.

Colore stuccatura

Al fine di rendere possibile un'adeguata lettura cromatica si potrà "aiutare" il colore dell'impasto additivandolo con terre colorate e pigmenti (massimo 5% di pigmenti minerali o 10% di terre). Il colore della pietra si raggiungerà amalgamando, a secco, le cariche fino ad ottenere il tono esatto ma più scuro per bilanciare il successivo schiarimento che si produrrà aggiungendo la calce. Effettuate le miscele di prova si dovranno, necessariamente, trascrivere le proporzioni e preparare dei piccoli campioni di malta su mattone o lastra di pietra, così da poterli avvicinare alla superficie da stuccare per la verifica del tono finale. Per tutte quelle stuccature che interesseranno porzioni di muro vaste potrà essere preferibile ottenere una risoluzione cromatica in leggera difformità con la pietra originale.

Trattamento finale

A presa avvenuta, al fine di ottenere una stuccatura opaca, la superficie interessata verrà lavata e/o tamponata (esercitando una leggera pressione) con spugna inumidita di acqua deionizzata, così da compattare lo stucco, far emergere la cromia della punteggiatura ed eliminare eventuali residui di malta.

4. Risarcimento-stilatura giunti di malta

L'intervento prevedrà l'integrazione delle porzioni di malta mancanti e sarà eseguito mediante impasti a base di calce con i requisiti di resistenza simili a quelli del materiale originale e con caratteristiche fisiche (tessitura, grana, colore ecc.) simili o discordanti in relazione alle disposizioni di progetto. Lo scopo della rabboccatura sarà quello di preservare le cortine murarie da possibili fenomeni di degradazione e di restituire continuità alla tessitura, al fine di evitare infiltrazioni od attacchi di vegetazione infestante, accrescendone le proprietà statiche. L'operazione di stillatura dovrà essere evitata (previa rimozione) su manufatti saturi di sali, in particolare in presenza di estese efflorescenze saline, ovvero di muffe, polveri o parti non solidali che potrebbero impedire la solidificazione della malta tra gli elementi.

Previa esecuzione delle verifiche e delle operazioni preliminari (asportazione parti non consistenti e lavaggio della superficie) la procedura prevedrà l'abbondante bagnatura con acqua pulita (specialmente se il substrato è particolarmente poroso) del giunto, così da garantire alla malta originale ed alle superfici limitrofe l'utile saturazione, basilare per evitare che si verifichi l'assorbimento del liquido dalla nuova malta compromettendone la presa. Una volta inumidito il giunto si effettuerà l'applicazione dell'impasto in strati successivi secondo la profondità e la lunghezza della lacuna da riempire. Per l'impasto, seguendo le disposizioni di progetto, si potranno utilizzare appositi formulati costituiti da calce idraulica, grassello di calce, sabbie od altri aggregati minerali di granulometria nota; per le parti più arretrate sarà opportuno utilizzare un impasto a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 (ottenuta per calcinazione a bassa temperatura, esente da sali solubili, con un'ottima permeabilità al vapore) e sabbia di fiume vagliata (granulometria 0,5-1,5 mm). In alternativa alla sabbia si potranno utilizzare altre cariche quali pozzolana o cocciopesto (coccio macinato disidratato ricavato dalla frantumazione d'argilla cotta a basse temperature); in ogni caso il rapporto legante inerte sarà sempre di 1:2. Questo strato di "fondo" si effettuerà utilizzando cazzuolino, cucchiarotto o una piccola spatola metallica facendo attenzione a non "sporcare" le superfici non interessate. A questo scopo sarà conveniente proteggere, preventivamente, con idonea pellicola protettiva (ad es. nastro di carta adesivo) o con teli di nylon, sia le superfici lapidee o laterizie dei conci che delimitano il giunto d'allettamento, sia gli eventuali serramenti od elementi ornamentali prossimi alla zona d'intervento. Per la stilatura di finitura si potrà utilizzare un impasto a base di grassello di calce; la carica dell'impasto potrà essere di pietra macinata, sabbia di fiume fine (granulometria 0,5-0,8 mm) o, in caso di apparecchio in laterizi, polvere di cotto macinato: rapporto tra legante-inerte di 1:3. La scelta degli inerti sarà dettata dalle analisi preventive effettuate su materiali campione, e dalla risoluzione cromatica che si vorrà ottenere in sintonia o in difformità con le malte esistenti.

Dopo un periodo di tempo sufficiente a consentire un primo indurimento dell'impasto si provvederà a "stringere" la malta mediante una leggera pressione della mano o della punta della cazzuola, così da compattarla e renderla più solida. Questa operazione andrà ripetuta dopo circa 5-6 ore d'estate e dopo 24 ore d'inverno nell'arco di mezza giornata fino a che il giunto apparirà coeso e senza cretti.

Se gli elaborati di progetto richiedederanno un giunto con finitura scabra si potrà intervenire sulla malta della stillatura (appena questa abbia "tirato" ma sia ancora modellabile) "segnandola" con spazzola di saggina o tamponandola con tela di Juta ruvida. Si ricorda che la spazzola non dovrà essere strofinata sulla superficie, ma battuta leggermente, altrimenti si rischierà di danneggiare la rabboccatura. Saranno da evitare spazzole di ferro in quanto si potrebbero danneggiare il giunto ed i supporti limitrofi.

Specifiche

A seconda delle disposizioni di progetto l'operazione di integrazione-risarcitura potrà essere più o meno connotata; si potrà, infatti, eseguire una stillatura dei giunti seguendo il filo esistente oppure eseguirla in leggero sottofilo od, ancora, sfruttando la granulometria ed il colore degli inerti si potrà ottenere un risultato mimetico o di evidente contrasto tra la vecchia e la nuova malta.

Nel caso in cui il progetto preveda una risarcitura "mimetica" si dovrà porre particolare attenzione nell'individuazione della composizione e colorazione specifica della malta che dovrà accordarsi, mediante la cromia dell'impasto e la granulometria degli aggregati, una volta applicata ed essiccata, alla granulometria delle malte di supporto, considerando le diverse gradazioni cromatiche e caratteristiche tessiturali presenti nell'apparecchio murario dovute al diverso orientamento, esposizione agli agenti atmosferici ed alla presenza di materiali diversi.

Trattamento finale

L'operazione di stuccatura si completa con spugna ed acqua deionizzata per eliminare i segni della spazzola, far risaltare le dimensioni e la cromia dell'aggregato e per togliere le eventuali cariche distaccate che potrebbero conferire al giunto asciutto un aspetto polverulento.

5. Stuccatura salvabordo lacune di intonaco (bordatura)

In presenza di lacune d'intonaco, nei casi in cui le indicazioni di progetto non prevedano il ripristino del materiale, l'intervento dovrà essere indirizzato alla protezione dei bordi della lacuna mediante una stuccatura che avrà la funzione di ristabilire l'adesione tra lo strato di intonaco e la muratura così da evitare, lungo il perimetro della mancanza, dannose infiltrazioni di acqua meteorica o particellato atmosferico che potrebbero aggravare, nonché aumentare, la dimensione della lacuna nel tempo. L'operazione di stuccatura salvabordo, in particolar modo se realizzata su pareti esterne, dovrà essere eseguita con la massima cura; questo tipo di protezione proprio per la sua configurazione di raccordo tra due superfici non complanari costituirà un punto particolarmente soggetto all'aggressione degli agenti atmosferici (pioggia battente). Le malte adatte per eseguire tale operazione dovranno essere simili ai preparati impiegati per la riadesione degli intonaci distaccati (per maggiori dettagli si rimanda all'articolo specifico sulla riadesione degli intonaci al supporto), in ogni caso, oltre ad evitare l'utilizzo d'impasti con grane e leganti diversi da quelli presenti nell'intonaco rimasto sulla superficie non si dovrà ricorrere né all'uso di malte di sola calce aerea e sabbia (poco resistenti alle sollecitazioni meccaniche), né a malte cementizie (troppo dure e poco confacenti all'uso). Le bordature dovranno essere realizzate con malte compatibili con il supporto, traspirabili (coefficiente di permeabilità □ < 12) e con buone caratteristiche meccaniche; a tale riguardo si potrà utilizzare un impasto composto da 1 parte di grassello di calce e 0,5 parti di calce idraulica naturale NHL 2 esente da sali solubili; la parte di calce idraulica potrà essere sostituita anche con del cemento bianco. Gli impasti potranno essere caricati con metacaolino o con sabbia silicea vagliata e lavata a granulometria fine (diametro di circa 0,10-0,30 mm per un 40%, di 0,50-1,00 mm per un 60%). La malta dovrà essere facilmente spalmabile in modo da poter definire con precisione l'unione dei lembi, a tale riguardo, per facilitare l'operazione, sarà opportuno ricorrere all'uso di strumenti da stuccatore come, ad esempio, spatolini metallici a foglia di olivo. Prima dell'applicazione della stuccatura la muratura interessata dall'intervento dovrà essere adeguatamente preparata, ovvero dovrà essere pulita, si dovranno rimuovere eventuali sali solubili e fissare i conci sconnessi. In presenza di macchie di umidità, prima di applicare il salvabordo dovrà essere eliminata la causa ed atteso che la parete sia ben asciutta.

6. Trattamento lacune di intonaco

Il distacco d'intere porzioni (o di più strati tecnici) d'intonaco dalle superfici parietali implicherà delle evidenti discontinuità sull'apparecchio murario e l'inevitabile messa a nudo di parti di muratura che, in questo modo, si troveranno esposte all'aggressione degli agenti atmosferici; l'acqua, infatti, potrà penetrare facilmente all'interno della struttura veicolando agenti inquinanti che favoriranno l'insorgenza di degradi in superficie ed in profondità. Al fine di ovviare a quest'inconveniente, si potrà intervenire proteggendo le porzioni scoperte del muro, ripristinando la parte d'intonaco mancante.

6.1. Rappezzo di intonaco

Previa un'attenta valutazione del reale stato conservativo del supporto, il rappezzo d'intonaco dovrà relazionarsi sia all'intonaco ancora presente sulla superficie sia alla natura della muratura garantendo, per entrambi, un'efficace adesione, l'affinità fisico/chimica e meccanica. Il rappezzo dovrà essere realizzato con un intonaco compatibile con il supporto e similare a quello esistente per spessore (numero di strati), composizione e traspirabilità; i coefficienti di dilatazione termica e di resistenza meccanica dovranno essere similari a quelli dei materiali esistenti così da poter garantire lo stesso comportamento alle diverse sollecitazioni (pioggia battente, vapore, umidità ecc.). La formulazione della malta per realizzare il nuovo intonaco dovrà presentare le caratteristiche tecnologiche dell'intonaco rimasto sulla superficie ovvero, dall'analisi della rimanenza si dovranno dedurre le varie stratificazioni, i diversi componenti e in che modo siano stati combinati tra loro: rapporto aggregato-legante, granulometria inerte e il tipo di legante. Prima di procedere con il rappezzo la superficie dovrà essere preparata; la muratura interessata dall'intervento dovrà essere sufficientemente asciutta (esente da fenomeni d'umidità), scabra (mediante picchiettatura, bocciardatura ecc.) e pulita (priva di sali e/o patine; al riguardo si rimanda agli articoli specifici inerenti le puliture) in modo da consentire la totale aderenza della nuova malta al supporto, dopodiché si eseguirà l'inumidimento della muratura tramite pennello imbevuto d'acqua, o mediante l'uso di un semplice nebulizzatore manuale (contrariamente una parete asciutta potrebbe assorbire esageratamente l'acqua presente nell'impasto provocando un eccessivo ritiro della malta). Al fine di garantire la corretta realizzazione dell'impasto dovranno essere presi degli accorgimenti sul modo di dosare e amalgamare i diversi componenti.

La preparazione della malta, se avverrà in cantiere, dovrà essere fatta in contenitori puliti privi di residui di sostanze che potrebbero alterare la natura dell'impasto, facendo cura di dosare sapientemente la quantità d'acqua (sarà consigliabile iniziare l'impasto con circa 2/3 della quantità d'acqua necessaria aggiungendo, durante le fasi di lavorazione, la parte rimanente) onde evitare la formazione di impasti o troppo fluidi o poco lavorabili; lo scopo dovrà essere quello di ottenere una consistenza tale da garantire la capacità di adesione fino all'avvenuta presa sul supporto (la malta dovrà scivolare dalla cazzuola senza lasciare traccia di calce sulla lama); il dosaggio degli ingredienti dovrà essere fatto con estrema cura e precisione evitando, dove è possibile, metodi di misurazione troppo approssimativi (pala o badile) in modo da riuscire ad ottenere formulati aventi le caratteristiche indicate e richieste da progetto; la quantificazione in cantiere potrà avvenire prendendo come riferimento un'unità di volume identificata in un contenitore facilmente reperibile in sito (secchi e/o carriole). Il secchio da murature corrisponde a circa 12 l (0,012 m³) mentre una carriola avrà una capacità di circa 60 l, circa cinque secchi, (0,060 m³). L'impasto potrà essere eseguito a mano lavorando i componenti su di un tavolato (non sul terreno), o ricorrendo ad attrezzature meccaniche quali piccole betoniere o impastatrici.

Compiuta la pulitura, e se necessario il consolidamento, dei margini del vecchio intonaco si procederà all'applicazione sulla parete del rappezzo seguendo i diversi strati indicati da progetto; previa bagnatura del muro, verrà applicato il rinzaffo (in malta morbida con aggregati a grana grossa 1,5-5 mm) in modo tale da penetrare bene negli interstizi dell'apparecchio a presa avvenuta, previa bagnatura della superficie, si procederà alla stesura dell'arriccio, tramite cazzuola, in strati successivi (1-1,5 cm) fino a raggiungere lo spessore indicato da progetto utilizzando una malta composta da aggregati medi (0,5-1,5 mm); l'ultimo strato di arriccio verrà pareggiato e frattazzato. La finitura, verrà applicata con frattazzo in strati sottili lisciati con frattazzini di spugna, leggermente imbevuti di acqua. In presenza di spessori considerevoli (tra i 6-8 cm) sarà consigliabile realizzare una rincocciatura (per maggiori dettagli si rimanda all'articolo specifico) della cavità con malta idraulica (calce idraulica naturale NHL 3,5 e scaglie di laterizio rapporto legante-inerte 1:3). Particolare attenzione dovrà essere fatta nella messa in opera in prossimità delle zone d'unione tra le due superfici, poiché la loro corretta esecuzione potrà evitare l'insorgenza di punti di discontinuità, a tale riguardo sarà consigliabile rifinire i lembi con spatolini da stuccatore in modo da garantire una maggiore precisione nella rifinitura. L'applicazione del nuovo intonaco dovrà essere fatta con i valori della temperatura esterna tra i 5 °C e i 30 °C; la malta dovrà essere accuratamente compressa all'interno della lacuna al fine di ottenere delle buone caratteristiche meccaniche, inoltre tra la posa dei vari strati dovranno intercorrere dei tempi d'attesa (relazionati alle diverse tipologie di malte) durante i quali le superfici dovranno essere bagnate. La presenza del rappezzo sulla superficie muraria se specificato dagli elaborati di progetto potrà non mimetizzarsi con la preesistenza così da tutelare le diverse stratificazioni storiche; a tale riguardo i rappezzi esterni potranno essere rilevabili diversificando la lavorazione dello strato di finitura (ad esempio passando una spazzola di saggina a presa iniziata quando è ancora lavorabile), utilizzando granulometria di inerti leggermente differenti o dipingendolo con una tonalità di colore più chiara o più scura (a discrezione del progettista) mentre, per quanto riguarda i rappezzi interni (meno soggetti all'azione degradante), oltre alle soluzioni sopra citate, si potrà decidere di arretrare lo spessore del rappezzo di pochi millimetri rispetto allo spessore del vecchio intonaco.

Specifiche

Nel caso in cui il rappezzo presentasse un'ampiezza considerevole, sarà opportuno predisporre, sopra il primo strato di rinzaffo, delle idonee guide al fine di controllare lo spessore e la planarità dell'intonaco. Tali guide potranno essere messe in opera come segue: si fisseranno alla parete dei piccoli conci di laterizio (allineati verticalmente distanziati di circa 50-100 cm) utilizzando la stessa malta dell'intonaco per uno spessore corrispondente a quello definitivo indicato da progetto, tra i conci verticali verrà eseguita una striscia di malta (la stessa realizzata per l'intonaco), tirata a piombo. È buona norma, al fine di consentire la corretta lavorazione della superficie, che l'interasse delle guide sia 40-50 cm inferiore rispetto alla lunghezza della staggia disponibile in cantiere. Le fasce così realizzate costituiranno il dispositivo di controllo dello spessore dell'intonaco.

Al fine di ridurre il rischio di cavillature sarà conveniente seguire delle accortezze: non utilizzare malta con elevato dosaggio di legante (malta grassa) che dovrebbe, in ogni caso essere decrescente dallo strato di rinzaffo a quello di finitura, così come dovrebbe essere la resistenza a compressione; applicare la malta per strati successivi sempre più sottili con aggregati a granulometria più minuta partendo dagli strati più profondi fino ad arrivare a quelli più superficiali.

Rappezzo di intonaco di calce (aerea e idraulica)

La malta di calce aerea, largamente utilizzata in passato per intonacare le pareti esterne, si componeva principalmente di calce spenta, sabbia e terre colorate; il legante era lo stesso per i diversi strati, ciò che variava era la quantità e la dimensione degli inerti (più grandi per gli strati interni più piccoli per quelli esterni). Il rappezzo d'intonaco con questo tipo di malta dovrà essere eseguito con particolare cura tenendo conto dei fattori vincolanti per il risultato finale come i lunghi tempi d'attesa fra le diverse fasi della posa e la necessità di irrorare costantemente la superficie onde evitare di "bruciare" l'impasto con conseguente diminuzione delle caratteristiche di resistenza e di durabilità; durante il processo di presa, infatti, la perdita d'acqua dovrà essere graduale; il quantitativo d'acqua dovrà essere relazionato ai singoli casi specifici poiché l'asciugatura più o meno veloce dipenderà da diversi fattori tra i quali: l'umidità atmosferica, il sole battente e la velocità del vento. Considerata la difficoltà della messa in opera si potrà realizzare un rappezzo limitando la malta di calce aerea (sia grassello di calce sia calce idrata) allo strato finale, mentre per i primi strati aggiungere all'impasto una quantità di legante idraulico (calce idraulica naturale NHL o in alternativa calce idraulica naturale con aggiunta di materiali pozzolanici fino ad un massimo del 20% NHL-Z) in modo da poter accorciare i tempi d'attesa fra le diverse fasi operative. Previa preparazione del supporto come indicato nell'articolo inerente il rappezzo di intonaco, si procederà alla posa del primo strato di rinzaffo che potrà essere composto da 2 parti di grassello di calce; 1 parte di calce idraulica naturale NHL 5 e 9 parti di sabbione (in alternativa si potranno sostituire 3 parti di sabbione con altrettante di cocciopesto o pozzolana) lasciando la superficie a ruvido, dopo aver atteso almeno tre giorni (durante i quali la superficie verrà costantemente bagnata); previa bagnatura del supporto si stenderà lo strato di arriccio (ad es. 4 parti di grassello di calce; 1 parte di calce idraulica naturale NHL 3,5; 10 parti di sabbia vagliata) in eventuali strati successivi (di spessore non superiore a 1-1,5 cm per singolo strato) fino al raggiungimento dello spessore indicato da progetto. L'ultimo strato verrà staggiato superficialmente portando il profilo dell'intonaco al giusto livello aiutandosi con le fasce di guida; si dovrà provvedere alla frattazzatura così da uniformare la planarità e le superfici dovranno risultare piane ma allo stesso tempo scabre per consentire alla finitura di aderire bene (per maggiori dettagli sulle finiture si rimanda a quanto detto negli articoli specifici).

Specifiche

Sarà opportuno ricordare che i rappezzi di sola malta di calce aerea idrata in polvere saranno poco confacenti per superfici esterne poiché poco resistenti nel tempo all'aggressione degli agenti atmosferici (poco resistenti alle sollecitazioni meccaniche e spiccata propensione all'assorbimento capillare d'acqua); si consiglierà pertanto di limitare l'intervento, dove sarà consentito, alle superfici interne. Nella preparazione delle malte con grassello di calce, il grassello dovrà essere anticipatamente stemperato (in pari volumi d'acqua) così da ottenere una densità tale da mantenere limitatamente le forme, in ogni caso tale da non essere autolivellante in superficie; ottenuto il latte di calce, sempre mescolando, verrà aggiunto l'inerte scelto. In caso di malte bastarde con grassello e calce idraulica quest'ultima dovrà essere mescolata precedentemente all'impasto con l'inerte.

Per quanto concerne le malte idrauliche dovranno essere utilizzate entro le 2 ore in estate (3 ore in inverno) dall'aggiunta dell'acqua.

Ad operazione conclusa sarà possibile porre in risalto l'aggregato, tamponando la superficie con spugne ed acqua deionizzata o sfregando la superficie con pasta abrasiva, rimossa in un secondo tempo con spugna bagnata.

Rappezzo di intonaco civile

Per rappezzo d'intonaco civile s'intende un intonaco steso in due strati; il primo costituisce il fondo ed il secondo lo strato di finitura. Questo tipo di rappezzo è di facile e rapida esecuzione; risulterà particolarmente adatto per colmare lacune poco profonde (considerato il suo spessore limitato intorno ai 1,5-2 cm), principalmente su cortine murarie in laterizio, in edifici di poco pregio. Se non diversamente indicato dagli elaborati di progetto si potrà utilizzare come intonaco di fondo un impasto costituito da: 1 parte di calce idraulica; 0,10 parti di cemento bianco e 2,5 parti di sabbione (granulometria 1,5 parti di 1,5-3 mm più 1 parte di 0,5-1,2 mm), mentre per lo strato a finire 1 parte di calce idraulica e 2 parti di sabbia fine (granulometria 0,5-0,8 mm). L'applicazione sulla superficie seguirà le procedure elencate nell'articolo inerente il rappezzo d'intonaco; previa bagnatura della parete verrà applicato lo strato di fondo dopodiché, a presa avvenuta, si procederà con la stesura dello strato di finitura tramite cazzuola americana o sparviero; la superficie verrà successivamente rifinita con frattazzo in legno o di spugna secondo la finitura desiderata.

Rappezzo di intonaco colorato in pasta

Questo tipo di rappezzo consiste nella realizzazione di uno strato di finitura in malta di calce aerea e sabbie fini e selezionate (pigmentate con terre naturali o pietre macinate) su di un intonaco di calce idraulica. Previa preparazione del supporto come indicato nell'articolo inerente il rappezzo d'intonaco, si procederà alla preparazione degli impasti e alla conseguente messa in opera, previa bagnatura del supporto, dello strato di rinzaffo (se necessario) e di arriccio formulati se, non diversamente indicato dagli elaborati di progetto, come segue: il rinzaffo con una malta costituita da 1 parte di calce idraulica naturale NHL 5 e 3 parti di sabbia a grana grossa (1,5-5 mm); mentre l'arriccio con una malta composta da 1 parte di calce idraulica naturale NHL 3,5 e 2 parti di sabbia a grana media (0,5-1,5 mm). L'arriccio verrà successivamente frattazzato. Lo strato di finitura pigmentato sarà realizzato con una malta morbida; se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto si potrà utilizzare un impasto così composto: 5 parti di grassello di calce; 1 parte di calce idraulica naturale NHL 2; 12 parti di aggregato a grana fine (0,1-0,8 mm) con l'aggiunta di terre colorate e pigmenti (massimo 5% di pigmenti minerali ricavati dalla macinazione di pietre o 10% di terre). La finitura (per uno spessore massimo di 4-5 mm) verrà applicata, previa bagnatura dell'arriccio, mediante l'uso di frattazzi metallici in spessori sottili, dopodiché si procederà alla lisciatura con frattazzini di spugna leggermente imbevuti d'acqua così da ottenere una ruvidezza uniforme.

6.2. Finiture superficiali

La finitura, così come da definizione, costituisce l'ultimo strato dell'intonaco; realizzata in spessori ridotti si ottiene utilizzando impasti con miscele selezionate di materiali vagliati accuratamente e messi in opera seguendo diverse tecniche, a seconda dell'effetto finale desiderato; a tale riguardo importante è la tipologia e la granulometria dell'inerte prescelto visto che a questo elemento si lega la consistenza e soprattutto l'aspetto della finitura stessa (liscia o rugosa).

Marmorino

L'intonaco a marmorino può essere considerato uno degli intonaci più pregevoli del passato, composto in antico da uno spesso strato di malta a base di calce aerea e cocciopesto (con rapporto inerte-legante 2:1 ed 1 parte d'acqua) e da un secondo strato formato da 1 parte di calce; 1,5 di polvere di marmo e 0,7 parti di acqua; l'effetto marmoreo delle superfici si otteneva con olio di lino, sapone o cera applicati con un panno morbido e strofinati. Attualmente, quando si dovrà realizzare una finitura a marmorino si potrà ricorrere all'uso di grassello di calce, calce idrata, polveri di marmo, aggregati selezionati a granulometria finissima (esenti da sostanze organiche), terre colorate naturali, pietre macinate e lattice acrilico come additivo. Se non diversamente indicato dagli elaborati di progetto si potrà utilizzare un impasto costituito da 2 parti di grassello di calce; 0,50 parti di calce idraulica naturale; 2 parti di polvere di marmo; 1 parte di sabbia eventualmente additivata con pigmenti e terre naturali (massimo 5%); in alternativa si potrà utilizzare un composto costituito da 1 parte di grassello; 0,5 parti di calce

idraulica naturale NHL 2; 0,5 parti di cemento bianco; 4 parti di polvere di marmo (granulometria impalpabile di colorazione prescelta dalla D.L.). Prima di procedere con l'applicazione della finitura occorrerà verificare la corretta realizzazione dello strato d'arriccio (tenendo presente che la messa in opera del marmorino dovrà essere fatta entro tre mesi dalla sua avvenuta esecuzione) e l'assenza di eventuali anomalie (fessurazioni, elementi contaminanti come polveri, assenza di patine, efflorescenze ecc.).

La preparazione dell'impasto potrà essere realizzata a mano o con l'ausilio di impastatrici; all'interno di contenitori puliti verrà introdotto l'aggregato, il legante, i pigmenti e l'acqua (nel caso s'impasti manualmente si aggiungeranno prima 2/3 della quantità di acqua necessaria e poi la parte rimanente) e s'impasterà fino a che il composto non risulterà uniforme. L'acqua per l'impasto dovrà essere limpida, priva di materie organiche e terrose; gli additivi, se richiesti da progetto, verranno aggiunti diversamente a seconda se saranno liquidi o in polvere; nel primo caso dovranno essere miscelati insieme all'acqua d'impasto mentre, se in polvere s'introdurranno nell'impastatrice tra la sabbia e il legante. L'applicazione dello strato di finitura a marmorino dovrà essere fatto con una temperatura esterna compresa tra i +5 °C e i +35 °C; previa bagnatura del supporto verrà applicato in strati sottilissimi (2-3 mm), con l'ausilio di cazzuole metalliche, per successive rasature, dopodiché la superficie verrà levigata e compattata con forza tramite rasiere metalliche allo scopo di ottenere superfici lisce. Nei casi in cui le indicazioni di progetto richiederanno una superficie particolarmente lucida, impermeabile ed allo stesso tempo traspirante si potrà applicare, a pennello, un composto untuoso formato da sapone di Marsiglia neutro disciolto in acqua (1 parte di sapone, 10 parti d'acqua tiepida); passato il tempo necessario affinché la saponatura si sia asciugata, mostrandosi opaca e bianchiccia (circa 1-2 ore), sulla parete andrà passato energicamente un panno di lana o tampone di ovatta al fine di ottenere la cosiddetta lucentezza a specchio; in alternativa la parete potrà essere lisciata energicamente con frattazzo metallico.

Intonachino o colla

La finitura ad intonachino verrà applicata su di uno strato d'intonaco, realizzato con calce aerea od idraulica naturale, non lavorato (lasciato a rustico); l'impasto, che si comporrà di grassello di calce (in alternativa si potrà utilizzare una malta imbastardita con una porzione di calce idraulica naturale NHL 2 con un rapporto grassello-calce idraulica 5:1) ed inerte la cui granulometria dipenderà dall'effetto finale desiderato (fine o rustico); il rapporto legante-inerte potrà variare da 1:2 (se si utilizzerà una malta bastarda) a 1:1 e lo spessore non dovrà essere superiore a 3 mm. L'intonachino verrà applicato mediante spatola americana in acciaio in uno o più strati, secondo il grado di finitura che si desideri ottenere e in riferimento alle specifiche di progetto. Il risultato dell'operazione dipenderà molto dall'applicazione dell'inerte, per questo la messa in opera sarà preferibile eseguirla quando il supporto d'intonaco si presenterà ancora sufficientemente fresco in modo tale che l'inerte possa ben aderire. La temperatura d'applicazione potrà oscillare tra i +10 °C e i +30 °C.

INTONACHINO FINE

La finitura ad intonachino fine si otterrà mediante l'uso di un impasto con inerti a granulometria compresa tra i 0,4-0,8 mm (ad es. 0,40-0,60 mm per un 55%, di 0,6-0,8 mm per il restante 45%) applicati in due strati successivi, applicando il secondo strato ad asciugatura del primo avvenuta. L'ultimo strato verrà lavorato a frattazzo (di spugna o di legno secondo la finitura desiderata) prima della completa asciugatura.

INTONACHINO RUSTICO

La finitura ad intonachino rustica, si otterrà mediante l'uso di un impasto con inerti di granulometria compresa tra i 0,6-1,2 mm (ad es. 0,6-0,8 mm per un 15%, di 8-10 mm per un 30% e di 1,00-1,20 mm per il restante 55%); l'effetto finale sarà in grado di mascherare eventuali fessurazioni presenti nell'intonaco oltre a respingere l'assorbimento dell'acqua proteggendo così la parete. La messa in opera dell'impasto potrà essere realizzata, se non diversamente specificato da progetto, anche in un solo strato da frattazzare prima del completo essiccamento, mediante spatola di plastica o con frattazzo di spugna.

7. Integrazione cromatica

Lo scopo dell'integrazione cromatica sarà quello di colmare le lacune esistenti nella pellicola pittorica che ricoprirà l'intonaco, in modo tale da ripristinare la continuità cromatica e, allo stesso tempo, ristabilire la funzione protettiva propria dello strato pittorico. Prima di procedere al ripristino il supporto dovrà, necessariamente, essere preparato mediante pulitura (ricorrendo alle tecniche in riferimento al tipo di deposito da rimuovere) e successivo consolidamento (o eventuale preconsolidamento laddove si renderà necessario). Sul supporto così preparato si procederà all'integrazione cromatica rispettando la tipologia di tinteggiatura presente sulla parete. I prodotti che si potranno utilizzare, sempre in relazione alla preesistenza, potranno essere: pitture (la pellicola risulterà prevalentemente coprente), vernici (la pellicola anche se colorata risulterà trasparente) e tinte (non formeranno pellicola). Le tecniche pittoriche che più frequentemente si potranno rintracciare sulle superfici intonacate saranno: tinteggiatura alla calce, pittura alla tempera e pitture a base di silicati (per maggiori dettagli si rimanda agli articoli specifici).

8. Integrazione di stucchi e modanature

La procedura si pone lo scopo di consolidare e/o ricostruire le modanature di pietre artificiali (ad es. cornicione di gronda o cornice marcapiano, profilo di archi ecc.) e di finti elementi architettonici (elemento di bugnato, paraste ecc.) presenti sull'apparecchio murario.

8.1. Integrazione cornici

L'intervento tenderà a ricostruire elementi architettonici con presenza di modanature allorché la loro condizione estremamente degradata non permetta il recupero mediante semplice integrazione-stuccatura.

Operazioni preliminari

La procedura operativa prevedrà, previa accurata asportazione sia di materiale incoerente (polveri e detriti) sia d'eventuali materiali d'alterazione (croste nere, pellicole, efflorescenze saline ecc.) un'eventuale regolarizzazione dei bordi della lacuna e l'asportazione, con l'ausilio di mazzetta e scalpello, delle parti disancorate o fortemente degradate al fine di produrre una superficie scabra che faciliti il successivo ancoraggio dei materiali aggiuntivi. Nel caso di cornici o modanature in genere di malta di calce o cemento con presenza di armature metalliche interne, oramai ossidate o scoperte, si renderà necessario (previa spazzolatura a "metallo bianco" dei ferri a vista) un primo trattamento, al fine di fermare i fenomeni degradanti, con idonea boiacca passivante anticarbonatante, reoplastica-pennellabile realizzando uno strato continuo di almeno 1 mm (caratteristiche minime: adesione all'armatura > 2,5 N/mm², pH > 12, tempo di lavorabilità a 20 °C e 50% U.R. circa 40-60 min, temperatura limite di applicazione tra +5 °C e +35 °C).

Armatura di sostegno

Ove richiesto da specifiche di progetto o indicazioni della D.L., si procederà alla messa in opera di un'armatura di sostegno al fine di impedire allo stucco di deformarsi sotto il suo stesso peso proprio o di aderire in modo imperfetto al supporto. Queste armature, seguendo le indicazioni di progetto, potranno essere di vario tipo in ragione delle dimensioni e della complessità delle modanature da restaurare. In presenza di mancanze di modeste dimensioni sarà sufficiente armare con chiodi inossidabili (minimo □ 4 mm) a testa larga o perni costituiti da barrette filettate in acciaio inossidabile, preferibilmente di tipo austenitico, della serie AISI 300L (314 o 316) che presenterà anche buone doti di piegabilità (□ variabile dai 3 ai 6 mm) inseriti in perfori (con diametro e lunghezza leggermente superiori), e successivamente sigillati. La disposizione dei perni sarà, di norma, eseguita a distanza regolare (così da poter sostenere eventuali elementi in laterizio costituenti il corpo della cornice) in ragione del tipo di volume da ricostruire in alternativa si potrà adottare una disposizione a quinconce, in tal modo si favorirà l'eventuale messa in opera di un reticolo di sostegno costituito unendo gli elementi con filo di ferro zincato ovvero d'ottone. Dietro specifica indicazione della D.L. si potranno installare perni con l'estremità libera piegata ad uncino o con altra sagoma specifica. In ogni caso le barrette dovranno avere una luce libera pari ad un sotto livello di 1 o 2 cm rispetto alla superficie finale.

In presenza di volumi di notevole aggetto si potrà ricorrere ad armature "multiple" ovverosia una prima armatura di lunghezza sufficiente a sostenere solo la parte più retrostante; una volta che questo livello sia indurito si provvederà ad armare il livello successivo fino ad arrivare allo spessore desiderato. Per il primo livello d'armatura, se non diversamente specificato dalla D.L., si utilizzeranno elementi in laterizio (mattoni, tavelline, tozzetti ecc.) allettati con malta di calce idraulica; questi elementi dovranno preventivamente essere saturati d'acqua così da evitare eventuali sottrazioni di liquido all'impasto. L'esecuzione di supporti in laterizio sarà da adottare specialmente in presenza di cornici con base geometrica, all'intonaco sarà, in seguito, demandato il compito di raccordare le volumetrie di base e di creare le eventuali varianti. In alternativa si potranno utilizzare anche altre tecniche d'armatura come quella di predisporre un supporto costituito da listelli e tavolette di legno (di spessore sottile ad es. 5x25 mm) ben stagionato con funzione di centina di sostegno. Con questa seconda tecnica si potranno ottenere grandi cornicioni leggeri, economici e di facile quanto rapida esecuzione.

Malta da ripristino

L'integrazione potrà essere seguita con un impasto a base di calce idraulica, grassello di calce o, nel caso di elementi interni, di gesso, con l'eventuale aggiunta di resine acriliche (al fine di migliorare l'adesività della malta) e cariche di inerti selezionati di granulometria compatibile con il materiale da integrare (ad es. 1 parte grassello di calce; 3 parti calce idraulica naturale NHL 2; 10 parti di sabbia lavata e vagliata; 0,4 parti resina acrilica in emulsione; rapporto legante-inerte 1:2,5). In alternativa a questo tipo di malta si potrà utilizzare un impasto a base di polimeri sintetici, preferibilmente acrilici (buone caratteristiche agli agenti atmosferici, incolori e trasparenti anche in massa e scarsa tendenza all'ingiallimento) caricati con detriti e/o polveri della pietra dell'elemento originario (rapporto legante-inerte 1:2). Entrambi le tipologie d'impasto potranno essere additivate con pigmenti minerali al fine di avvicinarsi maggiormente come grana e colore al materiale originario (per maggiori specifiche sulla composizione di malta da stuccatura si rimanda agli articoli specifici). La reintegrazione andrà eseguita per strati successivi, analogamente al procedimento utilizzato per le stuccature, nel caso d'utilizzo d'impasto a base di resina acrilica, sarà consigliabile applicare strati di modeste dimensioni (massimo 10-15 mm) così da favorire la catalizzazione della resina. In presenza di notevoli sezioni da reintegrare potrà rivelarsi vantaggioso eseguire lo strato di fondo con un impasto formato da calce e cocciopesto con granulometria media (1,5-5 mm) (ad es. 3 parti di grassello di calce, 1 parte di calce idraulica naturale NHL 2; 8 parti di sabbia lavata e vagliata, 4 parti di cocciopesto; rapporto legante-inerte 1:3). Questo impasto permetterà di applicare strati spessi (massimo 30-40 mm) contenendo la manifestazione di fessurazioni (fermo restando la bagnatura diretta o indiretta, servendosi di teli umidi, delle superfici per più volte al giorno per la durata di una settimana).

Modellazione con modine

Al fine di ricostruire le modanature delle cornici sarà necessario preparare preventivamente una sagoma in metallo (lamiera di alluminio o zinco di 3-4 mm; saranno da evitare il ferro o il ferro zincato in quanto di difficile lavorabilità) che dovrà riprodurre in negativo il profilo della cornice da ripristinare. Sarà, inoltre, necessario applicare al di sopra e al di sotto della cornice (ovvero ai due lati se la cornice sarà verticale) una guida preferibilmente in legno duro dove far scorrere, a più riprese il modine (il movimento dovrà essere deciso e sicuro tale da non compromettere con sviluppi anomali il risultato finale). In alternativa si potranno utilizzare delle sagome libere (ad es. per la realizzazione di cornici a porte e finestre) che prenderanno come riferimento spigoli e/o rientranze precedentemente realizzati. In ogni caso la modellazione della malta con le sagome dovrà, necessariamente, essere eseguita solo quando questa cominci a far presa ma sia ancora modellabile. La sagoma dovrà essere tenuta sempre pulita recuperando la malta in abbondanza e pulendo accuratamente il profilo della lamina.

Per ripristinare cornici in stucco o in gesso di particolare complessità potrà essere vantaggioso predisporre due sagome: una per il fondo grezzo (di alcuni millimetri più piccola rispetto al disegno finale) l'altra (con dimensioni definitive) per lo strato di finitura. In ogni caso, per realizzare un cornicione di notevoli dimensioni, sarà sempre consigliabile operare in più passaggi (almeno 4 o 5) piuttosto che in uno solo, per cantieri di lavoro che non dovranno superare i 2-2,5 m di lunghezza.

Modellazione con strumenti da muratore

In alternativa alla modine, per cornici realizzate in cotto, si potrà sagomare la sezione anche con l'ausilio della sola cazzuola: si stuccheranno da prima i giunti portandoli alla quota della superficie del laterizio, in seguito si stenderà a finitura un sottile strato d'intonaco. La lavorazione con la cazzuola seppure più lenta presenterà il vantaggio di poter operare anche in situazioni particolari come, ad esempio, quando il fondo in muratura risulterà talmente irregolare o compromesso tanto da essere impossibile impiegare sagome rigide, bacchette o frattazzi. Questi ultimi strumenti si riveleranno molto utili allorché si intervenga su una cornice con parziali lacune e si riesca a modanare la superficie utilizzando le tracce rimaste.

Specifiche

Al fine di riportare esattamente il disegno della modanatura sulla sagoma sarà necessario eseguire un calco in gesso o in resina sintetica il cui negativo verrà tagliato lungo una sezione trasversale e utilizzato per riprodurre l'esatto profilo.

8.2. Integrazione bugne di facciata ed anteridi

L'intervento tenderà a ricostruire finti elementi architettonici come bozze di bugnato, paraste ecc. presenti sull'apparecchio murario allorché il loro stato di conservazione non permetterà più il recupero mediante semplice integrazione-stuccatura (per maggiori dettagli si rimanda agli articoli specifici).

La procedura seguirà quella enunciata nell'articolo sul ripristino di cornici, ad eccezione di qualche precisazione dovuta alla natura stessa degli elementi oggetto di intervento. La malta da ripristino sarà, prevalentemente, (se non diversamente prescritto dagli elaborati di progetto) a base di calce, gli eventuali leganti sintetici dovranno avere, esclusivamente, una funzione di additivi. La modellazione avverrà per ogni singola bozza mediante l'uso di due sagome libere munite di supporto ligneo da far scorrere una in senso orizzontale da destra verso sinistra, l'altra in senso verticale dal basso verso l'alto.

La malta dovrà inevitabilmente essere messa in opera su superficie scabra da ricavare, a seconda delle prescrizioni di progetto, mediante leggere striature del supporto, bocciardatura oppure mediante delle vere e proprie armature di sostegno costituite da reti di acciaio inossidabile a maglia stretta o in polipropilene. Nel caso di ricostruzione totale di bozza con aggetto di notevoli dimensioni sarà consigliabile eseguire un supporto, da ancorare alla parete, con l'ausilio di elementi in cotto allettati con malta di calce idraulica, sarà però necessario che questi elementi siano preventivamente saturati d'acqua così da evitare eventuali sottrazioni di liquido all'impasto.

9. Integrazione, ripristino pavimentazioni

L'intervento di ripristino delle pavimentazioni dovrà, necessariamente, essere preceduto dalle analisi, non invasive, dei fenomeni che hanno provocato patologie di degrado dei materiali oggetto di intervento; pertanto prima di intervenire con i diversi sistemi di stuccatura o protezione sarà appropriato procedere asportando le eventuali sostanze inquinanti (efflorescenze saline, crescite microorganiche, concrezioni ecc.) o più generalmente con un trattamento di pulitura, sgrassatura o deceratura utilizzando la tecnica che si riterrà più idonea al singolo caso, in ragione del tipo di pavimento, del suo stato di conservazione, della natura delle sostanze degradanti e dei risultati delle analisi di laboratorio (per maggiori dettagli sulle tecniche di puliture si rimanda alle procedure specifiche).

Nel caso in cui l'integrazione sia rivolta a fratture ovvero piccole cavità, il protocollo seguirà le procedure indicate per gli elementi lapidei o per quelli lignei ad eccezione di qualche precisazione dovuta alla natura della mancanza (piccola entità sia in termini di estensione sia di profondità). La stuccatura sarà eseguita con materiali in pasta costituiti da un legante di tipo inorganico (ad es. calce idraulica naturale) o, più di frequente, organico (ad es. polimeri sintetici come le resine acriliche) e da una carica (polvere di legno, caolino, argilla finissima, polvere di marmo ecc.) in ragione del supporto (cotto, pietra, legno ecc.) oggetto d'intervento; se espressamente richiesto dagli elaborati di progetto questi impasti potranno essere additivati (ad es.

cariche di gluconato di sodio, pigmenti colorati ecc.) al fine di esaltare ad esempio le caratteristiche di presa, fluidità, antiritiro, resistenza meccanica ecc. (per maggiori dettagli sugli impasti si rimanda a quanto detto agli articoli precedenti).

Previo eventuale sgrassamento delle superfici si applicherà la pasta, della consistenza voluta, sulle parti mancanti adoperando piccole spatole metalliche o bacchette di legno esercitando una modesta pressione al fine di otturare la cavità, in caso di fessure più profonde si potranno eseguire più strati di materiale intervallati tra loro con un tempo di attesa necessario per l'essiccazione. In questo caso, inoltre, si renderà vantaggioso, ai fini di un corretto aggrappaggio tra gli strati, graffiare la superficie di quello sottostante, prima del suo indurimento.

Al fine di eludere il fenomeno del ritiro e di permettere le eventuali successive operazioni di arrotatura, levigatura e lucidatura (soprattutto in presenza di pavimenti in cotto, marmo, marmette colorate in pasta) sarà consigliabile impiegare una quantità di stucco moderatamente eccedente il volume da riempire.

Integrazione con nuovi elementi

In caso di elementi non più solidali con il sottofondo (parti mobili o totalmente distaccate) la procedura prevedrà, solo se espressamente indicato dagli elaborati di progetto, il loro cauto smontaggio e la loro pulitura (per le procedure operative riguardanti lo smontaggio del pavimento si rimanda a quanto prescritto nell'articolo specifico) con spazzole di saggina, scopinetti, piccole spatole, tamponi imbevuti di sostanze detergenti o altra tecnica ritenuta idonea dalla D.L.; in seguito si procederà alla riposa in opera definitiva che dovrà essere eseguita con malta di allettamento il più possibile simile a quella originale. In presenza di vaste zone d'intervento si renderà necessaria la rimozione degli elementi fino all'intera asportazione del massetto costituente il sottofondo. Il nuovo massetto (a base di calce idraulica naturale NHL 5 e sabbione in rapporto 1:2) dovrà essere lasciato stagionare per il tempo necessario (almeno 7 giorni); le eventuali lesioni che dovessero manifestarsi andranno riempite con boiacca di calce idraulica. Si procederà, successivamente, alla posa in opera degli elementi recuperati (ovvero dei nuovi elementi se questi non potranno essere recuperati) con un letto di malta di calce idraulica (a consistenza plastica) di adeguato spessore (di norma 2 cm, comunque uguale a quello asportato) disteso sul sottofondo; gli elementi saranno collocati uno alla volta, accostati tra loro mediante appositi distanziatori al fine di creare le fughe desiderate (minimo 0,5 massimo 5 mm). Si premerà, infine, su ogni elemento (battendo gli angoli con il martello di gomma o con il manico di legno della mazzetta) facendo refluire la malta e, allo stesso tempo, in modo da posizionarlo ad una quota leggermente superiore al piano finito così da compensare l'abbassamento dovuto al naturale ritiro della malta. A distanza di 2-4 ore (in ragione delle condizioni ambientali) dal termine della posa, le superfici pavimentate dovranno essere bagnate al fine di garantire una stagionatura ottimale della malta di appoggio. Per la stuccatura delle fughe sarà consigliabile utilizzare una boiacca liquida così da essere capace di penetrare agevolmente nelle fessure, inoltre si renderà necessario ripetere l'operazione 2/3 volte, a distanza di almeno 8 ore una dall'altra. Ultimata la stuccatura e passate 4-6 ore, sarà necessario bagnare il pavimento posato. La boiacca utilizzata per la stuccatura delle fughe sarà composta seguendo le disposizioni di progetto o indicazioni della D.L., in mancanza di queste si potrà comporre un impasto a base di cemento bianco pigmentato con ossidi colorati (massimo 10%) con l'eventuale aggiunta di lattice acrilico al fine di conferire un minimo di elasticità allo stucco; sarà consigliabile effettuare delle prove al fine di individuare la giusta tonalità della stuccatura in modo che il colore delle fessure riempite si mimetizzi con quello degli elementi adiacenti.

Specifiche

In linea generale si dovrà evitare l'inserimento di nuovi elementi, cercando di riutilizzare quelli originali, se questo non dovesse essere possibile (causa mancanze, eccessivi degradi ecc.) sarà opportuno utilizzare, per le eventuali parziali sostituzioni, materiali e tecniche di lavorazione similari a quelle originali ma al contempo, se specificatamente indicato dagli elaborati di progetto, dovranno attestare la "modernità", in modo da distinguersi.

Nel caso di utilizzo di pietra da taglio, questa dovrà presentare la forma e le dimensioni indicate negli elaborati di progetto ed essere lavorata, secondo le prescrizioni che verranno impartite dalla D.L. all'atto dell'esecuzione, nei seguenti modi:

- a grana grossa: (spuntato grosso, medio o fine secondo il tipo di subbia utilizzata) si intenderà quella lavorata semplicemente "alla punta", ottenuta mediante mazzetta e scalpello a punta detto Subbia o punta; questo tipo di lavorazione sarà, generalmente, eseguita a mano (su spessori di almeno 4 cm) pertanto si rivelerà un'operazione onerosa ma di particolare effetto, la cui resa finale sarà accentuata dal risalto conferito al carattere del litotipo; (in alternativa si potrà operare con l'ausilio di microscalpelli elettrici);
- ordinaria: (spuntato alla martellina a tre denti) lavorazione simile alla precedente ma eseguita con l'ausilio di martellina a denti larghi, anche questo tipo di lavorazione si eseguirà su spessori minimi di 4 cm;
- a grana mezza fina: (a martellina mezza fina, a bocciarda grossa, a bocciarda media, gradinato medio, gradinato fine) lavorazione eseguita tradizionalmente a mano su spessori minimi di 3 cm con utensili per urto tipo le martelline a 6 denti allineati, polka, bocciarde (da 9 e 16 punti) e scalpelli (a penna, raschino, gradina a penna dentata, calcagnolo, ferrotondo ecc.); essendo una lavorazione molto onerosa, oggi, sovente si ricorre all'utilizzo degli stessi strumenti ma di tipo pneumatico (ad es. microscalpelli elettrici), in alternativa, per la lavorazione su vaste aree, si può ricorrere a macchine automatiche. Questo tipo di lavorazione sarà indubbiamente il più utilizzato per i rivestimenti e per le pavimentazioni esterne;
- a grana fina: (a bocciarda fine, scalpellato medio, scalpellato fine) lavorazione simile alla precedente (spessore minimo di lavorazione 3 cm), ma eseguita con strumenti più fini (ad es. bocciarde da 24 o 36 punti, scalpelli minuti od unghietti).

In tutte le lavorazioni, esclusa quella a grana grossa, le facce esterne di ciascun concio della pietra da taglio dovranno avere gli spigoli vivi e ben cesellati affinché le connessioni fra i conci non superino la larghezza di 5 mm per la pietra a grana ordinaria e di 3 mm per le altre. Qualunque sia il grado di lavorazione delle facce a vista, i letti di posa e le facce adiacenti dovranno essere ridotti a perfetto piano e lavorate a grana fina. Non dovranno essere presenti né smussature agli spigoli né cavità nelle facce o stuccature in malta.

Nel caso di arrotatura, levigatura e lucidatura di pavimenti in marmette (elementi di pasta cementizia colorata o impasto di graniglia, polvere di marmo e cemento fino alla dimensione di 250x250 mm spessore minimo 25 mm), o marmettoni (elementi di impasto con scaglie di marmo, polvere di marmo e cemento fino alla dimensione di 500x500 mm spessore minimo 35 mm), si dovrà porre particolare attenzione allo spessore dello strato superficiale al fine di evitarne la completa asportazione, con la conseguente esposizione dello strato di supporto grigio in malta cementizia.

ARROTATURA E LEVIGATURA

Avvenuta la presa della malta delle stuccature (in ogni caso non prima di 20 giorni) le superfici pavimentate subiranno una prima sgrossatura con idonea macchina (manettone). La fase di arrotatura-levigatura consterà di più passaggi successivi della macchina, la cui opera raffinatrice sarà realizzata da apposite mole abrasive che agiranno in presenza di acqua; le mole utilizzate per i primi passaggi (arrotatura) saranno del tipo a grana grossa 60-120 (1/60 di mm identifica il diametro dell'abrasivo nell'impasto delle mole) ed avranno lo scopo di rendere uniforme il piano trasformandolo in un'unica lastra piana. Il fango di risulta dovrà essere opportunamente rimosso ed il pavimento dovrà essere accuratamente lavato cosicché sulla superficie non rimanga alcuna traccia di melma. Al fine di togliere eventuali rigature, lasciate dalla prima molatura, dovrà essere spalmato sul pavimento uno strato di boiacca convenientemente colorata con le percentuali di pigmenti scelti. Passato il tempo necessario all'indurimento della boiacca si passerà alla levigatura meccanica mediante l'utilizzo di appropriate mole di grana media (220-600) fino ad arrivare a grane fini (600-800); dove la macchina levigatrice non potrà operare, cioè negli angoli, o sotto ostacoli come lavelli, sanitari o radiatori, sarà consigliabile ricorrere a idonei frullini manuali muniti di idoneo distributore di acqua (al fine di evitare "bruciature" delle marmette). Nel caso di posa in opera di battiscopa, o rivestimenti in genere, sarà consigliabile la posa in opera dopo aver eseguito alcune passate di arrotatura così da aver costituito un perfetto piano di posa.

LUCIDATURA

Previa eliminazione delle rigature si procederà alla fase di lucidatura eseguita mediante un feltro localizzato sotto la macchina e l'uso d'acido ossalico. In questa fase si effettuerà la piombatura del pavimento che sarà eseguita grazie all'azione di due fogli di piombo inseriti in modo incrociato al di sotto del feltro; i fogli ruoteranno sull'interfaccia del pavimento ed il calore creato dall'attrito favorirà il distacco di residui di piombo dai dischi che andranno ad occludere i pori presenti sulle marmette. A lucidatura eseguita sarà consigliabile lavare con acqua e detergente neutro più volte la superficie al fine di rimuovere eventuali velature biancastre create dalla lucidatura.

9.1. Integrazioni, ripristino pavimentazioni in battuto

La procedura volta ad integrare le lacune o ripristinare porzioni degradate più o meno estese richiederà tecniche e metodologie molto simili a quelle utilizzate per la messa in opera di una pavimentazione *ex novo*. In ogni caso, per tutte le tipologie di pavimento incluse in questa categoria, sarà necessario effettuare delle operazioni preliminari ovverosia:

- individuazione ed analisi (qualità e percentuale) dei granuli e degli eventuali pigmenti presenti nel pavimento originale, così da avere una mistura dei diversi aggregati del tutto simile a quella originale;
- eventuale taglio dei bordi della lacuna o della zona degradata, con l'ausilio di martello da taglio;
- pulitura accurata dei detriti di demolizione e delle polveri (si veda la procedura specifica sulla demolizione di pavimenti) e successiva stuccatura dei bordi del taglio, con malta di calce, al fine di evitare sgretolature.

Battuti alla veneziana

Con il termine battuto sono raggruppate due tipologie leggermente differenti di pavimentazioni: il terrazzo a base d'impasti di calce e graniglie di marmo e il cosiddetto pastellone, caratterizzato, oltre che dall'uso di calce, da cariche d'aggregato a base di pezzame (con granulometrie variabili) di cocciopesto e di rottami di pietra.

La procedura del terrazzo alla veneziana prevedrà la preparazione, sul piano di posa, di un sottofondo magro (rapporto legante-inerte 1:4) composto ad esempio da 1 parte di calce spenta; 2 parti di calce idraulica naturale NHL 5; 9 parti di rottami di laterizi scelti e 3 parti di pietrisco (granulometria 8-12 mm). La stesura del sottofondo (per uno spessore di circa 10-20 cm) avrà inizio con la formazione di guide lungo i muri perimetrali o i bordi dei grandi rappezzi; dopo la stesura con cazzuola questo dovrà essere ben battuto (mediante mazzapicchio, battipalo o pestello meccanico) e rullato (mediante rulli cilindrici del peso di almeno 80-100 kg); sia la battitura che la rullatura dovranno essere eseguite secondo direzioni incrociate al fine di omogeneizzare la superficie e in modo da poter controllare l'azione di costipatura (la verifica dello spessore e della planarità sarà eseguita mediate l'utilizzo di stadie e livelle appoggiate sulle guide perimetrali). Queste operazioni andranno ripetute più volte fino a quando l'acqua dell'impasto avrà cessato di spurgare. Al di sopra di questo strato verrà steso un

coprifondo (coperta) dello spessore di 2-4 cm composto da un impasto di grassello di calce, polvere grossa di laterizi (granulometria 1,2-3 mm) ed, eventualmente, una minima quantità di sabbia grossa lavata solo per dare struttura (rapporto legante-inerte 1:3). La stesura della coperta avverrà mediante l'ausilio di staggia e livella accertandosi che lo spessore sia uniforme e non si verifichino infossamenti o pendenze non desiderate, dovrà coprire i tasti di presa ed essere ad una quota sopra il livello finito così da compensare l'abbassamento dovuto alla battitura e rullatura successiva; all'interno di questo strato e solo dietro specifica indicazione di progetto potrà essere inserita in fase di stesura una rete zincata a maglie strette (massimo 20x20 mm) posizionata secondo parere della D.L., comunque di norma a mezza quota su tasti di presa a circa 1-2 cm.

Lo strato di stabilitura, destinato a ricevere la semina della graniglia di marmo, avrà lo spessore di 1-1,5 cm, sarà costituito da un impasto grasso e plastico a base di calce spenta e polveri di marmo (fine e grossa) in rapporto di 1:1. Sulla stabilitura si eseguirà, a mano la semina della graniglia partendo dalle scaglie più grosse fino ad arrivare a quelle più minute seguendo le indicazioni di progetto e soprattutto la granulometria della pavimentazione originale (la granulometria della graniglia sarà variabile da 5 a 40 mm in ragione del tipo di pavimento su cui sarà eseguito l'intervento di ripristino se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto si potrà utilizzare 2 parti di graniglia 20-25 mm e 1,5 parte di graniglia 4-7 mm). Alla semina dovranno seguire la rullatura e la battitura con mazzapicchio e staffa o "ferro da battere" (sorta di grande cazzuola di ferro, del peso di circa 5 kg, costituita da un lungo manico collegato ad una specie di spatola pesante lunga circa 80 cm) al fine di far penetrare le scaglie nella malta, ovverosia per far compattare l'impasto malta-granulato e per livellare la superficie del battuto. A stagionatura avviata ma non ancora terminata il pavimento dovrà essere levigato a mano in più riprese (orsatura), fino ad ottenere il livello voluto; ultimata questa operazione il pavimento dovrà essere lasciato stagionare per almeno 30-40 giorni. A stagionatura avvenuta si potrà stuccare il pavimento con lo scopo di eliminare le piccole cavità o le imperfezioni del getto; la stuccatura potrà essere eseguita con una miscela di calcio idrato e olio di lino cotto, con eventuali aggiunte di pigmenti colorati (massimo 5-10%); passata una settimana si potrà operare l'ultima levigatura ed il trattamento finale di lucidatura, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, potrà essere eseguito con più passate di olio di lino crudo diluito al 95%, 85%, 70% con solvente tipo essenza di trementina fino ad impregnare il pavimento in profondità. Quando l'olio sarà bene assorbito si potrà passare allo strato di protezione mediante trattamento con cera naturale o sintetica mediante stracci di juta.

Il pastellone avrà in comune con il terrazzo solo il sottofondo, la sottile coperta dello spessore di circa 1-2 cm sarà costituita da un impasto composto da 1 parte di grassello di calce; 2,5 parti di polvere grossa di coccio; 0,5 parti di pietra (rapporto legante-inerte 1:3) che dovrà essere adeguatamente battuto e stagionato. La stesura finale, eseguita con spatola e lavorata con cazzuolino, sarà costituita da una pasta composta da calce e cocciopesto vagliato e lavato (al fine di eliminare la polvere impalpabile e la pezzatura troppo grossa) in rapporto di 1:1, per le prime due mani e da polvere di cocciopesto fine (granulometria 0-1,2 mm) e terre coloranti (rosso cinabro, terra vermiglia, terra di Siena, terre d'ombra ecc.) per la terza ed ultima mano. Il trattamento finale prevederà la levigatura con carta abrasiva a grana fine e la lucidatura ad olio di lino eseguita con stracci di juta.

Specifiche

In entrambi i casi sarà sconsigliato l'uso di levigatrice meccanica in quanto questa, oltre a far perdere la compattezza e il naturale colore al terrazzo o al pastellone, sovente danneggia irrimediabilmente il vecchio legante che sotto l'azione della macchina si debilita e si sgretola; pertanto l'uso di macchinari per le operazioni di arrotatura, levigatura e lucidatura saranno ammessi solo dietro specifiche indicazioni di progetto e comunque consigliate solo nei casi di rifacimenti ex novo di tutta la superficie pavimentata.

Il battuto di terrazzo potrà anche essere costituito da un sottofondo composto da un impasto quasi asciutto di cemento e rottami vagliati di cotto (rapporto legante-inerte 1:4), talvolta gli aggregati sono composti da argilla espansa o vermiculite al fine di ottenere un cls leggero in ragione di 200 kg di cemento per metro cubo di impasto. Il coprifondo (coperta), dello spessore di 2-4 cm, sarà composto di polvere grossa di mattone e cemento, in ragione di 300 kg per metro cubo di polvere, mentre la stabilitura (di almeno 1-1,5 cm di spessore) sarà eseguita con impasto secco di cemento e graniglia di marmo sottile in ragione volumetrica di due parti di graniglia e tre parti di cemento, con l'eventuale aggiunta di terre colorate. Seguiranno le operazioni di semina della graniglia (con granulometria richiesta dagli elaborati di progetto) e la bagnatura, al fine di ottenere una malta plastica che consenta, con l'aiuto del rullo, la penetrazione e l'inglobamento delle scaglie lapidee. La rullatura e la battitura verranno seguite contemporaneamente alla bagnatura con lo scopo di amalgamare il granulato nella malta cementizia e di livellare il piano finito. La levigatura finale sarà eseguita a macchina impiegando abrasivi progressivamente a grana grossa, media, fine e finissima.

Battuto di graniglia

Previa esecuzione delle operazioni preliminari si procederà a stendere sul piano di posa (costituito da un massetto a base di calce idraulica e sabbione, rapporto legante-inerte 1:4) uno strato di conglomerato di calce idraulica naturale NHL 5 avente lo spessore di circa 3 cm (o quanto sarà necessario al fine di arrivare ad un sottolivello del piano finito di circa 2,5-3 cm) successivamente costipato mediante battitura con mazzeranghe. Sul conglomerato ancora umido, dovrà essere disteso uno strato di malta grassa di calce idraulica naturale NHL 5 o cemento bianco con graniglia di marmo di granulometria e tipo selezionata come da progetto (in ogni caso dovrà corrispondere al pavimento originale ed essere priva di impurità) per uno spessore di circa 2 cm ed un ulteriore strato di cemento bianco misto a microgranuglia selezionata, lavata e depolverizzata,

polvere di marmo, dello spessore di 5 mm, lisciato e mantenuto umido per i primi 7 giorni. Il trattamento finale prevedrà arrotatura, levigatura e lucidatura a piombo.

10. Integrazione di porzioni murarie

L'operazione di integrazione di porzioni di murature potrà rendersi necessaria in situazioni dove l'apparecchio murario risulti particolarmente degradato o lacunoso di elementi componenti tanto da rendere la struttura muraria a rischio di conservazione. Le integrazioni potranno riguardare murature o strutture murarie incomplete, interrotte o da consolidare (in questo caso si parla di operazione di "scuci e cuci"), che in ogni caso porranno problemi di connessione con le porzioni preesistenti.

In linea di massima la procedura si identificherà come un vero e proprio intervento costruttivo che, confrontandosi con il manufatto preesistente dovrà valutare di volta in volta le relazioni tra le parti ovvero, la messa in opera di elementi analoghi o meno per forma, dimensione, tecnica di lavorazione e posa in opera rispetto a quelli "originali" (o meglio preesistenti). Tutto questo non dipenderà esclusivamente da ragioni di tipo tecnico-costruttivo ma, piuttosto, da precisi intenti progettuali, primo dei quali il rispetto o meno verso l'autenticità, la riconoscibilità e la distinguibilità dell'intervento ex novo.

I fattori che potranno indirizzare le scelte di progetto saranno principalmente i materiali, le forme, le dimensioni e le lavorazioni degli elementi scelti per l'integrazione, i tipi di apparecchiatura e le tipologie di posa in opera; le casistiche possibili saranno svariate, le più ricorrenti possono essere individuate in:

– integrazione con elementi di materiale, forma, dimensione, tipo di lavorazione uguali a quelli dell'apparecchio preesistente e con lo stesso tipo di apparecchiatura (integrazione mimetica);
– integrazione con elementi di materiale, forma, dimensione, tipo di lavorazione uguali a quelli dell'apparecchio preesistente ma apparecchiati in modo differente rispetto a quelli dei tratti limitrofi;
– integrazione con elementi di materiale uguale a quelli dell'apparecchio preesistente ma con forma, dimensione, tipo di lavorazione differenti rispetto a quelli dei tratti limitrofi e posti in opera con apparecchiature analoghe o differenti rispetto a quelle delle porzioni confinanti;
– integrazione con elementi di materiale, forma, dimensione uguali a quelli dell'apparecchio preesistente, ma diversi per il tipo di lavorazione e posti in opera con apparecchiature analoghe o differenti rispetto a quelle dei tratti limitrofi;
– integrazione con elementi di forma, dimensione, tipo di lavorazione uguali a quelli dell'apparecchio preesistente ma di materiale diverso (di norma più resistente o di colore differente) posti in opera con apparecchiature analoghe o differenti rispetto a quelle dei tratti limitrofi;
– integrazione eseguita con elementi di dimensione uguale a quelli dell'apparecchio preesistente ma di materiale diverso e di forma opposta a quella preesistente.

In linea generale la procedura operativa di integrazione dovrà seguire le fasi sotto elencate.

Operazioni preliminari

Accurato rilievo in scala adeguata (minimo 1:25) dello stato di fatto dell'apparecchio murario con tecnica e strumentazione indicata dalla D.L., se non diversamente specificato si eseguirà un rilievo fotogrammetrico, analitico o digitale esteso non soltanto, alla porzione della muratura da integrare ma a tutta la sezione oggetto di integrazione. Se non diversamente specificato dalla D.L. si procederà, inoltre, alla redazione di rilievo in scala 1:1 delle sole porzioni di murature da integrare. Le informazioni ricavate dalla suddetta analisi dovranno servire a definire la qualità, le forme e i modi di posa in opera dei nuovi elementi. Questi elaborati costituiranno la base per la "progettazione" dell'integrazione, sarà, pertanto, utile elaborare delle simulazioni con diverse soluzioni progettuali al fine di verificare meglio le scelte operate.

Nel caso in cui le operazioni di rilievo manuale e/o strumentale non fossero sufficienti ad apprendere tutti i dati necessari (specialmente informazioni riguardanti le sezioni interne dell'organismo murario) potranno essere eseguiti eventuali accertamenti diagnostici (indagini endoscopiche, termografiche ecc.) specifici da scegliersi in accordo con la D.L.

Previa messa in sicurezza della struttura con idonee opere provvisionali, sarà possibile procedere alla rimozione degli elementi particolarmente sconnessi e/o decoesi. La rimozione dovrà avvenire per cantieri successivi di limitata entità dall'alto verso il basso così da non arrecare ulteriore stress all'organismo murario. Successivamente a questa fase di rimozione sarà necessario operare una pulitura generalizzata dei piani di appoggio e di connessione dei nuovi conci. La pulitura, se non diversamente specificato, avverrà mediante strumenti meccanici (quali ad es. spazzole, scopinetti eventuali piccoli aspiratori) o eventualmente blande puliture ad acqua facendo attenzione a non arrecare danno ai materiali preesistenti (per ulteriori specifiche inerenti le metodologie di pulitura si rimanda a quanto detto negli articoli specifici).

Messa in opera dei nuovi elementi

La vera messa in opera degli elementi dovrà essere preceduta dalla "presentazione", ovvero la sistemazione provvisoria degli elementi nuovi nella sede prevista, al fine di verificare l'accettabilità della loro forma e l'effettiva realizzabilità dell'intervento, oppure dalla "presentazione" di un campione tipo di integrazione (ad es. nel caso di integrazione di apparecchio in opus reticulatum con un altrettanto opus reticulatum ma convesso e realizzato in malta). Per agevolare l'operazione di

“presentazione” del primo caso si potrà far uso di zeppe o liste di legno per appoggiare provvisoriamente gli elementi nella loro sede.

Nel caso di integrazioni murarie con nuovi elementi lapidei la messa in opera degli stessi avverrà previa preparazione dei letti con malta di calce preferibilmente simile per composizione a quella presente in situ, eventualmente additivata per migliorarne l’aderenza o diminuirne il ritiro. Dietro specifica indicazione della D.L. si provvederà all’inserimento di eventuali perni (ad es. barre filettate) o zanche in acciaio inox al fine di migliorare la connessione tra i nuovi elementi.

Dopo la messa in opera degli elementi di integrazione, nel caso di un paramento a faccia vista, si dovrà eseguire la finitura e la stillatura dei giunti soprattutto in prossimità dei bordi d’unione tra il vecchio e il nuovo al fine di evitare, proprio in questi punti delicati, discontinuità strutturali.

11. Rincocciatura di murature

La rincocciatura è un’operazione che interessa la ricostruzione di mancanze o lacune murarie (generate ad esempio da crolli o distruzioni), nella massa e nel volume, tramite l’inserimento di nuovi materiali compatibili con quelli presenti allo scopo di ripristinare la continuità della parete. Potrà limitarsi al paramento esterno od interessare la muratura, per tutto il suo spessore; questo ultimo caso si differenzia dall’integrazione muraria poiché coinvolge porzioni limitate di muratura e, dallo scuci e cuci perché non prevede la rimozione delle parti di muratura degradate. L’operazione di rincocciatura si renderà necessaria, inoltre, per evitare il progredire e/o l’insorgenza dei fenomeni di degrado (infiltrazioni d’acque meteoriche, di radici infestanti ecc.) che potranno attecchire all’interno della lacuna. Il compito strutturale dell’intervento potrà essere più o meno incisivo secondo i singoli casi; se la rincocciatura dovrà assolvere un ruolo di sostegno i materiali utilizzati dovranno avere delle caratteristiche di resistenza meccanica a compressione tale da garantire la stabilità della struttura (sarà opportuno a tale riguardo ricorrere a materiali compatibili e similari, per natura e dimensioni, a quelli originali), se invece si tratterà di colmare un vuoto si potranno utilizzare materiali come: frammenti di mattone, scaglie di pietra ecc. Se richiesto dalle specifiche di progetto, nei casi di strutture a rischio di crollo, prima di procedere con l’intervento, si dovranno mettere in opera dei sostegni provvisionali circoscritti alla porzione che dovrà essere ripristinata; dalla cavità dovranno essere rimosse tutte le parti incoerenti o eccessivamente degradate tramite l’utilizzo di mezzi manuali (martelli o punte) facendo cura di non sollecitare troppo la struttura evitando di provocare ulteriori danni.

All’interno della lacuna, se indicato dagli elaborati di progetto, potranno essere realizzate delle forature per l’inserimento di perni e connettori necessari per facilitare e, allo stesso tempo, garantire l’efficace ancoraggio dei nuovi elementi (per maggiori delucidazioni sulla tipologia dei perni si rimanda agli articoli inerenti: stuccatura elementi in laterizio e fissaggio e riadesione elementi sconnessi e distaccati). La cavità dovrà poi essere pulita ricorrendo a mezzi manuali come spazzole, raschietti o aspiratori in modo da rimuovere i detriti polverulenti e grossolani (nel caso sia necessario ricorrere ad un tipo di pulitura che preveda l’uso di acqua, l’intervento dovrà attenersi alle indicazioni specificate negli articoli inerenti la pulitura a base di acqua). La posa in opera dei nuovi materiali dipenderà dal tipo di rincocciatura che s’intenderà realizzare (se limitata al paramento esterno oppure estesa in profondità) e dalla relativa tecnica utilizzata; in ogni modo sarà sempre buona norma ricorrere a materiali affini agli originali in modo da evitare l’insorgenza d’incompatibilità fisico-chimiche. La malta di connessione dovrà essere similare a quella presente sul paramento murario per rapporto legante-inerte e granolumetria dell’inerte; se non diversamente specificato da progetto, si potrà ricorrere all’uso di una malta di calce (rapporto legante-inerte 1:3) così composta: 2 parti di calce aerea; 1 parte di calce idraulica; 9 parti di inerte (4 parti di cocciopesto, 5 parti di sabbia vagliata). Dopo la messa in opera del materiale di risarcitura, nel caso di un paramento a faccia vista, si dovrà eseguire la finitura e la stilatura dei giunti soprattutto in prossimità dei bordi d’unione tra il vecchio e il nuovo al fine di evitare, proprio in questi punti delicati, discontinuità strutturali.

Se specificatamente indicato dagli elaborati di progetto l’intervento di rincocciatura, potrà essere denunciato realizzando la nuova porzione di muratura in leggero sottosquadro o soprasquadro, tenendo presente però che la non complanarietà delle due superfici costituirà una zona facile da degradarsi.

12. Tassellatura

L’intervento di tassellatura ha lo scopo di integrare mancanze generate da diversi fenomeni (rimozioni eseguite a causa di degrado avanzato, distacchi generati da azioni meccaniche ecc.) utilizzando materiali compatibili (meglio se di recupero) similari per consistenza e colore al supporto. L’operazione riguarderà in particolare, il ripristino di porzioni di paramenti decorativi quali: modanature, cornici, riquadrature di porte e finestre, fasce marcapiano ecc. Il tassello posto in opera dovrà riprodurre con esattezza la parte asportata o mancante; a sbozzatura avvenuta, previa pulitura della cavità, dovrà essere inserito ed adattato in modo da garantire la continuità superficiale tra la parte nuova e quella vecchia. L’adesione di tasselli di piccole dimensioni potrà essere realizzata, oltre che con l’ausilio di resine epossidiche, con una malta di calce idraulica naturale NHL 5 additivata con emulsioni acriliche (per migliorare l’adesività) caricata con carbonato di calcio od altro aggregato di granulometria fine (ad es. cocciopesto, pozzolana ecc.). Nei casi, invece, in cui l’intervento presenti delle dimensioni considerevoli e il tassello risulti particolarmente aggettante si potrà ricorrere all’uso di sostegni interni come perni in acciaio inossidabile o zincato (□□variabile da 4 a 10 mm) Fe B 44 K ad aderenza migliorata o barrette filettate in acciaio inossidabile AISI 316L (in caso di elementi non sottoposti a particolari sollecitazione meccaniche si potrà ricorrere a barre in vetroresina), saldati con l’ausilio di resine epossidiche bicomponenti ed esenti da solventi; l’impasto, steso con l’ausilio di piccole spatole, dovrà presentare un grado di tissotropicità o fluidità idoneo alla dimensione e caratteristiche degli elementi da

far riaderire (per maggiori dettagli si rimanda all'articolo sul fissaggio ed adesione degli elementi sconnessi e distaccati). Per tassellature in ambienti interni si potranno utilizzare, oltre alle resine epossidiche, anche le resine poliestere. I fori d'inserimento dei perni, eseguiti con trapano a sola rotazione, potranno essere, secondo i casi specifici, passanti o ciechi; le fessure in corrispondenza dell'unione del tassello andranno stuccate con polvere dello stesso materiale, legato con resine sintetiche (acriliche o elastomeri florurati) o calce naturale.

13. Malte da restauro

Malte da stuccatura o da ripristino (integrazioni, rappezzi ecc.) ovverosia impasti costituiti da un legante (calce aerea, calce idraulica naturale, cemento bianco) e da acqua, oppure da un legante, da acqua e da un inerte (sabbia, pietra macinata, polvere di marmo, cocciopesto, pozzolana ecc.) in rapporto variabile, da 1:3 a 1:1, secondo le prescrizioni di progetto ovvero a seconda delle caratteristiche che si vogliono conferire alla malta (maggiore resistenza, maggiore lavorabilità). In linea generale le malte da utilizzare per le procedure di restauro dovranno essere confezionate in maniera analoga a quelle esistenti, per questo motivo saranno necessarie una serie di analisi fisico-chimiche, quantitative e qualitative sulle malte esistenti, in modo da calibrare in maniera ideale le composizioni dei nuovi agglomerati.

La malta dovrà presentarsi più o meno fluida a seconda dell'uso specifico e a seconda della natura dei materiali da collegare, in linea generale è buona norma che l'acqua utilizzata sia quella strettamente necessaria per ottenere un impasto omogeneo. L'impasto delle malte, eseguito con idonei mezzi meccanici o manualmente (da preferire per impasti di modesta quantità ma molto specifici) dovrà risultare omogeneo e di tinta uniforme. I vari componenti, con l'esclusione di quelli forniti in sacchi di peso determinato, dovranno essere ad ogni impasto misurati preferibilmente sia in peso che a volume. Nel caso in cui la malta preveda l'uso di grassello di calce, questo dovrà essere "stemperato" e ridotto in pasta omogenea prima di incorporarvi l'inerte; nel caso in cui si preveda un impasto con più leganti, sarà necessario impastare precedentemente i leganti tra loro e solo successivamente aggiungere gli aggregati, dando tra questi, la precedenza a quelli di granulometria più minuta.

La malta potrà essere eventualmente caricata da pigmenti o terre coloranti (massimo 5% di pigmenti minerali ricavati dalla macinazione di pietre o 10% di terre) e/o da additivi di vario genere (fluidificanti, aeranti ecc.). Nel caso in cui il pigmento dovesse essere costituito da pietra macinata o da polvere di cocciopesto, questo potrà sostituire parzialmente o interamente l'inerte.

Se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto o dalla D.L. gli impasti impiegati in operazioni di restauro dovranno possedere le seguenti caratteristiche:

– presentare un'ottima compatibilità chimico-fisica sia con il supporto sia con le parti limitrofe. La compatibilità si manifesterà attraverso il coefficiente di dilatazione, la resistenza meccanica e lo stato fisico dell'impasto (granulometria inerte, tipologia di legante ecc.);
– presentare una resistenza minore degli elementi da collegare così da evitare un'eventuale disomogeneità che potrebbe essere la causa di fessurazioni nelle strutture;
– avere una consistenza tale da favorire l'applicazione;
– aderire alla struttura muraria senza produrre effetto di *slump* e legarsi opportunamente a questa durante la presa;
– essere sufficientemente resistente per far fronte all'erosione, agli inconvenienti di origine meccanica e agli agenti degradanti in genere;
– contenere il più possibile il rischio di cavillature (dovrà essere evitato l'utilizzo di malte troppo grasse);
– opporsi al passaggio dell'acqua, non realizzando un rivestimento di sbarramento completamente impermeabile, ma garantendo al supporto murario la necessaria traspirazione dall'interno all'esterno;
– presentare un aspetto superficiale uniforme in relazione alle tecniche di posa utilizzate.

Specifiche

Gli impasti dovranno essere preparati nella quantità necessaria per l'impiego immediato e, per quanto possibile, in prossimità del lavoro; i residui d'impasto che non avessero per qualche ragione immediato impiego, dovranno essere gettati a rifiuto.

Campi di impiego

Le malte da restauro, a seconda del loro impiego, potranno essere classificate in:

1) malte per restauro di apparecchi murari: ossia allettamento di elementi lapidei, stilatura e/o rabbocatura dei giunti, riempimento dei vuoti o di soluzioni di continuità dell'organismo murario, protezione delle creste dei muri;
2) malte per restauri di intonaci: ossia rappezzi e/o integrazioni di porzioni di intonaco con eventuale, se presente, riproposizione dei diversi strati;
3) malte per applicazione di rivestimenti (musivi e pavimenti ecc.);
4) malte per il restauro di decorazioni: ossia impasti per integrazione di elementi architettonici plastici a rilievo;
5) malte per stuccature e sigillature: ossia impasti per il riempimento di lesioni, fratture, modeste mancanze;
6) malte per iniezione: ossia malte fluide caratterizzate da bassa viscosità applicabili a bassa pressione

attraverso soluzioni di continuità o fori di modeste dimensioni con la finalità di riempire vuoti non superficiali o allo scopo di far aderire tra loro strati diversi.

Le malte da restauro dovranno essere conformi alle prescrizioni dettate dalle Raccomandazioni NorMaL 26/87 “Caratteristiche delle Malte da Restauro” e alle norme UNI 11088:2003, Beni Culturali – Malte storiche e da restauro. Caratterizzazione chimica di una malta. Determinazione del contenuto di aggregato siliceo e di specie solubili, UNI EN 11089:2003 Beni Culturali – Malte storiche e da restauro. Stima della composizione di alcune tipologie di malte; UNI EN 990:2004 “Specifiche per malte per opere murarie – parte 1: malte da intonaco e parte 2: malte da muratura.

ART. 5.2 – OPERAZIONI DI INTEGRAZIONE OPERE MUSIVE

1. Generalità

La procedura che prevede l’integrazione di porzioni mancanti di mosaici, sia parietali che pavimentali, si prefigge l’obiettivo di fermare il deterioramento del rivestimento colmando le mancanze presenti sulla superficie tassellata, ovviando, in questo modo, all’innescarsi di dannosi fenomeni di distacco a catena delle tessere. La diversità tra il ripristino di un mosaico parietale e quello pavimentale risiede, sostanzialmente, nella volontà di recuperare la funzione originale del secondo ovvero, se il mosaico pavimentale dovrà essere di nuovo calpestabile i materiali utilizzati dovranno necessariamente possedere una resistenza meccanica simile a quella delle tessere originali (marmo, resina, materiale lapideo ecc.). Nel caso, invece, di ripristini di mosaici non sollecitati (parietali o mosaici distaccati) si potranno utilizzare anche materiali più semplici da lavorare (gesso o malta di calce). Il ripristino, indipendentemente dalla diversità della risoluzione prescelta, dovrà essere riconoscibile e reversibile. La riconoscibilità potrà essere garantita adottando diversi accorgimenti, tra i quali segni di delimitazione, uso di materiali diversi, o uguali per natura ma diversi per tonalità di colore ecc. L’integrazione della lacuna in mosaici figurati non dovrà riprodurre l’immagine perduta, ad eccezione dei casi in cui esista una documentazione certa e dettagliata o si tratti di riprodurre composizioni geometriche; in ogni caso, anche per tali eccezioni, il ripristino dovrà distinguersi chiaramente dal resto della superficie.

2. Integrazione di opere musive con tessere

Il ripristino della lacuna utilizzando tessere potrà essere realizzato seguendo il metodo diretto per cui le tessere vengono poste una per volta, “a fresco”, così come in origine, seguendo il disegno precedentemente stabilito, oppure ricorrendo al metodo indiretto per cui le parti che dovranno colmare la lacuna sono preparate fuori opera e al rovescio. In entrambi i casi dovrà essere accertata la profondità della lacuna in modo da capire se l’integrazione dovrà essere preceduta dal ripristino degli strati sottostanti (statumen, rudus e nucleus); in questo caso il loro rifacimento dovrà essere realizzato utilizzando materiale in riferimento a quanto desunto dall’analisi della preesistenza, formulando, per questo, composti similari per consistenza e granulometrie; generalmente nei mosaici antichi lo *statumen* si componeva di ciottoli, calce spenta e pozzolana; il *rudus* di pietre spezzate, ghiaia, cocciopesto e calce idraulica (cocciopesto con aggiunta di pozzolana); il *nucleus* di calce spenta, polvere di mattone, polvere di marmo e pozzolana; il *sovranucleus* di calce, polvere di mattone e pozzolana. Il ripristino del nucleus (il massetto che accoglie il tassellato) in mosaici pavimentali potrà essere realizzato, se non diversamente specificato dalla D.L., utilizzando un primo strato di malta a base di calce idraulica naturale (NHL 3,5 di circa 2-3 cm), con eventualmente annegata una rete elettrosaldata in acciaio inox o zincata 50x50 mm ø 3 mm (in alternativa potrà essere utilizzata una rete in polipropilene bi-orientata maglia 27x42 mm), battuto, rullato e lisciato.

Metodo diretto

Delimitata la lacuna da colmare e liberata da eventuali impurità o residui di materiale, si procederà con la stesura di uno strato di malta (sovranucleus, di circa 15 mm) composta da grassello di calce, calce idraulica naturale esente da sali solubili (NHL 2) e sabbia. Su questo strato, seguendo le indicazioni dettate dalla D.L. in riferimento all’analisi dello stato di fatto, si procederà con la messa in opera degli elementi avanzando, se possibile, imitando la presunta sequenza originale; le tessere dovranno essere immerse nella malta per 3/4 dello spessore. L’orientamento e l’andamento delle tessere originali potrà essere ricavato dalle tracce, sovente leggibili, nell’allettamento degli elementi mancanti.

Metodo indiretto

Indicato principalmente per integrazioni di lacune di dimensioni ridotte, consiste nel preparare, a rovescio, le parti di mosaico mancanti. Dopo aver rilevato dimensionalmente la lacuna con estrema precisione, la procedura prevedrà l’incollaggio della faccia superiore della tessera (utilizzando, se non diversamente specificato dalla D.L., una miscela di colla vegetale e vinilica) su di un foglio di carta da spolvero sul quale dovrà essere riportato il rilievo e, se specificato dalla D.L., l’eventuale, schema da riprodurre. La cavità da colmare, precedentemente delimitata e pulita da eventuali impurità o residui di materiale, verrà riempita con della malta di allettamento composta da grassello di calce, calce idraulica naturale esente da sali solubili (NHL 2) e sabbia, dopodiché si metterà in opera la porzione di tassellato preparata capovolgendola ed adagiandola sul letto di malta. L’operazione procede battendo delicatamente le tessere in modo da portarle allo stesso livello della superficie preesistente

dopodiché, a presa avvenuta, dovrà essere asportata la carta ancora presente sull'integrazione bagnando il foglio con acqua e lavando la superficie in modo da asportare eventuali residui di materiale rimasto.

Per entrambe le risoluzioni la riconoscibilità dell'integrazione potrà essere ottenuta in diversi modi, tra i quali:

– integrazione con tessere a tonalità monocroma: prevede la messa in opera di tessere (selezionando il materiale in relazione al tipo di mosaico, parietale o pavimentale) di tonalità neutra (bianche o beige); in alternativa possono essere utilizzate tessere sempre a tonalità neutra ma più scura del fondo preesistente. In questo caso si può anche suggerire il disegno originale poiché, a differenza di una ricostruzione a colori, risulta facilmente individuabile la parte integrata;
– integrazione con tessere di tonalità più chiare rispetto a quelle originali: il metodo è conosciuto anche come "integrazione sottotono". Per adottare tale risoluzione è opportuno ricorrere a materiali di natura diversa da quelli originali visto che è difficile reperire i sottotoni di uno specifico materiale; inoltre, tale procedura è particolarmente adatta con le integrazioni di ridotte dimensioni così da non creare incertezze sull'immediata riconoscibilità tra le porzioni originali e quelle nuove;
– integrazione con tessere differenti da quelle originali per lavorazione o dimensione: la diversità di lavorazione può concretizzarsi in una superficie più liscia, anche se con il tempo tenderà, inevitabilmente, a confondersi con la preesistenza soprattutto se si tratta di mosaici pavimentali. La diversità dimensionale garantisce un'immediata riconoscibilità dell'integrazione ma altera decisamente l'armonia compositiva del tassellato;
– integrazione delimitata perimetralmente: la riconoscibilità dell'integrazione è garantita dall'utilizzo di un profilo di piombo fatto aderire, con una lieve battitura, al perimetro interno della lacuna; in alternativa al piombo possono essere inserite tesserine in vetro trasparente.

3. Integrazione di opere musive mediante impasti

Il ripristino di lacune presenti in opere musive, utilizzando questo tipo di procedura, è adatto anche per superfici calpestabili poiché garantisce il recupero dell'uso originale. La riconoscibilità dell'intervento è, in questo caso, facilmente raggiungibile poiché la natura della nuova superficie, si differenzia sostanzialmente da quella originale. Questo tipo di procedura, diversamente da quella che prevede l'utilizzo di tessere, esclude ogni possibilità di "confondersi" con la preesistenza anche nei casi in cui venga riprodotto il disegno originale. I materiali utilizzabili per compiere tale procedura sono diversi in relazione alle specifiche caratteristiche dell'opera da ripristinare. L'impasto utilizzato potrà essere composto, se non diversamente specificato dalla D.L., da grassello di calce stagionato, e calce idraulica naturale esente da sali solubili e inerte ricavato, preferibilmente, dalla triturazione di materiale della stessa natura di quello presente nel mosaico, in modo da ottenere frammenti di grandezza variabile da 2 a 5 mm oppure, in alternativa, potrà essere utilizzato del cocciopesto. Le proporzioni dell'impasto potranno essere: rapporto legante inerte 1:2 (per un impasto più resistente) o 1:3. Delimitata la lacuna da colmare, liberato il fondo da impurità o residui di materiali e seguite le indicazioni riportate nella procedura di integrazione mediante tessere (inerenti il ripristino degli strati sottostanti al tassellato), si procederà alla messa in opera della malta che dovrà essere battuta fino a raggiungere il medesimo livello della superficie superiore del mosaico; dopodiché l'integrazione dovrà essere costantemente inumidita durante la presa così da evitare la formazione di crettature da ritiro. La superficie potrà essere levigata, ricorrendo all'ausilio di spatole metalliche o frattazzi lignei, ad indurimento avvenuto, spugnata durante la presa così da ottenere una finitura liscia o lasciata scabra. Gli impasti potranno comporsi di: malta di calce e graniglia di pietre uguali alle tessere; malta di calce, graniglia di pietre uguali alle tessere e polvere di pietra macinata come pigmento; malta di calce, graniglia e pezzetti di marmo (sottotono rispetto all'originale). Gli impasti potranno essere lavorati in relazione alla "filosofia" di ripristino perseguita:

– per integrazioni che non prevedono la riproduzione di alcuna raffigurazione si potrà ricorrere ad un impasto di tonalità neutra di calce idraulica, resina acrilica e inerte; la malta (calce spenta e polvere di marmo setacciata finemente) potrà essere modellata a fresco riproducendo l'andamento del tassellato originale; in questo caso la lavorazione potrà essere realizzata o mediante l'utilizzo di stampini in rame, oppure ricorrendo a spatoline; in entrambi i casi si dovrà provvedere a realizzare, e applicare direttamente sul fondo, il disegno (eseguito su carta trasparente) che riporta l'andamento delle tessere da imitare. Le tessere così ottenute potranno essere colorate con acquarello in armonia con le cromie presenti sulla superficie mosaicata. Le "nuove" tessere si distingueranno da quelle preesistenti anche per la loro opacità;
– l'integrazione potrà essere realizzata ricorrendo ad una malta caratterizzata da una tonalità neutra e messa in opera sottosquadro; le linee che caratterizzano la geometria di quanto raffigurato potranno essere indicate utilizzando delle tessere lapidee (di colore bianco o nero) allettate in modo da risultare complanari a quelle originali. La procedura dovrà, necessariamente, comportare la realizzazione di un dettagliato schema delle geometrie da riprodurre, eseguito su carta trasparente direttamente applicato sul fondo, nonché la miscelazione a secco di una quantità abbondante di malta, allo scopo di evitare variazioni cromatiche riconducibili ad impasti preparati in tempi successivi;
– nel caso di integrazioni di considerevoli dimensioni e in presenza di disegni geometrici regolari, potrà essere operato un ripristino che preveda l'incisione della malta (calce idraulica, resina acrilica e inerti), ancora in fase di presa, con strumenti a punta (punteruoli e simili).

ART. 5.3 – OPERAZIONI DI INTEGRAZIONE PITTORICA IN DIPINTI MURARI (AFFRESCHI, GRAFFITI E PITTURE A SECCO)

1. Generalità

Le integrazioni pittoriche delle lacune presenti in dipinti murari (affreschi, graffiti e pitture a secco) dovranno essere realizzate in funzione dell'entità della mancanza e dello stato di conservazione del dipinto stesso. L'intervento dovrà, indipendentemente dalla tecnica prescelta, essere distinguibile dall'originale, reversibile e preceduto da operazioni preventive allo scopo di verificare ed assicurare l'effettiva stabilità del supporto e della superficie dipinta. La superficie interessata dall'intervento dovrà, per questo, essere ispezionata al fine di rintracciare eventuali anomalie come distacchi localizzati di intonaco dal supporto (per la procedura di riadesione dell'intonaco al supporto si veda quanto esplicato nello specifico articolo) o fenomeni di degrado (efflorescenze saline, depositi humiferi, distacco di scaglie, polverizzazione superficiale, patine, sostanze grasse ecc.). Prima di procedere con le operazioni di integrazione la superficie dovrà, inoltre, essere pulita seguendo le indicazioni dettate dalla D.L. (in relazione a quanto enunciato nelle specifiche procedure di pulitura) in modo da poter disporre di riferimenti cromatici non alterati da patologie degenerative o da interventi postumi (ridipinture, interventi recenti di restauro ecc.). Dovranno, inoltre, essere individuate delle aree campione (localizzate in diverse zone del dipinto) così da poter effettuare le specifiche prove che dovranno essere, in seguito, documentate fotograficamente in modo da riuscire a valutare i risultati raggiunti. La fotografia dovrà essere effettuata ravvicinata, sia a quadro verticale sia, per un'ulteriore verifica, a luce radente, inoltre, dovrà essere utilizzata una scheda di riferimento (come la banda Kodak color control) che, posta alla base della campionatura, consentirà la fedele riproducibilità delle cromie. Al fine di garantire un buon risultato finale, dovranno essere utilizzate fotocamere reflex su cui potranno essere montate diapositive o pellicole a colori (100, 64 ASA). Nel caso in cui si tratti di integrazioni realizzate in interni le riprese fotografiche potranno essere agevolate ricorrendo all'uso di luci artificiali (lampade al quarzo con temperatura 3200 °K) posizionate ai margini della campionatura.

L'integrazione pittorica dovrà essere anticipata dalla stuccatura della lacuna, nei casi in cui manchi lo strato di intonaco (se non diversamente indicato dalla D.L., potrà essere eseguita utilizzando calce e aggregati fini come sabbia di fiume setacciata), realizzata in modo da risultare complanare alla superficie dipinta e tale da riproporre, in maniera non mimetica ma distinguibile, l'imprimitura originale dedotta dall'analisi delle caratteristiche dominanti della superficie dipinta. La natura dei colori adatti per ripristinare la continuità cromatica saranno: tempere di calce, colori ad acquarello, pigmenti in polvere stemperati con acqua e legati con caseinato di ammonio in soluzione al 4%.

La selezione della tecnica da utilizzare per ripristinare la lacuna si legherà al tipo di mancanza ovvero: per zone ampie si potrà utilizzare l'astrazione cromatica, per lacune interpretabili si potrà ricorrere alla selezione cromatica, per cadute di colore di limitate dimensioni alla tecnica del tratteggio.

2. Astrazione cromatica

Questa tecnica di integrazione risulterà particolarmente adatta nei casi in cui l'estensione consistente della lacuna non consentirà di dedurre e, quindi realizzare, il collegamento formale della mancanza al dipinto. Le tonalità dei colori (generalmente quattro: giallo, rosso, blu o verde e nero) da utilizzare dovranno essere dedotte dall'analisi delle tonalità predominanti sulla superficie dipinta. L'applicazione dei colori dovrà essere tale da consentirne sempre la loro identificazione, per questo le pennellate dovranno essere stese sfalsate e intrecciate tra loro e applicate con la punta del pennello. La prima stesura di colore (giallo) applicato con piccole pennellate verticali, dovrà essere molto fitta in modo da riuscire a coprire il bianco della stuccatura; il secondo colore (rosso) dovrà essere steso sovrapposto al primo in maniera inclinata; si procederà allo stesso modo con il terzo colore (verde o blu) e il quarto colore (nero).

3. Selezione cromatica

Questa tecnica risulterà particolarmente adatta quando si tratterà di ripristinare lacune pittoriche di limitate dimensioni per cui sarà possibile ripristinare la parte mancante tramite un collegamento cromatico e figurativo realizzato con stesure successive di colore desunto dall'analisi delle cromie originali presenti ai bordi della lacuna. Perché ciò sia fattibile sarà necessario ricavare le componenti che caratterizzano il colore, così da poter ricostruire l'effetto tramite una serie di stesure alternate. L'applicazione di tale tecnica prevedrà l'applicazione alternata del colore partendo da quello più chiaro verso il più scuro per sovrapposizione, facendo attenzione a non coprire totalmente il colore già steso e realizzando piccoli tratti netti tracciati seguendo l'orientamento delle pennellate originali utilizzando pennelli sottili non eccessivamente caricati di colore sulla punta.

4. Tecnica del tratteggio

L'integrazione delle lacune pittoriche mediante questa tecnica prevedrà il ripristino delle parti pittoriche perdute realizzando un tratteggio (utilizzando colori ad acquarello) sottile e visibile grazie al quale risulterà possibile, ove richiesto, collegare figurativamente il nuovo all'originale. Potrà essere opportuno, prima di procedere all'applicazione della tecnica, stendere sulla superficie una velatura di colore uniforme in modo da creare una base cromatica di supporto all'integrazione. I tratti dovranno essere realizzati (orizzontali, verticali od obliqui) in relazione alle forme e ai piani limitrofi alla lacuna e dovranno essere eseguiti con la punta del pennello facendo attenzione a non caricarlo eccessivamente sulla punta, in modo da poter evitare colature di colore; a tale scopo potrà essere opportuno, prima di eseguire il tratto, passare il pennello carico di colore su di una superficie assorbente.

ART. 5.4 – OPERAZIONI DI INTEGRAZIONE, STUCCATURA MATERIALI LIGNEI

La procedura prevedrà il riempimento di fori, fessure ed altre soluzioni di continuità d'elementi lignei appartenenti sia ad unità strutturali (travi, arcarecci, travicelli ecc.) sia a serramenti o elementi secondari (portoni, finestre, scalini ecc.) con stucco steso a spatola e composto con impasti diversi.

Previe eventuali operazioni preliminari di pulitura da eseguire secondo le prescrizioni di progetto (sverniciatura con aria calda, pulitura manuale ecc.) la procedura prevedrà la spolveratura, con un pennello morbido, della fessura e il successivo trattamento con tampone imbevuto d'alcool denaturato al fine di eliminare velocemente l'umidità così da favorire l'adesione dell'impasto prescelto. Passato il tempo necessario (di norma fino ad esaurimento dell'odore di alcool) affinché il supporto sia asciutto, si passerà a riempire il vuoto con lo stucco. Questa operazione potrà avvenire con l'ausilio di piccole spatole o bacchette (od altri strumenti ritenuti idonei) premendo bene e passando più volte in tutte le direzioni, in modo da avere la certezza di una perfetta otturazione del foro. Generalmente lo stucco tenderà, se pur in minima parte, a ritirarsi durante l'essiccazione, pertanto si rivelerà utile applicare una quantità sovrabbondante o, più correttamente, ripetere l'operazione dopo l'essiccazione della parte più profonda. In seguito, dopo l'essiccazione dello strato superficiale di stucco, comunque entro le 12 ore successive, si potrà procedere alla carteggiatura manuale con grana media (120-180) al fine di eliminare l'eccesso di prodotto. Per agevolare la completa essiccazione dell'impasto si potrà trattare la superficie d'intervento con tampone imbevuto d'alcool denaturato. L'operazione di levigatura finale potrà essere facilitata regolando la percentuale del legante degli impasti in modo da avere uno stucco resistente ma allo stesso tempo carteggiabile. Nel caso d'interventi rivolti alla "ricostruzione" di spigoli o porzioni vive, sarà vantaggioso mettere in opera uno stucco più denso con l'aggiunta di colla di coniglio.

Le ricette per confezionare stucchi sono svariate in ragione del tipo di legno e della fessurazione da riempire, in linea generale, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, si potrà utilizzare un impasto composto da un legante inorganico da scegliere tra gesso, colla animale (ad es. di coniglio), cera d'api o da un legante organico (polimero sintetico come, ad es. le resine acriliche) e da un inerte (con funzione di antiritiro e di colorante) costituito da polvere di legno o microfibre. All'interno di questo impasto potranno essere inseriti, in percentuali non superiori al 5%, eventuali pigmenti al fine di avvicinare la tonalità cromatica originale. In alternativa a questo impasto si potrà utilizzare uno stucco a base di gommalacca e cera d'api vergine; dovranno essere fuse delle scaglie di gommalacca regolandone la densità con la cera (un eccesso di gomma lacca potrà causare un effetto perlato sulla superficie trattata) al fine di formare delle bacchette sottili e abbastanza consistenti che dovranno essere scaldate e fatte colare all'interno della fessura con l'aiuto di piccole spatole prescaldate.

Nel caso di stuccature d'elementi strutturali si potranno utilizzare leganti a base di polimeri sintetici (le resine più utilizzate sono quelle epossidiche o poliuretaniche in ragione del tipo di stuccatura da eseguire) opportunamente caricati con polvere di segatura o fillers allo scopo di migliorare la resistenza a compressione e ridurre il volume di resina impiegato, così da contenere lo sviluppo di calore al momento della reazione esotermica. L'impasto dovrà avere una consistenza tissotropica e sarà applicato per eventuali strati successivi con spatola (tempo di presa a 23 °C ca. 6-8 h, tempo d'indurimento completo ca. 5-7 giorni). Le resine utilizzate dovranno essere compatibili con il legno, pertanto dovranno presentare un'elasticità tale da sostenere variazioni dimensionali imposte dagli sbalzi termici e modulo elastico similare a quello del legno (ca. 3000 N/mm²).

Nel caso in cui le dimensioni delle lacune saranno tali da non rendere conveniente operare delle stuccature si dovrà intervenire attraverso la procedura della tasselatura.

ART. 6 – CONSOLIDAMENTI

Premessa metodologica

Gli interventi di consolidamento operati sui materiali lapidei devono essere mossi dalla volontà di ristabilire una continuità, alterata a causa dei diversi fenomeni di degrado tra la parte esterna del materiale e quella più interna, in modo da poter garantire una coesione materica capace di eliminare le differenze fisico-meccaniche che si sono generate tra i vari strati. Le operazione di consolidamento devono, infatti, assicurare l'adesione del materiale danneggiato a quello sano in modo da ristabilire un equilibrio strutturale capace di assicurare un comportamento solidale nei confronti delle diverse sollecitazioni e, allo stesso tempo, permettere di fronteggiare le condizioni al contorno; il fine è quello di ripristinare la resistenza meccanica originale del materiale sano, evitando, per questo, interventi eccessivi che potrebbero alterare la costituzione intrinseca della struttura con effetti, a lungo termine, difficilmente prevedibili.

L'intervento di consolidamento di un apparecchio murario risulta particolarmente complesso poiché, la sua reale efficacia è relazionata alla conoscenza di diversi fattori tra i quali: la natura dei materiali, i cambiamenti riconducibili al naturale invecchiamento della struttura, le diverse patologie di degrado compresenti, lo stato conservativo e le sollecitazioni in atto. Definito il quadro conoscitivo della struttura è importante stabilire se è realmente possibile eliminare le cause che hanno provocato le patologie degeneranti; contrariamente l'intervento di consolidamento non potrà essere considerato risolutivo e duraturo nel tempo. L'analisi puntuale della struttura deve servire al fine di evitare operazioni generalizzate a tutta la

superficie; alle diverse problematiche riscontrate deve corrispondere un intervento specifico opportunamente testato, prima della messa in opera, su appositi provini campioni in *situ* al fine di comprovarne la reale efficacia e, allo stesso tempo, rilevare l'eventuale insorgenza di effetti collaterali.

L'operazione di consolidamento dei materiali lapidei si concretizza impregnando il materiale in profondità, al fine di evitare la formazione di uno strato superficiale resistente sovrapposto ad uno degradato, con sostanze di varia natura (organiche e/o inorganiche) applicate utilizzando diversi strumenti a seconda dei casi specifici (pennelli, spatole, impacchi, siringhe ecc.); la riuscita dell'intervento dipende sia dalla sostanza utilizzata sia dalla sua corretta modalità di applicazione. È opportuno ricordare che la sostanza consolidante deve essere compatibile con la natura del materiale per modulo di elasticità e di dilatazione termica così da non creare traumi interni alla struttura, inoltre deve essere in grado di ostacolare l'aggressione degli agenti patogeni. Il materiale introdotto non deve saturare completamente i pori così da non alterare i valori di permeabilità al vapore propri del materiale.

È buona norma inserire all'interno dei programmi di manutenzione, postumi all'intervento di conservazione, dei controlli periodici mirati alla verifica dell'effettiva validità delle operazioni di consolidamento in moda da poter realizzare il monitoraggio nel tempo e testarne il comportamento.

ART. 6.1 – OPERAZIONI DI CONSOLIDAMENTO DI MATERIALI LAPIDEI

Con il termine "materiale lapideo" dovranno sempre essere intesi (in accordo alle raccomandazioni NorMaL) oltre che i marmi e le pietre propriamente detti, anche gli stucchi, le malte, gli intonaci (affrescati, dipinti a secco, graffiti) ed i prodotti ceramici come laterizi e cotti.

1. Generalità

Le procedure di consolidamento risultano essere sempre operazioni particolarmente delicate, e come tali, necessitano di un attenta analisi dello stato di fatto sia dal punto di vista della conservazione dei materiali sia del quadro fessurativo, così da poter comprendere a fondo e nello specifico la natura del supporto e le cause innescanti le patologie di degrado; in riferimento a queste analisi si effettuerà la scelta dei prodotti e delle metodologie di intervento più idonee; ogni operazione di consolidamento dovrà essere puntuale, mai generalizzata; sarà fatto divieto di effettuare qualsiasi procedura di consolidamento o, più in generale, utilizzare prodotti, anche se prescritti negli elaborati di progetto, senza la preventiva esecuzione di campionature pre-intervento eseguite sotto il controllo della D.L.; ogni campione dovrà, necessariamente, essere catalogato ed etichettato; sull'etichetta dovranno essere riportati la data di esecuzione, il tipo di prodotto e/o le percentuali dell'impasto utilizzato, gli eventuali solventi e di conseguenza il tipo di diluizione o di concentrazione utilizzati, le modalità ed i tempi di applicazione.

Ad operazione eseguita dovrà, sempre, essere verificata l'efficacia, tramite prove e successive analisi, anche con controlli periodici cadenzati nel tempo (operazioni che potranno essere inserite nei programmi di manutenzione periodica post-intervento). I consolidamenti che si potranno realizzare sono diversi:

- **consolidamento coesivo***,* il prodotto consolidante verrà applicato localmente o in modo generalizzato sulla superficie del materiale (consolidamento corticale) per ristabilire la coesione di frazioni degradate con gli strati sani sottostanti: l'obiettivo che si porrà sarà di ristabilire con un nuovo prodotto il legante degradato o scomparso. Le sostanze consolidanti potranno essere leganti dello stesso tipo di quelli contenuti nel materiale (consolidanti inorganici o a base di silicio), oppure sostanze sintetiche (consolidanti organici) estranee alla composizione originaria del materiale ma comunque in grado di migliorarne le caratteristiche fisiche; di norma si realizzerà con impregnazione fino al rifiuto;
- **consolidamento adesivo**, con questo termine s'intenderà un'operazione di "rincollaggio" di rivestimenti distaccati dal loro supporto originale come, ad esempio, un frammento di pietra o uno strato di intonaco per i quali si renderà necessario ristabilire la continuità fra supporto e rivestimento. Questo tipo di consolidamento avverrà tramite iniezioni di malte fluide o resine acriliche in emulsione ovvero, con ponti di pasta adesiva a base di calce idraulica o resina epossidica. Sarà obbligatorio verificare, anche sommariamente, il volume del vuoto da riempire al fine di scegliere la giusta "miscela" da iniettare. Cavità piuttosto ampie dovranno essere riempite con malte dense e corpose; al contrario, modeste cavità necessiteranno di betoncini più fluidi con inerti piuttosto fini.

2. Fissaggio e riadesione di elementi sconnessi e distaccati (mediante perni)

La procedura ha come obiettivo quello di far riaderire parti in pietra staccate o in fase distacco mediante idonei adesivi sia a base di leganti aerei ed idraulici (calci) sia leganti polimerici (soprattutto resine epossidiche). Si ricorrerà a questa procedura allorché si dovranno incollare, o meglio far riaderire, piccole scaglie di materiale, porzioni più consistenti, riempire dei vuoti o tasche associate a un distacco di strati paralleli alla superficie esterna della pietra (dovuti, ad es. a forti variazioni termiche). La procedura applicativa varierà in ragione dello specifico materiale di cui sarà costituito l'elemento da incollare, dei tipi di frattura che questo presenterà e che occorrerà ridurre e dei vuoti che sarà necessario colmare affinché l'operazione risulti efficace.

Nel caso di interventi su manufatti e superfici particolarmente fragili e degradate e su frammenti molto piccoli, l'adesivo dovrà presentare una densità e un modulo elastico il più possibile simile a quello del o dei materiali da incollare, in modo tale che la sua presenza non crei tensioni tra le parti; per la riadesione di pellicole pittoriche, se non diversamente specificato dagli

elaborati di progetto, sarà opportuno utilizzare un'emulsione acrilica (tipo *Primal*) al 2-3% diluita in alcool incolore stesa a pennello a setola morbida.

Allorché si dovranno riaderire dei frammenti o porzioni più consistenti, sarà preferibile inserire adeguati sistemi di supporto costituiti da perni in acciaio inossidabile AISI 316L (minimo □□4 mm), in titanio o, se l'incollaggio interesserà parti non sottoposte a particolari sollecitazioni meccaniche, barre in vetroresina. La procedura operativa seguirà quella descritta nell'articolo sulle stuccature degli elementi lapidei.

In alternativa alla malta di calce idraulica, per il fissaggio e la riadesione di parti più consistenti si potranno utilizzare modeste porzioni di resina epossidica (bicomponente ed esente da solventi) in pasta stesa con l'ausilio di piccole spatole ed eventualmente, se indicato dagli elaborati di progetto, caricate con aggregati tipo carbonato di calcio o sabbie silicee o di quarzo, al fine di conferire maggiore consistenza alla pasta e consentire il raggiungimento degli spessori previsti. I rinforzanti da impiegare per la formazione di betoncini di resina dovranno avere un tasso d'umidità in peso non superiore allo 0,09% ed un contenuto nullo d'impurità o di sostanze inquinanti; salvo diverse prescrizioni di progetto, le miscele secche di sabbie silicee o di quarzo dovranno essere costituite da granuli puri del diametro di circa 0,10-0,30 mm per un 25%, di 0,50-1,00 mm per un 30% e di 1,00-2,00 mm per il restante 45%.

In ogni caso si ricorrerà ad un impasto d'adeguata tissotropicità o fluidità in relazione alla dimensione e caratteristiche degli elementi da far riaderire. Durante la fase di indurimento dell'adesivo sarà necessario predisporre dei dispositivi di presidio temporaneo costituiti, a seconda delle dimensioni del frammento, da carta giapponese, nastro di carta, morsetti di legno ecc. facendo attenzione a non danneggiare in alcun modo il manufatto.

Al fine di coprire gli eventuali ponti di resina epossidica, stesi per il consolidamento, si potrà utilizzare un betoncino elastico del colore simile al supporto originario, ottenuto dall'impasto fra polvere della stessa pietra e da un legante fluorurato al 10% in acetone. La preparazione dell'impasto, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, avverrà amalgamando una parte in peso di prodotto con 0,75 parti d'inerte della stessa granulometria e colore dell'originale (in alternativa si potrà utilizzare sabbia silicea con granulometria tra 0,10-1,5 mm e aiutare il colore con pigmenti in polvere) mescolando bene fino ad ottenere una consistenza simile ad una malta. Sarà consigliabile non preparare grandi quantità di stucco al fine di evitare la presa prima della completa messa in opera, sarà, inoltre, consigliabile non eseguire alcun intervento sulla stuccatura prima di un'ora dalla stesura dello stucco. Il prodotto sarà completamente reversibile tramite acetone.

Specifiche sui materiali

Gli adesivi epossidici (ovvero resine utilizzate come leganti per ricongiungere frammenti distaccati), normalmente utilizzabili, saranno liquidi con indurente a lenta o a rapida reattività (da utilizzare per consolidamenti o più spesso per intasamento delle fessure o per imperniature) o in pasta lavorabili con indurente a lenta o a rapida reattività (per stuccature, ponti di adesione, piccole ricostruzioni e fissaggio perni); in questo secondo caso si provvederà ad intervenire, in fase di formulazione, aggiungendo additivi tissotropizzanti. Di norma questi adesivi saranno totalmente esenti da solventi, non subiranno ritiro durante l'indurimento e grazie alla loro natura tixotropica potranno essere facilmente applicabili anche su superfici verticali in consistenti spessori.

Resine poliestere derivate dalla reazione di policondensazione dei glicoli con gli acidi bi-basici insaturi o loro anidridi. Prima dell'indurimento potranno essere impastati con fibre di vetro o sintetiche, così da migliorare la resistenza dei prodotti finali. Come riempitivi possono essere usati polveri di varia granulometria di calcari, gesso, o sabbie. La resistenza a raggi solari e UV è abbastanza bassa, specialmente per prodotti reticolari con monomeri aromatici, mentre la resistenza meccanica e le proprietà adesive sono abbastanza buone. La resina potrà presentare un certo ritiro del volume (sino ad 8-10%) che la rende non proprio adatta per riempire le fessure del materiale lapideo, al contrario potranno essere utilizzate come collanti per congiungimenti o fissaggio di perni, barre filettate, tiranti ecc. anche se sarà necessario evitare che la resina raggiunga la superficie estrema poiché per esposizione alla luce darebbe marcate variazioni di colore. Orientativamente il pot life a 20 °C sarà di circa 5-7 minuti e il tempo di fissaggio intorno ai 40-60 minuti.

Copolimeri florurati, legante incolore elastomerico per stuccature, dotato di notevole elasticità alle dilatazioni, isola in maniera efficace la fessura o rottura da stuccare. L'elevata inerzia chimica anche verso aggressivi molto energici, la stabilità termica ed alla radiazioni, oltre alla permeabilità all'aria e alla reversibilità in acetone anidro, lo rendono particolarmente adatto su supporti lapidei.

3. Consolidamento dello strato corticale mediante impregnazione con consolidanti organici

La procedura di impregnazione può essere eseguita su manufatti in pietra, intonaco, laterizio e legno allorché si renda necessario garantire il consolidamento non solo corticale ma anche in profondità. Questa procedura si basa sul principio fisico della capillarità, ovverosia la capacità dei fluidi in genere (i liquidi in particolare), di riuscire a penetrare naturalmente per adesione dentro lo spazio tra due superfici molto vicine di una cavità. Grazie all'impiego di sostanze organiche, che penetreranno all'interno del manufatto, si potranno ristabilire o migliorare sia le proprietà fisiche (riduzione della porosità e aumento della coesione) sia meccaniche (incremento della resistenza a compressione) dei materiali trattati. Il consolidante entrerà all'interno del manufatto, in una prima fase, per capillarità e solo in un secondo tempo si distribuirà per diffusione; al fine di permettere questa seconda fase che, sovente, si sviluppa molto lentamente è opportuno che il prodotto scelto non polimerizzi troppo velocemente così da poter riuscire a diffondersi in maniera uniforme nel manufatto. I parametri da valutare prima di iniziare la procedura sono:

– viscosità del fluido consolidante;
– diametro dei pori e dei capillari e loro distribuzione all'interno dell'elemento da trattare;
– bagnabilità del materiale.

La procedura d'intervento varierà in ragione del consolidante indicato dagli elaborati di progetto (silicato di etile, resine acriliche in dispersione o in soluzione, fluoroelastomeri ecc.) in ogni caso saranno necessarie alcune operazioni preliminari comuni a tutti i trattamenti. Prima di iniziare il trattamento sarà opportuno eseguire delle campionature al fine di valutare la quantità di consolidante (percentuale di diluizione e scelta del solvente), la riuscita della procedura e la reale penetrazione di impregnazione; inoltre dovranno essere predisposte opportune protezioni sulle superfici limitrofe a quelle da consolidare in modo da evitare che queste vengano a contatto con il prodotto consolidante.

Qualsiasi trattamento consolidante prescelto dovrà essere applicato su superficie perfettamente pulita e sgrassata (in modo da evitare che depositi superficiali impediscano la penetrazione) così come, in presenza di scaglie in fase di distacco o superfici particolarmente decoese, sarà indispensabile effettuare un preconsolidamento al fine di evitare che l'eventuale passaggio ripetuto del pennello possa rimuovere tali frammenti.

La procedura di consolidamento per impregnazione dovrà essere ripetuta più volte (in genere non più di 5 passaggi) fino ad ottenere la saturazione dell'elemento (fino "a rifiuto") in ragione sia del fluido prescelto sia, soprattutto, della porosità del materiale oggetto di intervento. La scarsa penetrabilità dei materiali poco porosi dovrà essere ovviata con passaggi alternati di soluzione diluita e nebulizzazione di solvente puro (in tal modo si faciliterà l'ingresso della soluzione consolidante e, nello stesso tempo, si ridurrà al minimo l'effetto bagnato) oppure ricorrendo all'impiego di soluzioni particolarmente diluite, aumentando gradualmente la concentrazione nelle ultime mani. La procedura dovrà, comunque, essere operata per zone limitate e non simultaneamente su tutta la superficie al fine di agevolare la fuoriuscita dell'aria dall'interno dei fori e dalle discontinuità presenti nel manufatto così da migliorare la penetrazione e la distribuzione interna del consolidante.

Specifiche sui materiali

Tra i materiali consolidanti utilizzabili con questa tecnica il silicato di etile (si veda l'articolo specifico), le resine acriliche (in emulsione o in soluzione), le resine acrilico-siliconiche, le emulsioni acquose di silicato di potassio e i silossani oligomerici in solventi organici sono i prodotti più versatili e di conseguenza più comunemente utilizzabili. La scelta, in ogni caso, dovrà essere fatta in ragione delle problematiche e del materiale riscontrato.

I prodotti impregnanti da impiegarsi per il consolidamento e/o la protezione dei manufatti architettonici od archeologici, salvo eventuali prescrizioni o specifiche inerenti il loro utilizzo, dovranno possedere le seguenti caratteristiche comprovate da prove ed analisi da eseguirsi in situ o in laboratorio:

a) elevata capacità di penetrazione nelle zone carenti di legante;
b) resistenza chimica e fisica agli agenti inquinanti ed ambientali;
c) spiccata capacità di ripristinare i leganti tipici del materiale oggetto di intervento senza dar vita a sottoprodotti di reazione pericolosi (quali ad es. sali superficiali);
d) capacità di fare traspirare il materiale così da conservare la diffusione del vapore;
e) penetrazione in profondità così da evitare la formazione di pellicole in superficie;
f) "pot-life" sufficientemente lungo tanto da consentire l'indurimento solo ad impregnazione completata;
g) perfetta trasparenza priva di effetti traslucidi;
h) spiccata capacità a mantenere inalterato il colore del manufatto;
i) presentare un coefficiente di dilatazione termica simile a quello del materiale da consolidare al fine di evitare fenomeni di fessurazione che costituirebbero vie preferenziali per l'ingresso dell'acqua e di possibili distacchi.

3.1. Consolidamento mediante impregnazione a pennello, tampone o rullo

Di norma è la tecnica più usuale per eseguire il consolidamento per impregnazione; ci si servirà di pennelli a setola morbida di medie dimensioni, rulli, o tamponi (in questo caso gli stracci o i tamponi saturi di prodotto dovranno essere mantenuti in contatto prolungato al fine di assicurare l'assorbimento nella superficie). L'applicazione dovrà procedere dall'alto verso il basso per settori omogenei con uso di addetti in numero appropriato alla natura e alla tipologia del manufatto; tra una mano e l'altra il prodotto non dovrà essere lasciato asciugare. Sarà opportuno che gli attrezzi (pennelli, rulli o tamponi) siano sempre ben puliti (sarà, pertanto, consigliabile lavarli spesso) e il consolidante non sia "contaminato" d'eventuali residui rimasti sul pennello o rullo da trattamenti operati su aree limitrofe. Nel caso di consolidamenti di superfici lapidee particolarmente disgregate ed esfoliate (specialmente su pietre arenarie come ad es. pietra serena, pietra forte ecc.) o pellicole pittoriche in fase di distacco, l'impregnazione risulterà più efficace se eseguita "attraverso" una velatura provvisoria della zona da trattare utilizzando fogli di carta giapponese, precedentemente fissata con resina acrilica in soluzione (ad es. al 10-20% p/v, in solvente volatile come acetone o diluente nitro).

3.2. Consolidamento mediante impregnazione a spruzzo

Questa tecnica di norma verrà eseguita con l'utilizzo di specifiche apparecchiature in grado di nebulizzare il liquido messo in pressione da una pompa oleo-pneumatica (massimo 0,5 bar) o più semplicemente a mano; questo trattamento potrà essere migliorato realizzando intorno alla parte da trattare uno spazio chiuso mediante fogli di polietilene resistente ai solventi e continuando la nebulizzazione anche per giorni. La sola applicazione a spruzzo sarà sufficiente se il materiale risulterà essere poco poroso ed il degrado interesserà uno spessore di pochi millimetri (degrado corticale); nel caso di interventi su lapidei porosi, dove si renderà necessaria una penetrazione maggiore, sarà preferibile utilizzare pennelli o applicazioni per percolazione (per maggiori dettagli si rimanda agli articoli specifici). In zone particolarmente degradate o su pellicole pittoriche in fase di distacco sarà necessario, dopo un primo trattamento a spruzzo, applicare (mediante emulsione acquosa di alcool polivinilico o resina acrilica in soluzione al 20% in diluente nitro) dei fogli di carta giapponese: a superficie asciutta si applicherà una nuova mano di consolidamento a pennello morbido. Dopo che il solvente sarà totalmente evaporato si rimuoveranno i fogli mediante tampone inumidito con acqua.

L'interfaccia da trattare dovrà essere pulita e ben asciutta al fine di assicurare l'assenza di reazioni secondarie e buona penetrazione del prodotto. La nebulizzazione consolidante (area coperta dal getto 25-30 cm) sul manufatto dovrà essere ripetuta più volte (senza lasciare asciugare il prodotto fra una ripresa e l'altra) fino a completa saturazione del manufatto, distribuita uniformemente per aree omogenee partendo dalle parti più elevate per poi scendere a quelle più basse; contemporaneamente si dovrà aver cura di rimuovere eventuali sbavature od eccessi di consolidante mediante tampone imbevuto di solvente od acqua a seconda del prodotto utilizzato. Questo metodo risulterà idoneo solo in condizioni favorevoli di temperatura (+10 °C +25 °C) con prodotti (ad es. silicato di etile) in diluizione molto alta al fine di migliorare l'assorbimento. Per migliorare la penetrazione del consolidante dato a spruzzo si potrà ricorrere all'applicazione, da effettuarsi posteriormente al trattamento, di almeno tre mani di solvente puro.

3.3. Consolidamento mediante impregnazione a tasca o ad impacco

La procedura rientrerà in quelle "a contatto diretto" e si baserà sul principio della capillarità. Questo metodo verrà utilizzato per l'impregnazione di particolari come decori, cornici, capitelli lavorati ecc. particolarmente degradati che presenteranno la necessità di essere tenuti a contatto, per un determinato periodo, con la sostanza consolidante. I fattori che regolano il processo sono la tensione superficiale, la viscosità del prodotto e la bagnabilità del materiale da trattare. La procedura prevedrà la messa in opera, intorno alla zona da trattare, di una tasca chiusa con particolari guarnizioni in poliuretano, così da renderla stagna; nella parte inferiore verrà posizionata una piccola "gronda impermeabilizzata" allo scopo di recuperare il prodotto consolidante in eccesso. La zona da consolidare verrà ricoperta da strati di materiale bagnante (ad es. cotone idrofilo, carta giapponese ecc.) che verranno alimentati, dall'alto e molto lentamente, dalla soluzione consolidante e coperti da teli di polietilene, allo scopo di ridurre l'eventuale troppo rapida evaporazione del solvente. L'operazione di distribuzione dovrà essere interrotta quando la quantità di prodotto immesso dall'alto sarà uguale a quella del prodotto recuperato dal basso. Il distributore potrà essere costituito da un tubo o da un canaletto munito di tanti piccoli fori o da una serie di spruzzatori che creeranno il fronte di consolidante discendente. L'eccesso di prodotto sarà raccolto nella grondaia, e rimesso in circolo; per la buona riuscita di questo metodo sarà necessario assicurarsi che il materiale assorbente sia sempre perfettamente in contatto con la superficie interessata. Ad assorbimento avvenuto (in genere 8-10 ore) le tasche saranno rimosse e il manufatto dovrà essere ricoperto con cellofan al fine di isolarlo dall'atmosfera per almeno 10-12 giorni. Dal momento che aumentando la superficie da trattare aumenterà anche la quantità di consolidante e di conseguenza il peso, sarà opportuno, onde evitare costose operazioni di presidio, procedere per settori di dimensioni limitate, migliorando in questo modo il controllo della procedura.

3.4. Consolidamento mediante impregnazione a percolazione

Metodo "a contatto diretto" molto simile a quello a tasca, ma più semplice: un distributore, collocato nella parte superiore della superficie da trattare, erogherà il prodotto per gravità impregnando la superficie da trattare per capillarità. La quantità del trattamento in uscita dall'impianto dovrà essere calibrata dalla valvola di Offman localizzata nella parte terminale del tubo di distribuzione (seguendo le indicazioni di progetto) in modo tale da assicurare un lento e continuo assorbimento evitando eccessi di formulato tali da coinvolgere aree non interessate. Anche in questo caso il distributore potrà essere costituito da un tubicino in plastica o da un canaletto forato munito, nella parte inferiore, di un pettine, tamponi di cotone o di una serie di pennellesse con funzione di distributore.

L'eccesso di prodotto sarà raccolto in una sorta di grondaia e rimesso in circolo; a trattamento terminato dovranno essere eliminati gli eccessi di consolidante utilizzando un idoneo solvente o, nel caso in cui il progetto preveda l'utilizzo d'emulsioni acquose, la superficie dovrà essere lavata con spugne assorbenti ed acqua deionizzata. Questa operazione si renderà sempre necessaria al fine di evitare la formazione di patine superficiali che potrebbero ridurre la permeabilità al vapore del manufatto e conferire, all'interfaccia un effetto perlante innaturale (effetto bagnato) e/o il generarsi di locali sbiancamenti.

I tempi d'impregnazione varieranno secondo le dimensioni e il materiale del manufatto; al fine di accelerare tale processo si potrà ricorrere a trattare preventivamente il supporto con nebulizzazione di solvente puro (così che possa penetrare con

facilità sfruttando la bassa viscosità) e, solo in seguito, applicare il fluido consolidante che, trovando una via di accesso più agevole, potrà distribuirsi in modo più diffuso.

4. Consolidamento (riaggregazione) mediante silicato di etile

Un buon consolidante per laterizi decoesi o pietre arenarie e silicatiche, da applicare su superfici assolutamente asciutte, è il silicato di etile composto da esteri etilici dell'acido silicico: monocomponente fluido, incolore, a bassa viscosità, si applicherà in solvente organico (ad es. metil etil chetone), in percentuali (in peso) comprese fra 60% e 80%. Al fine di stabilire la quantità di prodotto da utilizzare si renderanno necessari piccoli test da eseguirsi su superfici campione; questi test serviranno, inoltre, da spia per determinare l'eventuale alterazione dell'opacità della pietra e della sua tonalità durante e subito dopo il trattamento. In linea generale si potrà utilizzare una quantità pari a 500-600 g/m² per il consolidamento di apparecchi in cotto e 300-400 g/m² per superfici intonacate con malta di calce.

Il silicato di etile, precipitando a seguito di una reazione spontanea con l'umidità atmosferica, libererà, come sottoprodotto, alcool etilico che evaporerà con i solventi impiegati nella soluzione, pertanto l'uso di questo consolidante, presenterà il vantaggio di far sì che, nella pietra trattata, oltre all'acido silicico non rimangano altre sostanze che potrebbero in qualche forma (ad esempio efflorescenze) danneggiare l'aspetto e soprattutto le caratteristiche del materiale lapideo consolidato; la reazione si completerà nell'arco di 2 o 3 settimane in ragione delle condizioni atmosferiche, della porosità del materiale, della sua natura e struttura chimica ecc. Il trattamento potrà essere eseguito a pennello, a spruzzo mediante irroratori a bassa pressione (massimo 0,5 bar), per percolazione, a tampone mediante spugne (nel caso di manufatti modellati tipo le volute dei capitelli) o per immersione (esclusivamente per piccoli manufatti mobili); la superficie da trattare andrà completamente saturata "sino a rifiuto", evitando però eventuali accumuli di prodotto sulla superficie; nel caso in cui dopo il trattamento il supporto rimanesse bagnato o si presentassero raccolte in insenature si dovrà procedere a rimuovere l'eccedenza con l'ausilio di tamponi asciutti o inumiditi con acetone o diluente nitro. Solitamente sarà sufficiente un solo ciclo di applicazione, ma se sarà necessario e solo dietro specifica autorizzazione della D.L., sarà possibile ripetere il trattamento dopo 2 o 3 settimane.

Questo tipo di consolidante si rivelerà molto resistente agli agenti atmosferici e alle sostanze inquinanti, non verrà alterato dai raggi ultravioletti e presenterà il vantaggio di possedere un elevato potere legante (dovuto alla formazione di silice amorfa idrata) soprattutto nei confronti di materiali lapidei naturali contenenti silice anche in tracce, quali arenarie, tufi, trachiti, ma anche su altri materiali artificiali quali mattoni in laterizio, terracotte, intonaci, stucchi; risultati positivi potranno essere ottenuti anche su materiali calcarei (ad es. pietra leccese, pietra di Vicenza ecc.). Tale prodotto non risulta idoneo per il trattamento consolidante di superfici in gesso o di pietre gessose.

La natura chimica dei silicati sarà tale per cui potranno esercitare soltanto un'azione consolidante, ma non avranno alcun effetto protettivo nei riguardi dell'acqua, pertanto, al trattamento di superfici esterne con un silicato, generalmente, si dovrà far seguire l'applicazione di una sostanza idrorepellente, salvaguardando le caratteristiche di traspirabilità e di permeabilità al vapore acqueo dei materiali lapidei, garantendo la conservazione nel tempo, nel rispetto della loro fisicità (per maggiori dettagli sulle procedure di protezione si rimanda agli articoli specifici).

Avvertenze

Si rivelerà di fondamentale importanza non esporre le superfici da trattare all'irraggiamento del sole né procedere all'applicazione su superfici riscaldate dai raggi solari; sarà pertanto cura degli operatori proteggere le superfici mediante opportune tende parasole; l'impregnazione con silicato di etile sarà, inoltre, da evitare (se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto) nel caso in cui il materiale da trattare non sia assorbente, in presenza di temperatura troppo alta (>25 °C) o troppo bassa (< 10 °C), con U.R. non superiore al 70% o se il manufatto trattato risulti esposto a pioggia nelle quattro settimane successive al trattamento; pertanto in caso di intervento su superfici esterne, si renderà necessaria la messa in opera di appropriate barriere protettive.

Indicativamente per una soluzione contenente il 60% in peso di estere etilico dell'acido silicico su supporti in medio stato di conservazione si potranno effettuare i seguenti consumi al metro quadrato: intonaco da 0,3 a 0,5 l/m²; pietre porose e tufi da 0,5 a 2,5 l/m²; laterizi da 0,6 a 3,0 l/m²; pietre arenarie da 0,8 a 3,5 l/m².

5. Sigillatura materiali lapidei (mediante resine sintetiche)

La procedura prevedrà l'esecuzione di stuccature delle soluzioni di continuità mediante intasamento eseguito con iniezione, colatura o spatola in profondità di miscela adesiva costituita da polimeri sintetici acrilici in soluzione, o in emulsione, caricata con carbonato di calcio o polvere di pietra macinata (in alternativa si potranno utilizzare polveri di cocciopesto o cariche pozzolaniche); le resine acriliche non potranno, causa la loro natura termoplastica, essere impiegate come adesivi strutturali, pertanto se si rendesse necessario effettuare una sigillatura con tale caratteristica sarà opportuno ricorrere ad un adesivo epossidico bicomponente (componente A = resina, componente B = indurente; i più utilizzati sono indurenti che reagiscono a temperatura ambiente come gli amminici o ammidici, il rapporto tra A e B sarà variabile da 1:1 a 1:4) esente da solventi, dietro specifica indicazione di progetto, il composto potrà essere caricato con sabbia silicea (granulometria massima 0,3 mm), filler, quarzo. I rinforzanti da impiegare per la formazione di betoncini di resina dovranno avere un tasso d'umidità in peso non superiore allo 0,09% ed un contenuto nullo d'impurità o di sostanze inquinanti; salvo diverse prescrizioni di progetto, le miscele secche di sabbie silicee o di quarzo dovranno essere costituite da granuli puri del diametro di circa 0,10-0,30 mm per un 25%, di 0,50-1,00 mm per un 30% e di 1,00-2,00 mm per il restante 45%. Normalmente il composto di resina epossidica

verrà preparato a piè d'opera e, a seconda del tipo di impasto (fluido, colabile, tissotropico), in relazione alle necessità di progetto, potrà essere applicato a pennello con setole rigide, con iniettori, o con spatole, in ogni caso sotto scrupoloso controllo dal momento che presenta, generalmente, un limitato tempo pot-life. Nel caso in cui si prevedrà, invece, l'utilizzo di composti a base di resina acrilica, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, si utilizzerà lattice acrilico aggiungendo al lattice non diluito una quantità adeguata di carbonato di calcio sino a rendere la maltina estruibile.

La procedura prevedrà, dopo le opportune operazioni preliminari di pulitura, eventuale preconsolidamento di parti particolarmente decoese o distaccate, la predisposizione di opportune protezioni (ad es. delimitazione con nastro di carta) sulle superfici limitrofe a quelle da consolidare, in modo da evitare che queste vengano a contatto con il prodotto consolidante e l'esecuzione d'idonee campionature al fine di valutare la quantità e la tipologia del consolidante. Eseguite tutte queste operazioni si potrà procedere alla sigillatura in profondità delle soluzioni di discontinuità mediante l'utilizzo di siringhe o piccole spatole secondo le dimensioni delle fessurazioni da sigillare e le specifiche di progetto, in ogni caso la resina dovrà penetrare fino a rifiuto nel vuoto da colmare tra le facce e tra i frammenti destinati a combaciare nella nuova unione. Durante la procedura sarà opportuno che siano controllate eventuali vie di fuga che potrebbero far percolare il materiale intromesso (specialmente se verrà fatto uso di resine epossidiche), in tal caso si renderà necessaria l'immediata rimozione con spugne o tamponi umidi se si utilizzeranno maltine a legante acrilico, con acqua e detergenti idonei (ovvero seguendo scrupolosamente le indicazioni del produttore della resina) se invece si utilizzeranno adesivi epossidici. Una volta che sarà verificato "l'intasamento" della fessurazione si potrà passare alla realizzazione di stuccature di superficie, costituite da malte a base di leganti idraulici naturali a basso contenuto di sali, sabbie silicee vagliate e lavate (granulometria 0-1,2 mm), eventuali additivi polimerici, terre colorate o pietre macinate, in ogni caso eseguite seguendo la procedura descritta nell'articolo sulle stuccature di materiali lapidei.

In alternativa si potranno effettuare delle stuccature invisibili utilizzando idoneo stucco costituito da copolimeri florurati ovvero legante incolore elastomerico per stuccature e polvere della stessa pietra, utili anche a coprire micro lesioni o fori di trapani (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto nell'articolo sul fissaggio e riadesione d'elementi sconnessi e distaccati).

Avvertenze

Il rapporto di miscelazione tra resina ed indurente andrà accuratamente rispettato, gli errori di dosaggio tollerabili non dovranno essere superiori al ± 5%. La miscelazione dei componenti andrà eseguita preferibilmente con miscelatore meccanico e andrà prolungata fino a che non si sarà certi di aver ottenuto una perfetta omogeneità.

Specifiche sui materiali

Le resine epossidiche, prodotti termoindurenti (molecole tridimensionali) sono ottenute dalla formazione di catene con due tipi di molecole con un gamma illimitata di variazioni possibili (questa caratteristica fa sì che non esista un solo tipo di resina epossidica, ma svariati formulati epossidici che cambiano di volta in volta le proprie caratteristiche a seconda sia del rapporto resina-indurente sia degli eventuali additivi plastificanti, fluidificanti, acceleranti ecc.) e presentano il vantaggio di poliaddizionarsi senza produrre sottoprodotti che porterebbero ad un aumento di volume. Si distinguono dalle resine acriliche per l'elevato potere collante che ne giustifica l'uso come adesivo strutturale; presentano una buona resistenza chimica (soprattutto agli alcali), resistono molto bene all'acqua ed ai solventi organici. I maggiori pregi delle resine epossidiche risiedono nelle loro elevate proprietà meccaniche (resistenze a compressione, a trazione, a flessione), nella perfetta adesione al supporto e nel ritiro molto limitato durante l'invecchiamento; gli svantaggi sono riconducibili alla difficoltà di penetrazione (dovuta all'elevata viscosità), alla bassa resistenza al calore ed ai raggi ultravioletti (con i conseguenti fenomeni d'ingiallimenti e sfarinamento superficiale).

Per le resine acriliche si rimanda alle specifiche dell'articolo sul consolidamento mediante impregnazione.

Per i copolimeri florurati si rimanda alle specifiche dell'articolo sul fissaggio e riadesione di elementi sconnessi.

6. Riadesione di distacchi mediante iniezioni con miscele leganti

La procedura sarà eseguita al fine di consolidare strati di intonaco, anche affrescato, distaccato dal supporto, così da risarcire le eventuali lesioni e riempire le sacche perimetrali presenti tra il substrato e l'apparecchio retrostante. Prima di procedere al consolidamento vero e proprio sarà necessario effettuare delle operazioni di "saggiatura" preventiva eseguite mediante leggera, ma accurata battitura manuale (tramite martelletto di gomma o semplicemente con le nocche della mano) sulla muratura, al fine di individuare con precisione sia le zone compatte sia delimitare (ad es. con un segno tratteggiato a gesso) il perimetro di quelle in fase di distacco (zone gonfiate e formanti "sacche"). In alternativa potranno essere individuate le zone di distacco mediante indagine termografica od altra indagine non distruttiva specificata dagli elaborati di progetto.

In assenza di piccole fessure, lacune o fori già presenti sulle superfici intonacate attraverso le quali operare l'iniezione, si eseguiranno delle perforazioni, tramite piccolo trapano a mano (se le condizioni di conservazione del materiale lo consentono si potrà usare trapano elettrico) ad esclusiva rotazione con una punta di circa 2-4 mm (in caso di microconsolidamento si potrà ricorrere all'utilizzo di punteruoli), rade nelle zone ben incollate e più ravvicinate in quelle distaccate; il numero dei fori sarà proporzionato all'entità del distacco ed indicato negli elaborati di progetto (in assenza di indicazioni si potrà operare in ragione di 8-10 fori per m^2); in genere la distanza tra loro sarà di circa 40-60 cm, mentre la loro localizzazione sarà tale da favorire il percolamento della miscela da iniettare, pertanto sarà necessario iniziare la lavorazione a partire dalla quota più elevata. In caso di distacco d'estensione limitata si potrà procedere all'esecuzione di un unico foro ed eventualmente, di un secondo se necessario per la fuoriuscita dell'aria dalla sacca di distacco durante l'immissione del consolidante.

Dopo aver eseguito le perforazioni si renderà necessario aspirare, attraverso una pera di gomma, gli eventuali detriti della foratura, le polveri e quanto altro possa ostacolare la corretta immissione e percolazione della miscela. In seguito si eseguirà una prima iniezione di acqua deionizzata ed alcool (5:1 in volume) con lo scopo di creare dei canali nella parte retrostante e di verificare allo stesso tempo l'eventuale esistenza di lesioni o fori da dove la miscela consolidante potrebbe fuoriuscire; in presenza di queste fessure si procederà alla loro puntuale stuccatura (che verrà rimossa a presa avvenuta) tramite malta "magra", a bassa resistenza meccanica di ancoraggio al supporto, cotone idrofilo, lattice di gomma, argilla ecc.

In presenza di forti distacchi e di supporti in buono stato di conservazione, si potranno inserire nel foro piccole guarnizioni in gomma a perfetta tenuta opportunamente sigillate per impedire la fuoriuscita del prodotto.

Risultati soddisfacenti potranno essere raggiunti con miscele formate da 2 parti di calce aerea naturale a basso peso specifico e 1 parte di metacaolino pozzolanico o cocciopesto superventilato e lavato (rapporto 1:1) con l'aggiunta di una minima parte di resina acrilica in emulsione al 10% in acqua (con funzione di fluidificante). In alternativa si potrà ricorrere ad una miscela formata da 1 parte di grassello di calce (sostituibile parzialmente o totalmente con calce idraulica naturale NHL 2) e 1 parte di carbonato di calcio (granulometria 0,02-0,06 mm); la miscela sarà diluita con percentuali del 5-10% di resina acrilica (con funzione di colloide protettore ovverosia tenderà a trattenere l'acqua così da non far "bruciare" prematuramente la miscela iniettata) ed eventualmente additivata con gluconato di sodio (con funzione di fluidificante); nei casi di distacchi consistenti, con una parte di cocciopesto vagliato e lavato o in alternativa pozzolana (granulometria massima 0,5 mm).

Per distacchi di lieve entità, fra strato e strato, con soluzioni di continuità dell'ordine di 0,5 mm, non essendo possibile iniettare miscele idrauliche si rileverà utile una micro-iniezione di 1 parte di resina acrilica in emulsione acquosa in concentrazione variabile (comunque compresa tra l'8% e il 10%), caricata con 0,5-1 parte di carbonato di calcio o polvere di pomice (granulometria tra 0,02 mm e 0,06 mm) per rendere il composto più granuloso e facilitare l'aggrappaggio dello stesso al supporto da consolidare.

Un altro composto, utilizzabile in ambienti interni e per piccole cavità (spessore non superiore a 4-5 mm), sarà il caseato di calcio, ottenuto mescolando caseina lattica e grassello di calce; esistono due tipi di "ricette": la prima (alla fiorentina) si comporrà di 1 parte di caseina, 4 parti di grassello di calce, 0,4 parti di resina acrilica in emulsione; la seconda (alla romana) sarà costituita da 1 parte di caseina (gonfiata nell'acqua), 9 parti di grassello di calce, 1/5 parte di dispersione acrilica (allo scopo di elasticizzare l'adesivo); questo composto presenterà sia ottime proprietà collanti sia ottima stabilità nel tempo, ma avrà l'inconveniente di avere tempi d'incollaggio molto lenti. Il caseato di calcio, dopo la presa, sarà fragile a trazione e resterà permeabile al vapore acqueo, per questo potrà essere indicato utilizzarlo in ambienti asciutti.

Previa umidificazione del foro e della zona circostante con acqua pulita, si eseguiranno le iniezioni con una normale siringa di plastica (da 10 cc o 60 cc) procedendo attraverso i fori posti nella parte più bassa, per poi avanzare, una volta che la miscela sarà fuoriuscita dai fori limitrofi, verso quelli situati in alto (questo per evitare sia che squilibri di peso possano alterare l'eventuale precario equilibrio della struttura sia per favorire la distribuzione uniforme del consolidante); nel caso in cui la miscela non dovesse penetrare in profondità si passerà al foro successivo. Ad infiltrazione del formulato avvenuta, passati circa 30-35 minuti, si procederà con il consolidamento di un'altra area di distacco.

Le iniezioni verranno eseguite o tramite la punta dell'ago metallico (per fori ed aree di modeste dimensioni od in presenza di intonaci particolarmente degradati), o direttamente dal beccuccio della siringa nel foro di accesso attraverso una cannula precedentemente posizionata (in caso di sacche di maggiori dimensione ed estensione), controllando e graduando la compressione dello stantuffo. Le miscele dovranno essere iniettate a bassa pressione poiché le tensioni prodotte dal fluido sotto pressione, alterando l'equilibrio del manufatto, potrebbero causare pericolosi fenomeni di precarietà statica. Nel corso dell'operazione occorrerà stare attenti che il colante non fuoriesca da fori o linee di fratture limitrofe sulla superficie sottostante, nel caso questo succedesse si procederà all'immediata pulizia tramite spugnette ad alto potere assorbente (ad es. ritagli di gommapiuma o spugnette tipo *Blitz Fix*). In caso di iniezione per mezzo di ago metallico sarà consigliabile tamponare il punto di innesto dell'ago con un batuffolo di cotone imbevuto di acqua distillata al fine sia di favorire la riadesione del supporto sia in modo da asportare l'eventuale prodotto in eccesso fuoriuscito dai fori. Per la riadesione di elevate superfici d'intonaco potrà rivelarsi utile una compressione della superficie in questione tramite una pressione regolare ed uniforme, sia durante il periodo di iniezione del consolidante, sia durante la presa; tale pressione potrà essere eseguita, a seconda dei casi, per mezzo di mani, molle, martinetti a vite montati sull'impalcatura, tavolette di legno rivestite di feltro o carta per una durata variabile da qualche decina di minuti a 12-14 ore in ragione del tipo e della quantità di prodotto immesso.

Previo indurimento del consolidante (minimo 7 giorni) si rimuoveranno manualmente le stuccature provvisorie e le eventuali cannule in gomma e si sigilleranno i fori con stucco costituito da grassello di calce e polveri di marmo (per maggiori dettagli sulla stuccatura si rimanda alla procedura specifica). Il collaudo si effettuerà mediante le stesse tecniche non distruttive utilizzate per individuare le zone di intervento.

Specifiche sui materiali

L'iniezione della sola emulsione acrilica dovrà essere evitata (se non dietro specifica indicazione di progetto) in quanto potrebbe dar vita ad un corpo di plastica che riempirebbe la sacca ma non farebbe aderire le facce distaccate.

Anche l'iniezione di calci idrauliche potrà avere degli inconvenienti in quanto il calcio idrato potrebbe non carbonatare all'interno della muratura e migrare dentro di essa (a causa della sua parziale solubilità in acqua) provocando efflorescenze di calcio carbonato in superficie o, in presenza di solfati e alluminati, potrebbe reagire dando vita a subefflorescenze quali thaumasite o ettringite.

Specifiche sui materiali premiscelati

La malta premiscelata per iniezione di consolidamento e riadesione di intonaci dovrà presentare un ottima penetrabilità nelle murature senza aver bisogno della preliminare bagnatura dei supporti. L'impasto dovrà essere composto da calce idraulica naturale, chimicamente stabile e a bassissimo contenuto di sali solubili, inerti silicei (o in alternativa carbonato di calcio scelto e micronizzato), pozzolana superventilata (o in alternativa polvere di cocciopesto o metacaolino) e idonei additivi fluidificanti, ritentivi ed areanti. Dopo aver impastato energicamente per qualche minuto il premiscelato con acqua demineralizzata sarà consigliabile filtrare la boiacca ottenuta al fine di eliminare eventuali piccoli grumi formatisi in fase di impasto. Il prodotto non dovrà essere addizionato nella preparazione e posa con nessun altro componente oltre all'acqua di impasto e non dovrà essere assolutamente aggiunta acqua una volta che avrà iniziato la presa. Sarà consigliabile utilizzare siringhe con aghi di tipo veterinario (diametro di uscita superiore ai 2 mm). Le caratteristiche chimico-fisiche medie dovranno essere: peso specifico 1,02 kg/dm³, lavorabilità 2 h, *bleending* assente, aderenza 0,8 N/mm², inizio presa a +20 °C 24 h, fine presa a +20 °C 48 h, resistenza a compressione a 28 giorni 6 N/mm², resistenza a flessione a 28 giorni 2 N/mm², modulo elastico 5000 N/mm², ritiro 0,7-1,8 mm, ritenzione acqua superiore all'80%, permeabilità al vapore 6 μ.

7. Consolidamento lastre lapidee da rivestimento (messa in sicurezza)

7.1. Generalità

Prima di procedere ad un qualsiasi intervento di smontaggio e successivo consolidamento che potrebbe, se mal effettuato, andare a peggiorare la situazione (per maggiori dettagli sulla procedura di smontaggio si rimanda a quanto detto all'articolo specifico) sarà sempre conveniente preventivare un'accurata campagna diagnostica preliminare piuttosto approfondita volta a conoscere in maniera completa il manufatto oggetto di intervento, i materiali che lo compongono, la loro consistenza fisico-materica, le tecniche costruttive e di ancoraggio, le patologie in atto, le lesioni esistenti, le eventuali cause indirette di degrado, non sottovalutando mai la possibilità di consistenza di situazioni diversificate nell'ambito dello stesso apparecchio murario.

Non di rado la causa del dissesto del rivestimento lapideo potrà essere attribuita all'assenza di punti d'appoggio distribuiti a varie quote, i quali permetterebbero di assorbire frazionatamente il peso delle lastre. Il paramento potrà, inoltre, essere ancorato alla muratura di supporto attraverso un'imbottitura posteriore completa o parziale, eseguita con colatura di malta di calce, in questo caso con il passare del tempo, a causa della perdita progressiva di adesività della malta alla struttura, le sollecitazioni delle lastre potrebbero diventare insostenibili.

In altri casi le strutture di sostegno utilizzate (per lo più zanche) potrebbero essere in ferro, materiale che, con il passare del tempo, potrebbe subire fenomeni di forte ossidazione e corrosione causando, sul rivestimento lapideo, l'ovvia perdita del sostegno (che non sarà più in grado di reggerlo), la generazione di sforzi di trazione, causati dal maggior peso specifico degli ossidi e idrati di ferro nonché sgradevoli colature di ruggine che andranno a deturpare il pannello lapideo. Allo stesso tempo, nel caso in cui il manufatto avesse già subito un'operazione di manutenzione, potrebbe verificarsi il fenomeno opposto, ovverosia la presenza di un numero elevato di tasselli potrebbe vincolare eccessivamente la struttura generando situazioni tensionali insopportabili (per questo risulterà opportuno procedere alla loro eliminazione, progettando un nuovo e più idoneo sistema di ancoraggio).

Raramente gli ancoraggi preesistenti si presenteranno efficienti e ben conservati, in tal caso potranno comunque essere integrati all'interno di un valido sistema di messa in sicurezza; se dovessero rilevarsi ancoraggi assolutamente inefficienti, ormai inutili, ma non dannosi poiché realizzati con materiali stabili e posizionati in modo da non disturbare la struttura, si potrà, dietro specifica indicazione di progetto, lasciarli in opera.

Non di rado si rileva la mancanza di efficienti sigillature tra i pannelli, se non addirittura di adeguati giunti di dilatazione, in questo modo l'acqua piovana, non incontrando idonee barriere, riuscirà facilmente ad infiltrarsi velocizzando la corrosione delle zanche in ferro, erodendo la malta di allettamento ed innescando tutta una serie di patologie (creazione di muschi, cristallizzazione dei sali, cicli di gelo e disgelo ecc.) dannose al rivestimento. L'assenza dei giunti di dilatazione potrà costituire un punto critico della struttura, tanto da determinare pressioni insostenibili indotte dalle variazioni della temperatura.

7.2. Messa in sicurezza

Previa esecuzione di tutte le procedure di smontaggio e di analisi preventive si potrà procedere con l'intervento; i materiali per risultare idonei dovranno possedere caratteristiche meccaniche, di resistenza fisico-chimica e di durabilità adeguate, mantenendo il più possibile nel tempo le prestazioni richieste; gli elementi metallici (zanche, perni, piastre ecc.) da utilizzare potranno essere:

- in rame o in ottone trafilato: ottima resistenza alla corrosione ma scarsa resistenza meccanica da impiegare per pannelli di peso modesto;
- in acciaio a doppia zincatura a caldo: ottima resistenza meccanica e alla corrosione (acciaio ad alta resistenza);
- in acciaio inossidabile AISI serie 300: eccellenti prestazioni a livello di resistenza meccanica e con le migliori proprietà di inalterabilità.

La tipologia di zancatura potrà essere non portante o di ritegno (semplice fissaggio alla parete di supporto) o portante a sistema rigido (cioè quelle impiegate per rivestimenti con imbottitura posteriore di malta) e regolabile (sistemi più complessi di

norma utilizzati su manufatti di pregio o per il ripristino d'ampie zone di rivestimento) secondo le disposizioni di progetto (in questo caso le zanche dovranno essere state calcolate come vere e proprie mensole di sostegno ai pannelli).

Nell'eseguire la suddetta procedura si dovranno tenere presenti le seguenti accortezze:

– l'esecuzione delle perforazioni sul supporto murario, al fine di alloggiare l'apparato di fissaggio (zanche, tasselli ecc.), dovrà essere eseguita, preferibilmente, con strumenti a sola rotazione; gli strumenti a roto-percussione potranno essere utilizzati, solo dietro specifica indicazione della D.L., su materiali particolarmente compatti come ad esempio elementi in c.a. o murature in laterizio pieno. La profondità della foratura, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, dovrà essere maggiore dell'ancoraggio così da lasciare lo spazio ad eventuali polveri di trapanatura e, nel caso di utilizzo di tasselli, per la fuoriuscita della vite della punta del tassello. Nel caso di messa in opera di zanche, anche il diametro del foro sarà maggiore affinché la malta a ritiro compensato possa ben avvolgere l'ancoraggio metallico. L'eventuale perforazione delle lastre dovrà, invece, obbligatoriamente essere eseguita con strumenti a sola rotazione (ad es. carotatrici) così da evitare la possibilità che le sollecitazioni meccaniche, fornite da mezzi a roto-percussione, deteriorino ulteriormente il rivestimento (ad es. estendendo le situazioni di distacco o generando nuove lesioni);
– la sigillatura dell'apparato di fissaggio, ad esclusione dell'utilizzo di tasselli meccanici o chimici, dovrà avvenire previa accurata pulitura della perforazione e abbondante bagnatura (solo in caso di uso di malta) mediante idonea malta di calce idraulica naturale NHL 5 caricata con inerti pozzolanici o cocciopesto, con l'eventuale aggiunta di idoneo additivo così da compensare il ritiro della malta, in alternativa e solo dietro specifica indicazione di progetto, si potrà utilizzare betoncino di resina epossidica bicomponente a consistenza colabile esente da solventi;
– ogni pannello lapideo, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, dovrà sostenersi da solo, dovrà essere appeso (sistemi portanti) e non appoggiato a quello sottostante che, a livelli inferiori, si potrebbe trovare nelle condizioni di essere gravato da un peso non prevedibile o sostenibile;
– il sistema di ancoraggio dovrà considerare adeguati coefficienti di sicurezza che dovranno, necessariamente, tener conto dell'effetto combinato di forze, quali ad esempio la depressione causata dal vento, l'eventuale attività sismica, le vibrazioni generate dal traffico di superficie o sotterraneo ecc.;
– il sistema di ancoraggio dovrà, inoltre, essere progettato in modo adeguato soddisfando esigenze, talvolta contrapposte: realizzare tasselli di dimensioni sufficientemente contenute applicando contemporaneamente alla struttura il minor numero possibile di vincoli. Il nuovo sistema non dovrà, infatti, ostacolare i movimenti naturali del rivestimento e dovrà essere dotato di opportune guarnizioni (che dovranno presentare caratteristiche d'indeformabilità ed elasticità protratte nel tempo, ad es. in resine siliconiche) al fine di evitare una concentrazione eccessiva di tensioni;
– la chiusura dei fori e delle giunture dovrà essere eseguita adottando una stuccatura composta da materiali stabili (ad es. elastomeri florurati e polvere di pietra) tali da evitare cavillature e infiltrazioni (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto per le procedure riguardanti le stuccature superficiali); in alternativa, nel caso si ricorra a tasselli, si potranno mettere in opera idonei dischi lapidei di chiusura, costituiti da materiale lapideo dello stesso tipo del pannello e di dimensione adeguata a quella del foro; i suddetti dischi dovranno essere applicati mediante idonei collanti e successivamente sigillati con attente stuccature.

Avvertenze

Sarà, in ogni caso, sempre consigliabile effettuare controlli sistematici in corso d'opera con l'eventuale ausilio di endoscopie, in quanto potrebbero passare inosservate particolari situazioni costruttive differenti da quelle rilevate nel corso della campagna di indagini preliminari.

Messa in sicurezza con sistemi di fissaggio portanti rigidi

I sistemi portanti rigidi più comunemente utilizzati sono:

– piattina metallica (dimensioni minime 6x40x250-300 mm) da inserire nelle scanalature (di dimensioni di circa 2-3 mm superiori a quella della piattina) eseguite nei bordi di due pannelli sovrapposti, munita di doppia zancatura (costituita da due monconi di dimensioni minime 8x40x100 mm) annegate nella muratura d'ambito con malta di calce idraulica naturale NHL 5 a ritiro compensato. Le zanche di questo tipo si rileveranno particolarmente resistenti e quindi indicate per lastre di grande spessore (maggiore 3-4 cm);
– piattina metallica (dimensioni minime 8x60x150-180 mm) sdoppiata, in ambedue le teste, in due lembi ripiegati in versi opposti: un'estremità si inserirà nelle scanalature (di dimensioni di circa 2-3 mm superiori a quella della piattina) eseguite nei bordi di due pannelli sovrapposti, l'altra estremità verrà inghisata nella muratura con malta di calce a ritiro compensato; questo sistema potrà essere utilizzato per lastre di spessore medio-grande (2-3 cm);
– due piattine metalliche (dimensioni minime singola piattina 6x40x150 mm) accostate e ripiegate in versi opposti alle estremità, in modo da trattenere separatamente i bordi di due pannelli contigui, le zanche dovranno essere posizionate sui bordi orizzontali del pannello di spessore medio-grande;
– sistema con tassello meccanico (ad espansione forzata o geometrica) o chimico (tasselli a calza, a rete, a bussola retinata o a fiala di vetro, in ragione del supporto murario; la fiala di vetro sarà da utilizzarsi solo in presenza di materiali compatti)

da inserire in perfori eseguiti sul pannello mediante l'ausilio di strumenti a sola rotazione (ad es. carotatrici); i tasselli dovranno essere serrati seguendo i tempi ed il valore del carico previsto, così da evitare sia serraggi troppo elevati che potrebbero provocare fenomeni di snervamenti delle viti sia serraggi troppo lenti che non garantirebbero un'adeguata rigidezza all'ancoraggio. Questo sistema rigido sarà adatto per pannelli di spessore medio-grande.

Il tassello meccanico ad espansione forzata o geometrica sarà inserito nel perforo (precedentemente ben pulito con scovolino) con un'adeguata, quanto debole, percussione, dopo aver controllato l'assialità dell'elemento, si passerà all'operazione di serraggio mediante l'ausilio d'idonea chiave dinamometrica tarata al valore di carico prefissato dal progetto. L'ancoraggio con i tasselli ad espansione geometrica, al contrario di quello a percussione, provocherà meno tensioni nel materiale di supporto e, pertanto, consentirà l'applicazione con interasse e distanze dai bordi ridotte.

L'esecuzione del fissaggio del tassello chimico sarà leggermente differente: la procedura prevedrà, previo inserimento del tassello a rete, a calza o di una bussola retinata (in ragione del tipo di materiale costituente il supporto) di dimensioni uguali a quelle del foro (precedentemente ben pulito sia con scovolino sia con soffietto) e lunghezza misurata a partire dal fondo cieco della perforazione, l'estrusione, mediante pompa manuale o pneumatica, della resina collante entro i fori precedentemente predisposti iniziando l'iniezione dal fondo sino al riempimento di circa 2/3 del volume della cavità. Successivamente si inserirà manualmente, con movimento circolare, la barra metallica filettata, con diametro e lunghezza stabiliti dagli elaborati di progetto; al fine di favorire l'introduzione nella resina sarà vantaggioso tagliare la punta della barra a 45°. Dopo aver controllato la corretta assialità si procederà all'inserimento della rondella di guarnizione (in resina siliconica), alla rondella in metallo ed al dado, passato il tempo necessario affinché la resina indurisca (circa 60-90 minuti) si potrà procedere al serraggio del dado con l'ausilio di chiave dinamometrica tarata al valore di carico prefissato dal progetto.

Messa in sicurezza con sistemi di fissaggio portanti regolabili

I sistemi portanti regolabili più comunemente utilizzati sono:

– *sistema con piastre metalliche sagomate* di spessore minimo di 5 mm, inserite ed ancorate con bulloni (ad es. 10x30 mm) e dadi muniti di rosetta, in appositi profili metallici, generalmente sagomati a "C" con irrigidente, (ovvero piastre metalliche dello spessore minimo di ca. 10 mm) ancorati alla parete mediante tasselli meccanici o chimici o zanche di altro tipo. Uno dei vantaggi maggiori di questo sistema risiede nella possibilità di fissare i profili o le piastre alla parete sia in posizione orizzontale sia verticale in relazione alle dimensioni dei pannelli. Il vincolo utilizzato in questo sistema sarà di tipo a ritenuta.

  La sagomatura delle piastre sarà in funzione della loro posizione: la prima presenterà bordi ripiegati solo verso l'alto in modo da sostenere il solo pannello superiore, la piastra intermedia, utilizzata per il giunto chiuso (per pannelli medio-piccoli, spessore ca. 2-3 mm) presenterà dei bordi tutti d'eguale altezza ottenuti ripiegando l'estremità dell'ala orizzontale, mentre quella utilizzata per il giunto aperto (per pannelli medio-grandi, spessore ca. 6-8 mm o 15-20 mm se il giunto sarà a livello solaio) avrà bordi con altezze differenti: il labbro inferiore sarà più lungo così da poter entrare nella scanalatura della lastra sottostante. La piastra sommitale presenterà bordi piegati solo verso il basso. Al fine di risolvere l'eventuale mancanza di piombo della muratura si potrà ricorrere a cavalotti di spessoramento in acciaio interposti fra il profilo sagomato e la piastra di sostegno; in alternativa, nel caso di fissaggio con tasselli, si potrà intervenire anche sulla lunghezza della barra filettata;

– *sistema a spinotti,* simile a quello a piastra, utilizza profilati metallici ad "L" (ad es. 60x80x8 mm) muniti di fori sull'anima (al fine di consentire l'ancoraggio mediante tasselli alla muratura) e di asole sull'ala così da collocare degli spinotti metallici (ad es. 6x60 mm) che si inseriranno nelle scanalature praticate nei bordi delle lastre vincolandole a ritenuta. Anche questo sistema avrà la possibilità di fissare i profili alla parete sia in posizione orizzontale sia verticale in relazione alle dimensioni dei pannelli.

ART. 6.2 – OPERAZIONI DI CONSOLIDAMENTO OPERE MUSIVE

L'intervento si prefigge di ripristinare l'integrità e la stabilità della superficie (allentamento e/o distacco delle tessere) venuta meno a causa dell'alterazione della malta di allettamento (nucleus e sovranucleus) e della deformazione del supporto (statumen e radus) poiché la prima provoca la labilità delle tessere, mentre la deformazione del supporto implica l'allargamento e la compressione degli interstizi tra gli elementi tanto da provocarne l'inevitabile distacco. Tali deformazioni risulteranno più ricorrenti nei mosaici pavimentali (soggetti a continue azioni meccaniche e all'aggressione di erbe infestanti che provocano la disgregazione della malta) risultando decisamente dannose se la superficie è all'aperto. I mosaici parietali sono, invece, soggetti a deformazioni riconducibili a dissesti delle murature o delle coperture che generano le alterazioni degli strati di allettamento (nucleus e sovranucleus). In questi casi previa verifica dell'effettiva stabilità delle strutture si procederà al consolidamento dello strato di allettamento e alla stuccatura di eventuali lesioni seguendo quanto indicato per il consolidamento degli intonaci distaccati (utilizzando malte idrauliche, premiscelate o realizzate in situ, a basso peso specifico) valutando la complessità dell'intervento riconducibile al peso e alla rigidezza della massa distaccata.

Le procedure di consolidamento delle superfici mosaicate si concretizzano: nel consolidamento degli strati di allettamento, nella riadesione delle tessere al supporto, nella stuccatura degli interstizi e nel consolidamento dei bordi. Prima di procedere con le operazioni di consolidamento dovranno essere accertatati e ovviati tutti gli, eventuali, degradi presenti sulla superficie (efflorescenze saline superficiali, incrostazioni, depositi di natura microbiologica, sporco, grasso ecc.) ricorrendo a procedure

strettamente attinenti alla natura delle tessere e al loro stato di conservazione (per le operazioni di pulitura e preconsolidamento si rimanda a quanto esplicato negli articoli specifici). La decoesione e il disfacimento del supporto dei mosaici pavimentali sono provocati, sovente, da sollecitazioni indotte dalle radici che, ramificatesi sotto la superficie, provocano il sollevamento e il rigonfiamento di parti, l'insorgenza di lesioni nonché il deterioramento della trama. In questi casi, prima di effettuare l'intervento di consolidamento, previa apposizione di margini lignei posti perimetralmente alla superficie mosaicata, dovranno essere attuate delle preventive operazioni di preconsolidamento indirizzate sia alle tessere labili utilizzando, se non diversamente specificato dalla D.L., una malta di calce magra, sia alle lesioni più estese ricorrendo a bendaggi di garze di cotone applicate con resina acrilica in soluzione. Dopo aver asportato la vegetazione infestante, seguendo le indicazioni riportate negli articoli specifici, le discontinuità dovranno essere pulite, con l'ausilio di spazzole morbide di saggina, in modo da asportare ogni traccia di detriti e terriccio. La procedura proseguirà delimitando (con gesso) le zone di distacco accertate battendo la superficie o con la mano o con un martello di gomma così da poter circoscrivere l'entrata del collante; dovrà inoltre essere verificata, tramite lo "schiacciamento" della superficie eseguito con lievi pressioni della mano, la totale assenza di oggetti estranei (sassi, scaglie di malta ecc.) tra gli strati decoesi.

Nel caso in cui dovessero essere individuati corpi estranei, dovrà essere operata la loro rimozione ricorrendo all'uso di spatole e cazzuole o, in presenza di oggetti di considerevoli dimensioni, asportando una parte di tassellato, velando la superficie da rimuovere con un velatino di cotone, seguendo quanto indicato nella specifica procedura di stacco. In questo modo la lacuna potrà essere agevolmente pulita e liberata dalle impurità utilizzando spatoline metalliche e pennelli di setola. Verificato lo stato di conservazione del supporto ed operate le eventuali operazioni di consolidamento della superficie si procederà alla rimessa in opera della parte asportata, utilizzando una malta a base di calce idraulica naturale esente da sali solubili. Nel caso in cui l'intervento di consolidamento non preveda l'asportazione di parti, si procederà irrorando con acqua e alcool (con eventuale aggiunta di ammoniaca per migliorarne la penetrazione) la superficie così da liberarla da impurità depositatesi; dopodiché dovrà essere iniettato il collante (se non diversamente specificato dalla D.L., potrà essere usata una malta a base di calce idraulica naturale esente da sali solubili, caricata con carbonato di calcio o pozzolana ventilata - rapporto legante inerte 1:2/1:3 -resina acrilica in emulsione e gluconato di sodio) attraverso le lesioni precedentemente identificate premendo lievemente la superficie per aiutare la diffusione della malta.

La superficie dovrà essere, ad operazione ultimata, pulita con acqua. Le tessere in pietra e marmo distaccate potranno essere fermate utilizzando malta a base di calce idraulica naturale o resina acrilica in emulsione. Per quanto concerne i mosaici vitrei è opportuno utilizzare resine acriliche in soluzione per la riadesione delle tessere, mentre per il consolidamento del supporto l'utilizzo di malta a base di calce idraulica naturale può provocare, in caso di fuoriuscita dagli interstizi, l'inconveniente di opacizzare la superficie.

ART. 6.3 – OPERAZIONI DI CONSOLIDAMENTO DIPINTI MURARI (AD AFFRESCO ED A SECCO)

1. Generalità

Il consolidamento dei dipinti murari si rende necessario nei casi in cui si verifichi il distacco dell'intonaco dal supporto murario (consolidamento in profondità) e/o il disfacimento dello strato dipinto in scaglie o la polverizzazione (consolidamento corticale della pellicola pittorica).

2. Consolidamento in profondità

L'operazione di consolidamento in profondità delle superfici dipinte si rende necessaria nei casi in cui sia accertato il distacco dell'intonaco dal supporto murario. L'intervento prevede gli stessi passaggi esplicati nella procedura di consolidamento in profondità mediante miscele leganti facendo attenzione, in questo caso, ad utilizzare malte a base di calce idraulica (premiscelata o realizzate in situ) a basso peso specifico; inoltre, nella fase di foratura delle parti distaccate, dovrà essere fatta particolare attenzione a non intaccare zone figurate (volti o arti) sfruttando, dove risulterà possibile, piccole fessure o lacune già presenti sulla superficie.

Specifiche sui materiali premiscelati

La malta premiscelata per riadesione e riempimento di vuoti in sistemi ornamentali, dovrà presentare basso peso specifico (0,4 kg/dm³) e medie resistenze meccaniche, così da risultare idoneo per eseguire riadesione di elementi privi di funzioni statiche e non appesantibili come intradossi di volte affrescate, stucchi e superfici musive. L'impasto dovrà essere composto da leganti idraulici naturali, chimicamente stabili e a bassissimo contenuto di sali solubili, pozzolana, perlite ventilata e idonei additivi fluidificanti, ritentivi ed areanti. Dopo aver impastato energicamente per qualche minuto il premiscelato con acqua demineralizzata sarà consigliabile filtrare la boiacca ottenuta al fine di eliminare eventuali piccoli grumi formatisi in fase di impasto. Se non diversamente specificato questi prodotti dovranno essere iniettati entro 30 minuti dalla preparazione. Il prodotto non dovrà essere addizionato nella preparazione e posa con nessun altro componente oltre all'acqua di impasto e non dovrà essere assolutamente aggiunta acqua una volta che avrà iniziato la presa. Sarà consigliabile utilizzare siringhe di tipo veterinario prive di ago (diametro di uscita superiore ai 6 mm). Le caratteristiche chimico-fisiche medie dovranno essere: peso specifico 0,4 kg/dm³, lavorabilità 4 h, *bleending* assente, aderenza 0,9 N/mm², inizio presa a +20 °C 20 h, fine presa a +20 °C 44 h, resistenza a compressione a 28 giorni 31 N/mm², resistenza a flessione a 28 giorni 8 N/mm², modulo elastico 5200 N/mm², ritiro 0,4-1,2 mm, ritenzione acqua > 85%, permeabilità al vapore 3 μ.

3. Consolidamento della pellicola pittorica

Il consolidamento corticale della pellicola pittorica si prefigge lo scopo di arrestare il disfacimento della superficie dipinta procedendo alla riadesione e al fissaggio dello strato cromatico al supporto ricorrendo all'utilizzo di prodotti consolidanti e riaggreganti. Prima di procedere con l'intervento di consolidamento, la superficie dovrà essere ispezionata al fine di rintracciare eventuali alterazioni postume (integrazioni, restauri mal riusciti ecc.) o stati avanzati di degrado (efflorescenze saline, patine, polveri, sostanze grasse ecc.). In presenza di consistenti cristallizzazioni saline dovrà esserne operata la rimozione procedendo prima all'asportazione superficiale mediante l'ausilio di pennelli morbidi e, successivamente, all'estrazione dei sali solubili seguendo quanto indicato nella specifica procedura. L'eventuale presenza di solfati dovrà essere ovviata ricorrendo all'ausilio di carbonato d'ammonio.

Dovranno, inoltre, essere attuate, se necessarie, le operazioni di preconsolidamento e di pulitura della superficie, seguendo quanto indicato nelle specifiche procedure. Il preconsolidamento potrà essere effettuato per mezzo di velinatura con carta giapponese o velatino di cotone per garantire il fissaggio della parti sollevate della pellicola pittorica e con iniezioni localizzate per garantire la riadesione di scaglie e sollevamenti di parti macroscopiche dello strato pittorico; in quest'ultimo caso dovrà essere fatta particolare attenzione sia nell'esecuzione dell'operazione, sia nella scelta del prodotto da utilizzare al fine di evitare di compromettere la riuscita dell'operazione finale di consolidamento dell'intera superficie ovvero l'impedimento dell'adeguata penetrazione del consolidante in profondità poiché ostacolato dal prodotto applicato per la riadesione di scaglie.

La risoluzione prescelta per realizzare il consolidamento dovrà essere preventivamente verificata su campioni così da poterne attestare l'effettiva efficacia, ovvero l'azione fissativa ed adesiva delle parti di colore sollevate e la compatibilità materica rispetto alle componenti costituenti il dipinto. I prodotti che potranno essere utilizzati dovranno relazionarsi alla specifica tecnica utilizzata per il dipinto (affresco o a secco) così da poter definire le giuste proporzioni delle diverse parti componenti. Il prodotto potrà essere applicato sulle superfici ricorrendo a diverse tecniche (spruzzo, impacco o a pennello) da prescegliere in funzione delle caratteristiche e dello stato di conservazione del dipinto e del supporto; per questo risulterà necessario eseguire delle campionature. Il prodotto consolidante potrà essere scelto tra: idrato di bario, caseinato d'ammonio e di calcio, silicato di potassio, esteri dell'acido silicico, resine acriliche (in solventi come acqua distillata, diluente per etilsilicato, diluente nitro ecc.) inoltre, grassello di calce, cocciopesto e carbonato di calcio micronizzato in relazione alla specificità del caso. L'applicazione del prodotto consolidante dovrà essere effettuata con un'umidità relativa non superiore al 70% e con temperatura superficiale compresa tra +10 e +35 °C.

L'impacco risulterà adatto su dipinti a buon fresco o a mezzo fresco; a spruzzo (manuale o a volume d'aria) su dipinti a secco, l'applicazione a pennello su limitate porzioni di dipinti a secco. Per i dipinti a secco potranno essere utilizzati prodotti inorganici in soluzione acquosa; per dipinti ad affresco potrà essere utilizzato, tra le varie soluzioni, idrato di bario in soluzione satura o caseinato d'ammonio al 5% applicati ad impacco. Le superfici non interessate dall'intervento (soprattutto quelle limitrofe) dovranno essere opportunamente protette; risulterà opportuno per questo, mettere in atto presidi con fogli di polietilene, carte ecc. e delimitare il contorno dell'area di intervento con polpa di cellulosa, impastata con poca acqua distillata, così da garantire una zona di contenimento al fine di ovviare il percolamento della sostanza consolidante.

ART. 7 – PROTEZIONI

Premessa metodologica

Gli interventi di protezione devono assolvere principalmente il ruolo di salvaguardare il materiale dall'aggressione degli agenti naturali esterni (infiltrazioni d'acqua, depositi superficiali di sostanze nocive ecc.) e/o di natura antropica, ricorrendo all'uso di tecniche consone ad ogni caso specifico. Eseguite generalmente a compimento dell'intervento conservativo, le protezioni possono essere concepite sia come veri e propri presidi (schermi, tettoie, barriere ecc.) inseriti con l'intento di ostacolare l'innescarsi di patologie degenerative, proteggendo il manufatto in modo da ovviare direttamente alle cause di degrado, sia come applicazioni superficiali di materiali sacrificali, compatibili con la preesistenza, deteriorabili nel tempo.

Lo scopo di entrambe le risoluzioni è quello di difendere i materiali da diversi fattori, in molti casi concomitanti, come l'attacco fisico-chimico operato dagli agenti atmosferici e dalle sostanze nocive veicolate da questi, dalle azioni di organismi vegetali e animali, dai raggi ultravioletti, aerosol marini ecc. Fondamentalmente lo scopo principale richiesto alle operazioni di protezione è quello di impedire il passaggio dell'acqua all'interno del materiale e, allo stesso tempo, ostacolare l'aggressione degli inquinanti atmosferici; per fronteggiare entrambi i fattori i prodotti utilizzati devono presentare i requisiti di idrorepellenza, reversibilità, traspirabilità, assenza di sottoprodotti dannosi e stabilità alle radiazioni UV L'idrorepellenza è determinante al fine di evitare i degradi connessi alla penetrazione dell'acqua come i fenomeni ciclici di gelo e disgelo, la cristallizzazione dei sali solubili (efflorescenze saline, subefflorescenze ecc.) e la veicolazione di sostanze nocive; la reversibilità deve essere concepita come la possibilità di poter rimuovere il prodotto (applicato superficialmente) in caso si dovessero verificare, nel tempo, indesiderati e nocivi effetti collaterali ("effetto bagnato" ovvero un'alterazione cromatica dell'aspetto originale); la traspirabilità è altrettanto incisiva per la riuscita dell'operazione, poiché il protettivo applicato non deve ostacolare il passaggio del vapore acqueo presente nei muri ma deve consentirne il regolare deflusso, così da mantenere costanti i valori igrometrici delle strutture evitando pericolosi ristagni interni d'acqua. I prodotti adatti ad assolvere queste funzioni devono presentare, necessariamente, una buona compatibilità materica con il supporto così da avere comportamenti fisico-chimici similari mentre, per quanto concerne l'impatto visivo, le protezioni possono essere concepite sia come apporti totalmente trasparenti e neutri tali da consentire la totale leggibilità del supporto (sostanze principalmente di natura organica o a base di silicio) sia, come

degli strati la cui funzione di protezione, (scialbature, velature, sagramature, ecc.) nasconderà in parte la superficie muraria. La scelta di una delle due soluzioni a discapito dell'altra è strettamente connessa alla metodologia d'intervento scelta a discrezione del tecnico. Le superfici lapidee, inoltre, possono essere trattate con sostanze chimiche analoghe a quelle impiegate per il consolidamento, stese a formare una barriera superficiale trasparente ed idrorepellente capace di impedire o limitare considerevolmente il contatto con sostanze patogene esterne, ma al contempo di non eliminare la traspirabilità e la permeabilità al vapore acqueo.

Nel caso di preesistenti trattamenti protettivi coprenti si potrà decidere o di ripristinarli nelle parti dove sono venuti a mancare, così come in origine (diversificando, se ritenuto opportuno, il nuovo dal vecchio) o lasciare l'apparecchio a vista, accettandone il mutamento come fattore essenziale dell'aspetto della struttura, e proteggerlo ricorrendo a trattamenti neutri.

Generalmente le protezioni hanno una durata limitata nel tempo; risultano efficaci per un periodo che va dai 5 ai 10 anni dopodiché vengono a mancare le caratteristiche di idrorepellenza, per questo si rende necessario la messa in opera, previa la totale asportazione dei residui rimasti sulla superficie, di un nuovo intervento protettivo. Per questo motivo, l'applicazione programmata nel tempo dei cicli protettivi deve essere inserita nei programmi di manutenzione periodica.

ART. 7.1 – OPERAZIONI DI PROTEZIONE DEI MATERIALI LAPIDEI

Con il termine "materiale lapideo" dovranno sempre essere intesi (in accordo alle raccomandazioni NorMaL) oltre che i marmi e le pietre propriamente detti, anche gli stucchi, le malte, gli intonaci (affrescati, dipinti a secco, graffiti) ed i prodotti ceramici come laterizi e cotti.

1. Generalità

Considerato l'impatto e il ruolo attribuito ai protettivi la loro scelta dovrà essere operata sulla base dei risultati delle analisi di laboratorio realizzate su campioni di materiale; i provini dovranno essere preservati così da essere in grado di valutare l'effettiva efficacia e la durata nel tempo. Le campionature pre-intervento eseguite sotto il controllo della D.L. dovranno, necessariamente, essere catalogate ed etichettate; su tale etichetta dovranno essere riportati la data di esecuzione, il tipo di prodotto e/o le percentuali dell'impasto utilizzato, gli eventuali solventi e di conseguenza il tipo di diluizione o di concentrazione utilizzato, le modalità ed i tempi di applicazione.

La durata e l'inalterabilità del prodotto dipenderanno, principalmente, dalla stabilità chimica e dal comportamento in rapporto alle condizioni igrotermiche e all'azione dei raggi ultravioletti. L'alterazione dei composti, oltre ad essere determinante sulle prestazioni, potrà portare alla composizione di sostanze secondarie, dannose o insolubili, che invalideranno la reversibilità del prodotto.

2. Applicazione di impregnante idrorepellente

La procedura dovrà essere eseguita alla fine del ciclo di interventi previsti e solo in caso di effettivo bisogno, su apparecchi murari e manufatti eccessivamente porosi esposti sia agli agenti atmosferici, sia all'aggressione di umidità da condensa o di microrganismi animali e vegetali.

L'applicazione si effettuerà irrorando le superfici dall'alto verso il basso, in maniera uniforme ed abbondante fino a completa saturazione del supporto. Le mani da applicare dipenderanno dalla capacità di assorbimento del supporto, in ogni caso non potranno essere inferiori a due passaggi (consumo variabile da 0,2 a 1 l/m²). L'intervallo di tempo tra le varie applicazioni potrà variare, fermo restando che la mano precedente sia stata completamente assorbita; di norma i prodotti saranno applicati:

– a spruzzo, tramite l'utilizzo di apposite apparecchiature in grado di vaporizzare il liquido messo in pressione manualmente o da pompa oleo-pneumatica;
– a pennello morbido o rullo sino a rifiuto, utilizzando i prodotti in soluzione particolarmente diluita, aumentando gradualmente la concentrazione sino ad oltrepassare lo standard nelle ultime mani. Sarà utile alternare mani di soluzione delle resine (se in solvente) a mani di solo solvente per ridurre al minimo l'effetto bagnato (per maggiori dettagli sulle tecniche d'applicazione si rimanda a quanto detto nell'articolo sul consolidamento per impregnazione).

Se non diversamente specificato negli elaborati di progetto il trattamento protettivo dovrà essere applicato su supporti puliti, asciutti, privi d'umidità e di soluzioni di continuità (fessure superiori di 0,3 mm dovranno essere adeguatamente stuccate come da articoli specifici) a temperature non eccessivamente alte, intorno ai 20 °C (possibilmente su apparecchi murari non esposti ai raggi solari) al fine di evitare una brusca evaporazione dei solventi utilizzati. I prodotti utilizzabili, di norma, dovranno possedere un basso peso molecolare ed un elevato potere di penetrazione; buona resistenza all'attacco fisico-chimico degli agenti atmosferici; buona resistenza chimica in ambiente alcalino; assenza d'effetti collaterali e di formazione di sottoprodotti di reazione dannosi (produzione di sali); perfetta trasparenza ed inalterabilità dei colori; traspirazione tale da non ridurre, nel materiale trattato, la preesistente permeabilità ai vapori oltre il valore limite del 10%; dovranno risultare atossici.

Sarà sempre opportuno, a trattamento avvenuto, provvedere ad un controllo (cadenzato nel tempo) mirato a valutare la riuscita dell'intervento, così da verificarne l'effettiva efficacia.

La pluralità del potere idrorepellente sarà direttamente proporzionale alla profondità di penetrazione all'interno dei materiali. Penetrazione e diffusione del fluido dipenderanno, quindi, dalla porosità del materiale, dalle dimensioni e dalla struttura

molecolare della sostanza impregnante in relazione al corpo poroso (pesanti macromolecole ricche di legami incrociati non attraverseranno corpi molto compatti e si depositeranno in superficie), dall'alcalinità del corpo poroso, dalla velocità e catalisi della reazione di condensazione (prodotti fortemente catalizzati possono reagire in superficie senza penetrare nel supporto).

Specifiche sui materiali

I protettivi più efficaci per materiali lapidei (naturali ed artificiali tipo intonaci e cotti) apparterranno fondamentalmente alla classe dei composti organici (resine florurate, acril-siliconiche e poliuretaniche) e dei composti a base di silicio; la scelta dovrà, necessariamente, essere operata in relazione alle problematiche riscontrate, così come la quantità ottimale di protettivo sarà determinabile in via sperimentale su superfici campione; orientativamente su intonaco di calce nuovo asciutto saranno sufficienti 100-140 g/m² di soluzione protettiva. Nel caso di manufatti lapidei ovvero intonaci a calce di particolare valore storico-artistico dovranno, necessariamente, essere seguite scrupolosamente le raccomandazioni NorMaL vigenti.

I prodotti utilizzabili per i trattamenti di protezione, di norma, dovranno possedere le seguenti caratteristiche comprovate da prove ed analisi da eseguirsi in situ o in laboratorio:

a) basso peso molecolare ed elevato potere di penetrazione;

b) buona resistenza all'attacco fisico-chimico degli agenti atmosferici;

c) buona resistenza chimica in ambiente alcalino;

d) assenza di effetti collaterali e di formazione di sottoprodotti di reazione dannosi (produzione di sali);

e) perfetta trasparenza ed inalterabilità dei colori;

f) traspirazione tale da non ridurre, nel materiale trattato, la preesistente permeabilità ai vapori oltre il valore limite del 10%;

g) non tossicità;

h) reversibilità.

Normalmente un trattamento protettivo ha una durata massima di circa 5-6 anni, è, pertanto, consigliabile programmare una attenta manutenzione ordinaria ogni 4-5 anni.

Per le caratteristiche dei protettivi fluorurati così come per quelli a base di resine acril-siliconiche si rimanda alle specifiche dell'articolo inerente il consolidamento dello strato corticale mediante impregnazione.

3. Tinteggiatura alla calce (scialbatura)

La tinteggiatura alla calce potrà essere utilizzata in ambienti interni ed esterni a patto che non siano aggressivi e a condizione che il supporto non sia stato ancora "compromesso" da una precedente pitturazione a legante polimerico che ne renderebbe difficoltosa l'adesione (in questo caso sarà necessario procedere all'asportazione totale della precedente pittura prima dell'applicazione della tinta). I vantaggi di una tintura alla calce risiedono nell'alta compatibilità con i materiali del supporto, nel "rispetto" dei colori e dei toni cromatici degli edifici storici e nella sanificazione dell'ambiente con conseguente prevenzione di muffe grazie alla naturale basicità e all'elevato tasso di traspirabilità; per contro, saranno soggetti all'azione degradante dell'anidride carbonica combinata con l'acqua e dei gas inquinanti dell'aria.

La procedura prevede che il grassello di calce, stagionato almeno 24 mesi (o calce idrata in fiore) venga stemperato in una quantità d'acqua necessaria al fine di ottenere un composto sufficientemente denso (rapporto grassello acqua 1:2); dovrà essere lasciato riposare da un minimo di 6-8 ore ad un massimo di 48 ore. A stagionatura avvenuta il composto sarà passato al setaccio (con vaglio a 900 maglie/cm²) allo scopo di eliminare le impurità presenti nell'impasto (parti insolubili o corpi estranei). L'acqua utilizzata per l'impasto dovrà essere esente da impurità di carattere organico (acidi, sali e alcali) causa di incompattezza delle tinte, alterazioni dei colori e macchie. La coloritura dell'impasto si otterrà tramite l'aggiunta di pigmenti minerali (massimo 10% in volume rispetto al latte di calce) e terre naturali o artificiali (massimo 25-30% in volume, superando queste dosi potrebbe essere necessario integrare il potere del legante con additivi di varia natura: generalmente resine acriliche). I pigmenti prima di essere amalgamati al latte di calce, al fine di poter ottenere la dispersione omogenea dei colori, dovranno essere stati immersi in una quantità d'acqua pari al doppio del loro volume, lasciati riposare per alcune ore e passati al setaccio (in modo da trattenere i grumi più grossi). La tinteggiatura alla calce, perde tono nei primi mesi dopo l'applicazione, pertanto sarà consigliabile amplificare leggermente il dosaggio di pigmento al fine di ottenere, a distanza di tempo, la coloritura desiderata.

Prima di procedere all'operazione di tinteggiatura dovranno essere verificate le condizioni del supporto che dovrà presentarsi pulito, ben aderente, privo di depositi superficiali, macchie di umidità e patine di smog; a tal fine sarà opportuno eseguire uno o più cicli di pulitura così da rimuovere eventuali efflorescenze saline o presenze di muffe od altri infestanti biologici (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto negli articoli inerenti le puliture) e nel caso l'intonaco si presentasse disgregato o distaccato sarà opportuno procedere ad un eventuale consolidamento (riadesione di distacchi mediante iniezioni), facendo cura di ovviare ad ogni lacuna, cavillatura o fessurazione tramite rappezzi e/o stuccature (per maggiori dettagli si rimanda agli articoli inerenti le stuccature e i rappezzi d'intonaco), così come, al fine della buona riuscita, sarà sconsigliato stendere la pittura a calce in condizioni climatiche di eccessiva umidità, eccessivo caldo o freddo.

Per ottenere una superficie compatta, duratura e colorata uniformemente, sull'intonaco ancora fresco si dovrà stendere una mano di fondo composta da latte di calce molto grasso dopodiché, prima della completa asciugatura, si applicherà il colore

molto diluito; in questo modo si assicurerà una maggior capacità legante al tinteggio senza dover ricorrere ad additivi. Quando la tinteggiatura a calce verrà impiegata come integrazione pittorica sarà opportuno aggiungere al composto utilizzato per la stesura della seconda mano, un additivo (legante) allo scopo di migliorare le caratteristiche fisiche della tinta; si potrà ricorrere a delle emulsioni acriliche al 2-3% o al caseinato di calcio con aggiunta di ammoniaca (antifermentativa). Prima di applicare la tinta su tutta la parete, al fine di ottenere la tonalità di colore desiderata, si dovranno eseguire delle prove campione poiché la tinta a base di calce schiarisce notevolmente una volta essiccata; inoltre la tinta, seccando, aumenterà il proprio potere coprente, fattore che dovrà essere tenuto conto in funzione dell'effetto che si intenderà ottenere, (le prove potranno essere eseguite o direttamente su piccole porzioni di intonaco oppure su blocchetti realizzati con terra d'ombra). Per la stesura della tinta sul supporto si dovranno utilizzare pennelli a setola animale o le pompe impiegate per le irrorazioni delle viti. Nel caso di pennelli, la stesura dovrà procedere sempre nella stessa direzione (da sinistra a destra, o dall'alto verso il basso). La tinta dovrà essere frequentemente mescolata, al fine di evitare il deposito del materiale, e protetta da luce, aria e polvere durante gli intervalli di lavoro, così da evitare alterazioni che potrebbero produrre variazioni di tonalità; andrà, in ogni caso tenuto presente che sarà da evitare di consumare per intero la quantità di prodotto contenuta nel recipiente in modo che il pennello non tocchi il fondo dove, comunemente, si ha un deposito di pigmenti che intensificano la tonalità del colore.

In alternativa al grassello di calce potrà essere utilizzata della calce idraulica naturale NHL 2 in rapporto di 1:2 con l'acqua (in caso di superfici molto porose occorrerà una maggiore diluizione).

Al fine di ovviare veloci degradi, dovuti agli agenti atmosferici ed inquinanti, dopo che la tinta si sia asciugata e comunque non prima di circa quattro settimane, sarà consigliabile provvedere alla stesura di una mano di protettivo a base di silossani ovvero, dietro specifica indicazione della D.L., mani successive di soluzioni di silicato di potassio.

Specifiche

Prima di iniziare l'operazione di tinteggiatura accertarsi che il supporto sia esente da fenomeni d'umidità poiché potrebbero generare, ad operazione ultimata, l'insorgenza di macchie. Nel caso in cui l'intervento dovesse adattarsi alla tonalità di colore di una preesistente tinteggiatura "storica" alla calce si ricorda che con l'uso dei pigmenti artificiali difficilmente potrà essere riprodotto lo stesso tono di colore; gli ossidi naturali risulteranno, pertanto, più consoni allo scopo. Per l'applicazione della tinta di calce sarà sconsigliato l'utilizzo del rullo.

La tinta a calce, se applicata su di un intonaco di malta di calce aerea, potrà essere stesa direttamente anche se lo strato non risulterà completamente asciutto; mentre, se data su intonaco di malta di calce idraulica naturale o su tinteggiatura a calce preesistente, dovrà essere preceduta dall'imbibizione, a più riprese, di tutta la superficie da trattare, con uno strato d'ancoraggio realizzato con una mano di latte di calce grassa su cui applicare a bagnato la tinta a calce; quest'ultima operazione sarà da eseguire con cura specialmente durante la stagione estiva ed in presenza diretta di irraggiamento solare, così da evitare il fenomeno della "bruciatura" che comprometterebbe il risultato finale. La tinteggiatura a calce non dovrà essere applicata su supporti contenenti gesso né su superfici cementizie od intonacate con malte a base di cemento.

Nel caso di messa in opera di formulato con percentuali di resina acrilica sarà necessario invertire la procedura tradizionale, ovverosia si dovrà stendere la tinta su supporto perfettamente asciutto. La durabilità di una tinta a calce additivata con resina acrilica crescerà in base alla percentuale di resina contenuta; al fine di ottenere una durabilità elevata occorrerà una percentuale di resina intorno al 30-35% in volume sul secco, a discapito, però, della trasparenza e della ritenzione di sporco.

Nel caso in cui la tinteggiatura avvenga su superfici esterne sarà necessario, dopo aver terminato l'applicazione, proteggere la superficie per alcuni giorni da eventuali piogge al fine di evitare "sbiancamenti" dovuti alla migrazione dell'idrossido di calcio.

Nel caso invece di applicazione in ambienti interni sarà consigliabile, dopo avere terminato l'applicazione, arieggiare i locali per alcuni giorni per favorire l'indurimento del legante mediante il processo di "carbonatazione".

La tinteggiatura a calce dovrà essere, preferibilmente, eseguita in primavera o in autunno in quanto la calce subisce alterazioni irreversibili se utilizzata a temperature troppo rigide o elevate; in queste condizioni si verificano, in genere, due patologie di degrado: la calce "brucia" dando vita ad imbianchimenti diffusi e perdendo di coesione rispetto al supporto; la tinteggiatura "sfiamma" producendo superfici non omogenee in cui le pennellate risultano particolarmente evidenti. Applicare, pertanto, la tinta con temperature del supporto comprese tra i +5 °C ed i +30 °C e con umidità relativa inferiore all'80%; non tinteggiare in presenza di forte vento.

4. Trattamento all'acqua sporca (velatura)

Questo tipo di trattamento potrà avere la funzione di protettivo (e allo stesso tempo blando consolidante) su materiali come pietre, laterizi ed intonaci. L'applicazione acquosa del latte di calce (idrossido di calcio) dovrà essere realizzata su superfici perfettamente pulite (seguendo le metodologie indicate nell'articolo specifico sulle puliture) e, se necessario, consolidate (per maggiori dettagli si rimanda all'articolo inerente il consolidamento degli intonaci mediante iniezioni e a quello inerente i rappezzi d'intonaco); il supporto, infatti, dovrà presentarsi privo di lacune con le fessure di piccole dimensioni opportunamente stuccate (per maggiori dettagli si rimanda all'articolo inerente le stuccature). La preparazione della cosiddetta acqua sporca consisterà nel colorare leggermente l'acqua di calce mediante l'aggiunta di pigmenti colorati; un cucchiaio di pigmento naturale in un secchio d'acqua (10-12 l). L'intervento verrà realizzato inumidendo, preventivamente, la parete da trattare per mezzo di un pennello morbido imbevuto d'acqua, dopodiché si procederà alla stesura del protettivo mediante l'uso di pennelli (preferibilmente a setola animale morbida), nebulizzatori o rulli. L'applicazione dovrà procedere a strati successivi (da sinistra

a destra, o dall'alto verso il basso) in modo da garantire la copertura totale della superficie; dopo l'ultima mano potrà essere applicato un fissativo (caseinato di calcio) addizionato all'acqua.

In alternativa al latte di calce ricavato da grassello si potrà utilizzare una parte di calce idraulica naturale NHL 2 stemperata in 4-6 parti di acqua.

5. Tinteggiatura ad affresco

Tecnica pittorica da mettere in opera solo in casi particolari (a causa delle difficoltà operative-logistiche che necessitano una stretta collaborazione tra colui che applica l'intonaco e colui che dovrà "pitturare" la superficie) garantisce senza dubbio maggior brillantezza e durabilità dei colori, i quali penetrano all'interno della superficie intonacata ancora fresca partecipando all'essiccazione e diventano un tutt'uno con il supporto: la tinteggiatura durerà quanto durerà l'intonaco. Dal momento che in questa tecnica l'intonacatura dovrà anticipare di poco le operazioni di tinteggio, sarà indispensabile fissare con attenzione le aree di lavoro giornaliere in modo da localizzare opportunamente le "giunzioni" tra le successive stesure dell'intonaco in aree poco visibili. La "tinta", in questo caso, dovrà essere esente da alcun legante poiché composta solamente da pigmenti naturali accuratamente macinati e stemperati in acqua pura.

Su superfici murali nuove sarà necessario avere molta cura della stesura degli strati di rinzaffo e arriccio e, soprattutto, nelle operazione di bagnatura della superficie prima e dopo l'arricciatura, così da evitare che parti non adeguatamente bagnate sottraggano l'acqua alla malta provocando cavillature che potrebbero facilitare il distacco dell'intonaco. Secondo le indicazioni della D.L. si procederà alla messa in opera del velo (generalmente composto da 1 parte di grassello ben stagionato ed 1 parte di polvere di marmo con l'eventuale aggiunta di 1 parte di sabbia silicea vagliata e lavata) solamente su quelle porzioni che potranno essere tinteggiate nel giro di 2 o 3 ore. Questa operazione potrà essere eseguita con frattazzo di legno, di acciaio o di spugna a secondo delle finiture dell'intonaco che saranno prescritte nel progetto. Nel caso che la superficie presenti una non perfetta levigatura sarà necessario intervenire mediante spazzolatura leggera eseguita con pennello morbido al fine di rimuovere i granuli di sabbia che, ancora mobili, impasterebbero la tinta.

Le tecniche di tinteggio a fresco vere e proprie potranno essere due: la prima darà una superficie compatta e dalla colorazione uniforme, la seconda darà una superficie a velatura. In entrambi i casi non si potrà iniziare a dipingere subito dopo avere steso il velo ma sarà necessario attendere circa 4/6 ore dalla stesura dell'intonaco, quando cioè, premuto un dito sulla superficie, questa non lascia alcuna traccia.

Con la prima tecnica, previa leggera bagnatura, eseguita con nebulizzatore, potrà essere eseguita la tinteggiatura che dovrà essere stesa a pennello in due mani successive, intervallate da circa un'ora, incrociando le pennellate stese in precedenza.

Il colore dovrà essere molto guazzoso ed abbondante, il segnale-spia di un intonaco non più fresco verrà fornito dalla mancata scorrevolezza del pennello. Prima di stendere il terzo ed ultimo strato sarà necessario rullare la superficie con cilindro di vetro (bottiglia di vetro o frattazzo di plastica duro) così da rompere la pellicola vetrosa e far trasudare l'acqua contenuta dalla calce. Compiuta questa operazione si procederà a stendere velocemente il terzo ed ultimo strato di tinta.

La seconda tecnica, quella della "velatura", dovrà lasciare intravedere la tramatura dell'intonaco sottostante il quale, per ovvi motivi, dovrà essere eseguito a perfetta regola d'arte. Previa bagnatura della superficie si stenderà una sola mano di colore che dovrà essere molto allungata con acqua. Una volta terminata la stesura del colore, per tutte e due le tecniche sopra descritte, sarà opportuno provvedere a nebulizzare acqua sopra la superficie intonacata così da ritardare l'essiccazione del velo e rendere i colori ancora più brillanti.

Una volta indurito l'intonaco le decorazioni ad affresco potranno essere ritoccate solo a secco.

Al fine di ovviare a veloci degradi, dovuti agli agenti atmosferici ed inquinanti, dopo circa quattro settimane sarà consigliabile, come per le tinteggiature alla calce, provvedere alla stesura di una mano di protettivo a base di silossani.

Specifiche

Una variante della tinteggiatura ad affresco è il "mezzo fresco" ovvero la tinteggiatura su intonaco già "stanco", ossia quasi del tutto indurito; anche in questo caso si utilizzeranno pigmenti in polvere ma al posto dell'acqua verrà utilizzato come "legante" il latte di calce. Chimicamente il risultato che si otterrà sarà molto simile a quello dell'affresco, infatti il latte di calce subisce lo stesso processo di carbonatazione, ma visivamente il risultato sarà diverso: una parete decorata con il metodo del mezzo fresco risulterà più "sbiadita" rispetto ad una decorata ad affresco.

Una sorta di variante rispetto all'affresco è la tecnica del "graffito". Previa la stesura e la quasi asciugatura di una mano di velo diversamente pigmentato, di norma scuro (se non diversamente specificato si eseguirà un velo in grassello di calce, sabbia o pozzolana e carbone di legna polverizzato, rapporto legante inerte 1:2) si stenderà un ulteriore intonachino costituito da calce e sabbia bianca per uno spessore di circa 2-3 mm. Una volta indurito l'ultimo strato si potrà procedere a tracciare a spolvero il motivo ornamentale voluto e successivamente si potrà passare ad incidere con spatole di ferro od altri attrezzi di varia forma, così da evidenziare il decoro attraverso il contrasto cromatico delle due superfici.

6. Pittura a tempera o a colla

La pittura a tempera prevede l'applicazione, su superficie bene asciutta, di una miscela composta da pigmenti colorati dispersi in acqua e di una sostanza legante predominante come la colla animale, la colla vegetale (preferibile perché meno grassa di

quella animale) o più raramente l'uovo, il latte e i suoi derivati. Fondamentalmente la tecnica della pittura a tempera potrà essere eseguita in tre modi:

– stemperare i colori con acqua e dipingere mischiando la soluzione con colla;
– dipingere con i colori senza legante ossia, stemperare con sola acqua i pigmenti e poi, quando la pittura sarà perfettamente asciutta vaporizzare delle soluzioni molto lunghe di colla;
– amalgamare le polveri colorate con la colla e diluire con acqua al momento di dipingere avendo l'accortezza di miscelare bene mediante frusta meccanica.

La quantità di legante (colla) dipenderà dalla sua qualità e dalla quantità dei colori, essendo questi più o meno assorbenti. In linea generale le colle andranno miscelate alle tinte così da conferire loro maggiore adesività; potendo fare con limitatissime quantità, si guadagnerà una maggior purezza della tinta, una maggiore durata e nitidezza e le tinte risulteranno meno soggette ad alterarsi con il passare del tempo. Orientativamente sulla quantità di colla da utilizzare potranno essere fissate le seguenti regole: le tinte per esterni dovranno contenere più colla di quelle per interni; la prima mano di tinta dovrà essere più carica rispetto alle successive e le ultime mani dovranno essere progressivamente meno adesive. Sarà sempre necessario, pertanto, eseguire delle prove al fine di valutare la consistenza della tinta.

La procedura prevedrà, previa stesura di imprimitura uniforme della parete a base di colla ed acqua (in rapporto di 1:2), due mani di colore intervallate da almeno 12 ore, ovvero la seconda dovrà essere stesa solo quando la prima mano risulterà completamente asciutta.

Nella preparazione del primo strato sarà sempre consigliabile (obbligatorio per gli esterni) caricare la tinta con carbonato di calcio o caolino (cariche che resistono meglio all'azione degli agenti atmosferici) mischiati alle polveri colorate, anch'esse ben stemperate. Questa miscela colorata dopo essere stata lasciata riposare e più volte miscelata dovrà prima essere filtrata con un setaccio poi, previa aggiunta di collante, potrà essere utilizzata come tinta. La tinta dovrà essere non troppo densa né troppo fluida.

Nella composizione della tinta finale si potranno utilizzare tutti i colori tenendo presente però che dovranno essere lasciati per un certo periodo di tempo in acqua così da dare modo ai colori in polvere di disciogliersi uniformemente. Sarà preferibile lasciare riposare la tinta per almeno 12 ore così da evitare, a tinteggiatura asciutta, eventuali striature. La tinta per l'ultima mano non dovrà essere né troppo diluita né troppo densa, dovrà essere fluida così da coprire bene senza fare croste.

Il pennello per l'applicazione dovrà essere a setola animale e la stesura dovrà procedere sempre nella stesa direzione (da sinistra a destra, o dall'alto verso il basso incrociando la direzione negli strati successivi). Nell'intingere i pennelli non si dovrà né toccare il fondo del recipiente né comprimere il pennello per fare uscire la tinta. Il grado di resistenza alla temperatura della tinteggiatura a tempera dipende dalle caratteristiche del legante utilizzato.

Specifiche

La tempera non risulterà indicata per le superfici intonacate con malte cementizie e con malte contenenti calce eminentemente o mediamente idraulica.

7. Tinteggiatura ai silicati

La pittura ai silicati si compone essenzialmente di silicato di potassio, sabbia di quarzo e pigmenti minerali. Le pareti da tinteggiare dovranno risultare asciutte sia in superficie che negli spessori retrostanti; questo requisito dovrà essere controllato anche con appositi apparecchi; l'umidità non dovrà superare il 14%. Questo pittura potrà essere applicata su intonaci a base di calce aerea, idraulica o cementizi previa eventuale mano (preferibilmente a spruzzo) di imprimitura:

– le pareti intonacate con malta di calce dovranno preventivamente essere trattate con una soluzione di 0,200 kg di acqua, 0,700 kg di latte non acido e 0,100 kg di grassello di calce;
– le superfici di cemento od intonacate con malta di cemento dovranno essere preventivamente lavate con una soluzione al 5% di acido cloridrico in acqua;
– le superfici in muratura dovranno preventivamente essere lavate con soluzione al 5% di acido solforico in acqua.

Eventuali efflorescenze saline che si rilevassero dopo l'essiccazione dei suddetti trattamenti preliminari dovranno essere asportate mediante spazzolatura prima di iniziare la tinteggiatura.

Le tinteggiature a base di silicati non dovranno essere eseguite su sopporti contenenti gesso.

L'inizio delle operazioni di tinteggiatura non dovrà aver luogo prima che siano trascorse almeno 12 ore dai trattamenti preliminari. Tra l'applicazione di una mano di tinteggiatura e l'altra dovranno trascorrere almeno 12 ore e lo strato successivo dovrà essere preceduto dalla accurata spolveratura di quello sottostante.

Il silicato, utilizzato come diluente e fissativo del colore, si presenterà come un liquido denso e trasparente che, diluito con acqua pulita priva di sali (ad es. acqua distillata) e aggiunto con una base di bianco (tipo bianco di Spagna, carbonato di calcio o bianco di zinco, quest'ultimo poco coprente potrà essere utilizzato per raggiungere un effetto finale di trasparenza) e pigmenti minerali macinati finemente, potrà essere steso in due mani mediante pennellesse rettangolari grandi a setola morbida, o spruzzo (con quest'ultimo sistema si otterrà un effetto più omogeneo); in linea generale la resa, in ragione del supporto, potrà essere stimata intorno ai 150-250 g/m² per la prima mano, 100-200 g/m² per la seconda passata. La tinta non

dovrà essere applicata su pareti assolate, ed in genere nelle ore più calde, né in condizioni di vento; la tinta potrà essere applicata anche alla temperatura di zero gradi e con tempo umido.

La preparazione della tinta avverrà seguendo una precisa procedura, ovverosia si disperderanno il bianco di base (bianco di zinco) e i pigmenti in acqua distillata fino a formare un miscuglio sciolto, dopo si introdurrà il silicato in ragione, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, di 1:8 o 2:8 rispetto alla restante massa; il preparato, a causa dell'instabilità del silicato di potassio, dovrà essere frequentemente amalgamato (in modo che i pigmenti siano sempre ben dispersi) e steso entro le 4 ore successive se si opererà all'interno, 6 se si utilizzerà all'esterno. Sarà pertanto consigliabile preparare la sola quantità di prodotto realmente utilizzabile nei tempi di lavoro previsti. Al fine di stabilizzare il silicato di potassio si potrà aggiungere alla miscela una quantità minima di resina in emulsione (< al 5%). La tinta ai silicati sarà tanto più scura quanto più silicato sarà utilizzato, pertanto sarà consigliabile preparare la tinta prima di mescolarvi il silicato di un tono più chiaro rispetto a quello previsto dal progetto.

Il silicato di potassio a contatto con la superficie d'intonaco genererà la formazione di silice che a sua volta legherà intimamente il pigmento con il sottofondo e lo consoliderà rendendolo durevole e resistente senza la formazione di film continuo (assenza di discontinuità tra finitura e supporto). Questo tipo di pittura renderà quasi del tutto impermeabile il supporto murario ma, allo stesso tempo, manterrà una certa permeabilità al vapore (coefficiente di permeabilità < 90 □). Con il trattamento ai silicati si otterrà, inoltre, una finitura in grado di contrastare l'attacco da parte di agenti inquinanti (ritenzione dello sporco bassa), atmosferici e dei raggi ultravioletti senza sacrificare l'aspetto estetico. La stabilità cromatica di questo tipo di tinteggiatura permetterà, attraverso l'ausilio di spugna naturale o frattazzo, di mostrare ed esaltare la tessitura e la trama della finitura superficiale dell'intonaco.

Avvertenze

Una volta terminata la tinteggiatura questa non dovrà presentare nessuno dei seguenti difetti: tinta non uniforme ed irregolare, macchie in superficie, croste ed efflorescenze, problemi di adesione, distacchi crostosi, colaggi di tinta, spolvero superficiale, zone lucide, striature, cretti e screpolature.

Specifiche sui pigmenti

I pigmenti da impiegare con i silicati non stabilizzati sono quelli minerali utilizzati per la tecnica dell'affresco; sarà, tuttavia consigliabile eseguire delle campionature al fine di verificare la reale compatibilità: si scioglierà una minima parte di pigmento in una modesta quantità di silicato, se il pigmento non precipita depositandosi sul fondo significherà che sarà idoneo all'uso.

7.1. Tinte semitrasparenti ai silicati organici

Queste tinte si differenzieranno da quelle tradizionali in quanto conterranno, oltre all'agente silicato di potassio legante, una dispersione sintetica resistente agli alcali, cariche, additivi reologici e antibiodeteriogeni; la quantità totale di sostanze organiche potrà raggiungere al massimo il 5% del peso, con riferimento al peso totale del prodotto finito. La dispersione sintetica contenuta in queste tinte organosilicati e che non darà vita a pellicola e perciò non sarà considerata agente legante; queste tinte risulteranno traspiranti ed invecchieranno per progressiva erosione e dilavamento superficiale. La dispersione sintetica avrà soltanto una funzione reologica e protettiva subito dopo l'applicazione della tinta fino a che la "silicificazione" non progredisca in modo sufficiente. Sovente in questa seconda tipologia di tinta ai silicati non si fa uso di pigmenti bianchi (con elevato potere coprente), di conseguenza risultando semitrasparente potrà rivelarsi valida alternativa alla tinta alla calce specialmente in ambienti esterni particolarmente aggressivi sia dal punto di vista climatico che atmosferico. L'invecchiamento di queste pitturazioni si manifesta con un degrado per successivi erosione e dilavamento, come per quelle alla calce ma molto più lento e controllato.

Indicazioni per l'applicazione

Le tinte ai silicati organici, come le tinte alla calce, non potranno essere applicate su supporti precedentemente trattati con pitture a base di leganti polimerici (in questi casi prima di eseguire la tinteggiatura sarà necessario rimuovere la vecchia pellicola pittorica mediante spazzolatura, raschiatura e/o sabbiatura controllata fino ad asportazione completa).

Intonaco antico di malta di calce aerea e/o idraulica e in buono stato di conservazione: si potrà procedere, previa leggera pulitura ed eventuale spazzolatura con scopa di saggina dura al fine di asportare ogni residuo di polvere, direttamente alla stesura della mano di fissativo ai silicati e di due mani di tinta, opportunamente diluite, stese con estrema accuratezza (il colore dovrà essere steso sempre nello stesso verso orizzontale o verticale, senza ripassare troppe volte sullo stesso punto, bisognerà fermarsi allorché la superficie diventa di nuovo assorbente) e a 12 ore (meglio dopo 24 ore) di distanza l'una dall'altra. In alterativa al fissativo ai silicati la superficie potrà essere preparata con una o due mani di un composto a base di acqua, latte bollito e calce idrata nelle seguenti proporzioni: acqua 20 l, latte bollito 65 l, grassello di calce 25 dm^3, calce idrata in fiore 30 dm^3. Nel caso in cui siano presenti alghe, funghi, muschi, licheni sarà necessario bonificare e/o disinfestare l'intonaco con idonei biocidi.

Intonaco nuovo di malta di calce aerea e/o idraulica: è opportuno, prima di procedere alla stesura del fissativo ai silicati e alla doppia mano di tinteggiatura, attendere almeno 4 settimane dal completamento dello stesso; nel caso l'intonaco fosse realizzato in malta bastarda (calce e cemento) o di solo cemento è, inoltre, consigliabile provvedere ad un trattamento al fine di neutralizzare l'alcalinità e abbassare il pH dell'intonaco. Questa operazione risulta particolarmente indicata in caso di rappezzo di intonaco eseguito con malta bastarda: in questo caso, infatti, è basilare uniformare il ph dell'intonaco così da evitare un diverso grado di igroscopicità tra intonaco antico e nuovo rappezzo ed il conseguente fenomeno della comparsa di macchie a tinteggiatura ultimata.

Superfici non omogenee (rappezzi): l'applicazione di queste tinteggiature (fissativo + 2 mani di tinta) su superfici non omogenee, caratterizzate da rappezzi realizzati in epoche diverse od in presenza di efflorescenze saline, dovrà essere preceduta da un trattamento di fluatazione tramite l'utilizzo di fluosilicati di magnesio e alluminio, allo scopo di trasformare i sali solubili in acqua in composti insolubili, in tal modo vengono bloccate ulteriori possibilità di sviluppo di efflorescenze saline e, nello stesso tempo, viene omogeneizzata la struttura chimica del supporto, garantendo lo stesso livello di reattività alcalina. Il supporto su cui intervenire non dovrà, inoltre, presentare residui di pitturazioni sintetiche. Il trattamento con fluatanti è a base acida contrariamente alle pitture ai silicati che sono a base alcalina per cui è fondamentale evitare il contatto diretto tra pittura e fluatante ancora bagnato. In alternativa al lavaggio fluatante, dietro specifica indicazione delle D.L., si potrà operare un accurato lavaggio con acqua possibilmente calda e vaporizzata del vecchio intonaco avanti l'esecuzione dei rappezzi e, cosa indispensabile, lasciare stagionare per almeno 4 settimane la superficie rappezzata.

Pietre naturali: prima di procedere si dovrà accertare che la superficie sia opportunamente asciutta, compatta, ben pulita, esente da efflorescenze saline. Dopo un pre-trattamento con fissativo ai silicati di procederà all'applicazione di due mani di tinta.

Specifiche

Prima di iniziare la tinteggiatura ai silicati sarà opportuno schermare con cura le parti che non dovranno essere dipinte (in particolar modo le parti in vetro, in pietra, in ceramica e in metallo), gli eventuali spruzzi dovranno inoltre essere rimossi celermente con abbondante acqua e non lasciati asciugare in quanto la pittura al silicato risulta irreversibile una volta asciutta.

8. Applicazione trattamento antigraffito

I graffiti, generalmente presenti sulle superfici dei materiali che rivestono gli edifici, sono realizzati mediante vernici spray e pennarelli indelebili e, come tali, particolarmente difficoltosa potrà risultare la loro asportazione; l'uso di solventi o della sabbiatura, anche se in parte metodi efficaci, risulteranno tecniche troppo aggressive tanto da alterare la natura stessa del supporto.

Al fine di agevolare la rimozione di queste vernici, si potrà preventivamente trattare la superficie (pietra, laterizio ed intonaco) mediante formulati capaci di limitare i danni provocati dai graffiti ovvero impedire l'assorbimento delle vernici e degli inchiostri da parte del materiale; questi prodotti potranno essere permanenti (resistendo a più cicli di pulitura) o sacrificali (la loro durata si limiterà ad un solo intervento di pulitura). I protettivi permanenti si comporranno di sostanze fluorurate (alchilfluorosilano), resine poliuretaniche e miscele di resine sintetiche; quelli sacrificali invece, da cere microcristalline, polisacaridi, resine acriliche e sostanze siliconiche. In entrambi i casi, i prodotti utilizzati dovranno essere: trasparenti (il più possibile in modo da non alterare l'aspetto cromatico della superficie), impermeabilizzanti, traspiranti, oleofobici e capaci di consentire la rimozione del graffito ricorrendo a tecniche che non implichino apparecchiature specifiche. Il prodotto, che dovrà essere messo in opera su superfici pulite ed asciutte, potrà essere applicato a pennello, rullo o a spruzzo; la temperatura di applicazione dovrà essere compresa tra i +5 °C e i +35 °C e in assenza di fenomeni come: sole battente, pioggia o vento. Dovrà, inoltre, essere resistente ai raggi UV e non originare solventi durante l'applicazione. Dopo la stesura, il prodotto dovrà asciugarsi e stagionarsi (il tempo sarà relazionato alle diverse tipologie di materiale) dopodiché risulterà efficace. La tecnica di rimozione del graffito dal protettivo antigraffito dipenderà dal tipo di prodotto utilizzato; generalmente per i protettivi non sacrificali verrà utilizzato lo specifico remover, asportato poi con acqua e spugna, mentre per quelli sacrificali potrà essere sufficiente acqua calda, spugna ed eventualmente spazzolino a setole morbide.

Specifiche

L'uso di protettivi sacrificali, in virtù della loro estrema reversibilità, risulterà particolarmente adatto per edifici di valenza storica.

9. Sagramatura

La procedura si pone l'obiettivo di proteggere e regolarizzare gli apparecchi "faccia a vista" in mattoni: avrà come caratteristica principale quella di lasciar trasparire la trama muraria dell'apparecchio retrostante. Questa leggerissima velatura verrà realizzata applicando, su muratura abbondantemente bagnata, con l'ausilio di cazzuola o lama metallica, uno strato di malta molto sottile (circa 1-2 mm), rifinito e lisciato con cazzuola americana o rasiera in legno in modo da seguire le irregolarità della cortina a mattoni.

L'impasto sarà a base di calce aerea in pasta e polvere di cocciopesto, ad esempio, per sagramatura a velo (spessore 1-1,5 mm) si potrà ricorrere ad un impasto composto da: 1 parte di grassello di calce; 1,5 parti di cocciopesto vagliato e lavato (granulometria impalpabile 000-00 mm) eventualmente pigmentato (massimo 5%) con terre naturali (terre rosse ventilate, terra di Siena bruciata, terre d'ombra ecc.) al fine di ritrovare l'intensità cromatica preesistente. In presenza di cortine non

perfettamente arrotate o nel caso si debba mettere in opera una sagramatura semi trasparente (in ogni caso spessore massimo 2-3 mm), si potrà impastare 2 parti di grassello di calce; 0,5 parti di calce idraulica naturale bianca NHL 2; 4 parti di cocciopesto vagliato e lavato (granulometria polvere 0-1,2 mm), anche questo impasto potrà essere eventualmente additivato con pigmenti naturali. In ogni caso per la buona riuscita della procedura sarà opportuno dedicare attenzione alle operazioni preliminari di preparazione del supporto ovverosia: accurata pulitura (se non diversamente specificato negli elaborati di progetto) con spazzole di saggina e spray di acqua deionizzata; eventuale, successiva, rimozione (eseguita con l'ausilio di martelline, mazzette e scalpelli od altri strumenti esclusivamente manuali) delle malte degradate dei giunti e successiva stuccatura puntuale (con malta pigmentata o caricata con cocciopesto) di ogni soluzione di continuità presente sull'apparecchio murario; la stuccatura dovrà essere particolarmente curata ed eseguita da mano esperta; l'impasto che potrà essere steso con l'ausilio di cazzuolino cucchiarotto o piccole spatole a foglia d'olivo sarà costituito da calce aerea sabbia silicea vagliata e lavata e polvere di cocciopesto (granulometria 0-1,2 mm) in rapporto legante-inerte 1:3 (per maggiori dettagli sulla stuccatura di elementi in cotto si rimanda alla procedura specifica).

La tecnica tradizionale prevede la lisciatura eseguita mediante levigatura a mano con altro mattone più duro mantenendo al contempo bagnata la superficie affinché le materie (strato di malta e polvere di sfregamento) si possano impastare e colorare uniformando la cortina muraria.

Avvertenze

Sovente, a lavoro ultimato, si potrà riscontrare una mancanza di compattezza e uniformità nel colore causato dalla sagramatura; nel caso si volesse compattezza ed uniformità cromatica si potrà trattare la superficie con un passaggio di acqua sporca di terra colorante cosicché lo strato di malta possa assumere l'unità cromatica richiesta dagli elaborati di progetto (per maggiori dettagli sulla tecnica dell'acqua sporca si rimanda alla procedura specifica).

10. Patinatura

L'operazione di patinatura sarà eseguita mediante spolvero di pozzolana allo scopo di rendere (mediante velatura di colore) le eventuali integrazioni non troppo discordanti dagli elementi originali e, allo stesso tempo, di unificare il grado di porosità con conseguente diverso assorbimento d'acqua piovana e umidità di risalita tra i materiali originali e quelli di restauro.

Dopo aver ben pulito con spazzole di saggina ed acqua i residui di malta presenti sulla cortina si procederà a gettare a mano, sulla superficie ancora umida, la polvere di pozzolana vagliata e ben asciutta (granulometria 0-1 mm) la quale si attaccherà in modo omogeneo sulla parete umida restando inglobata nel velo di carbonato presente sulla superficie della cortina. Passate una o due settimane la polvere non inglobata verrà rimossa mediante pennellessa morbida da imbianchino, alla fine del cantiere (quando si smonteranno i ponteggi) si ripasserà sulla superficie con una leggera spazzolatura mediante spazzole di saggina.

11. Trattamento con olio di lino crudo e cere naturali

Il trattamento protettivo, (rivolto in modo particolare ai pavimenti in cotto) dovrà sempre avvenire su pavimento perfettamente pulito ed asciutto; pertanto sarà necessario intervenire, preventivamente, all'asportazione di sostanze inquinanti (efflorescenze saline, crescite microorganiche, concrezioni ecc.) o più generalmente con un trattamento di pulitura, sgrassatura o deceratura (al fine di rimuovere tutti i depositi superficiali compresi i residui di trattamenti precedenti utilizzando ad esempio acqua deionizzata e spazzole morbide, prodotti sgrassanti, deceranti e sfilmanti), inoltre dovranno essere stuccate le eventuali cavità o fessurazioni presenti sugli elementi in cotto e, se indicato dagli elaborati di progetto, gli stessi dovranno essere trattati mediante un consolidamento a base di silicato di etile. Passati almeno 20-30 giorni, dall'eventuale consolidamento a base di silicato di etile si potrà applicare (con l'ausilio di stracci, pennelli o rulli) una prima mano di olio di lino crudo in soluzione al 10% con acquaragia, ed una seconda mano al 20% sempre in soluzione di acquaragia, da effettuarsi solo dopo l'assorbimento del primo passaggio (cioè quando la superficie sarà in grado di assorbire ancora, dopo circa 3-4 h), passati circa 20-30 minuti dall'ultima passata, l'eventuale, eccesso di prodotto non assorbito verrà tolto con un pennello od un panno pulito. A superficie perfettamente asciutta (circa 6-8 giorni) si applicherà la stesura finale di cera naturale animale o vegetale (tipo cera d'api o cera carnauba) o minerale (cera paraffina o microcristallina) in modo uniforme, l'applicazione della cera dovrà essere ripetuta due o più volte (consumo medio del prodotto 10-20 l/m² in ragione del grado d'assorbimento del supporto), ad intervalli di 4/5 ore una dall'altra con minime quantità così da permettere il perfetto assorbimento. Se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto si utilizzerà la cera d'api naturale diluita in acquaragia vegetale o essenza di trementina sia come finitura (o manutenzione ordinaria) di superfici lignee impregnate o laccate, sia su superfici in cotto o pavimenti in battuto alla veneziana. Ad avvenuta essiccazione si passerà all'operazione di lucidatura con panno o spazzola morbida.

In alternativa si potranno utilizzare le cere microcristalline le quali presenteranno migliori caratteristiche rispetto a quelle animali (cera d'api), repellenza verso l'umidità e verso i depositi superficiali, trasparenza, reversibilità anche dopo molto tempo, proprietà di flessibilità alle basse temperature, buona stabilità ai raggi UV, generalmente utilizzate in soluzione al 40% in toluene o in soluzione al 20% in ragia vegetale.

Le manutenzioni dei pavimenti in cotto andranno ripetute periodicamente. Previo lavaggio con blando detergente liquido non schiumogeno, sui pavimenti interni si effettuerà la stesura di cera liquida emulsionata alla quale seguirà lucidatura con feltro o panno di lana.

12. Protezione di cornici ed elementi decorativi aggettanti

La protezione delle cornici e degli elementi decorativi aggettanti, al fine di ovviare all'infiltrazione delle acque meteoriche, potrà essere realizzata ricorrendo all'ausilio di elementi in metallo, comunemente denominati "scossaline", piegati e sagomati secondo le specifiche necessità. I materiali comunemente utilizzati sono: il piombo, il rame e la lamiera zincata. La procedura prevede la messa in opera, sull'elemento da proteggere, di una lastra (spessa circa 1,5 mm) più larga della superficie da coprire (almeno 10 cm per parte) tagliata e sagomata in opera. Nel caso in cui debbano essere protetti elementi aggettanti addossati alla muratura si procederà alla realizzazione di uno scasso (profondo non meno di 3 cm), lungo il profilo dell'aggetto, necessario per poter murare la lamina; lo scasso dovrà essere adeguatamente richiuso tramite accurata stuccatura rifinita a sguscio così da evitare gli inconvenienti legati al ristagno dell'acqua.

Dopo aver sagomato la lamina sulla superficie, si procederà ripiegando la parte eccedente del foglio di piombo sul bordo dell'aggetto (praticando dei tagli così da consentirne la piegatura) utilizzando, per questo, una tavoletta di legno appoggiata sul lembo piegato battendola, lievemente, con un'altra tavoletta in modo da farla meglio aderire alla superficie. Il materiale in eccesso potrà essere tagliato utilizzando un ferro piegato ad L dotato di punta sull'estremità: il passaggio del ferro sull'estradosso dell'aggetto garantirà il taglio della lamina. Le sovrapposizioni delle parti ripiegate potranno essere fermate tramite graffette così da impedirne il movimento. Si procederà poi nella pulitura, mediante spazzola metallica, dei lembi da saldare così da renderli scabri; la superficie dovrà essere scaldata con un cannello a gas applicando contemporaneamente la stearina (in modo da garantire la perfetta adesione del metallo al riporto), infine si fonderà una barretta composta di una lega di stagno e piombo sul giunto da sigillare. La perfetta adesione e stabilità delle protezioni sommitali delle superfici aggettanti (specialmente se di considerevoli dimensioni) potrà essere ulteriormente garantita con la messa in opera di tasselli chiodati di cui si dovrà provvedere a proteggere la testa con un rettangolo di piombo saldato alla lastra principale in modo da ostruire i fori, evitando possibili infiltrazione di acqua.

13. Coperture provvisionali - Protezione dei siti archeologici

La procedura prevede la messa in opera di particolari presidi di protezione al fine di salvaguardare i materiali e le strutture architettoniche dagli effetti delle condizioni patologiche generate da cause non direttamente affrontabili e risolvibili nell'ambito dell'intervento come, ad esempio, la presenza di sostanze inquinanti nell'atmosfera, le piogge acide, il ruscellamento delle acque piovane ecc. Nei siti di scavo archeologico o in presenza di manufatti ridotti allo stato di rudere risulterà essenziale la messa in opera di ripari, tettoie temporanee stagionali o fisse per evitare l'azione delle piogge e ridurre gli effetti delle variazioni termiche e del particellato atmosferico.

Nella scelta della tipologia di copertura da adottare si dovrà tenere conto della natura e dello stato di conservazione di ciò che necessita di protezione e delle effettive condizioni climatiche del luogo, evitando di utilizzare materiali che potrebbero innescare interazioni chimiche e fisiche con quanto è stato ritrovato; dovrà, inoltre, essere valutata la durata di esercizio del sistema di protezione poiché esiste una sostanziale differenza tra le coperture temporanee messe in opera in funzione degli interventi connessi con il cantiere archeologico (scavo, restauro ecc.) da quelle che dovranno poi permanere anche a lavori ultimati al fine di garantire una conservazione prolungata del sito.

Le coperture provvisionali comprenderanno: teli e strutture in elevazione.

I teli in nylon, polietilene (PE) o in fibre di polipropilene (PP) trasparenti, bianchi, neri, blu o verdi sono facili da applicare, offrono la possibilità di adattarsi a diverse situazioni; risultano essere impermeabili all'acqua e all'aria, sono capaci, inoltre, di fornire una buona resistenza all'azione meccanica di piogge molto forti. L'impermeabilità del materiale può essere la causa di pericolosi ristagni di acqua, causati da forti acquazzoni, nelle zone caratterizzate da superfici articolate; in questo caso la pressione del liquido solleciterà sia le strutture protette sia il telo che potrebbe strapparsi causando pericolose e inevitabili infiltrazioni. Per questo risulterà di basilare importanza la corretta messa in opera dei teli ed il loro periodico controllo dello stato di conservazione così da poter provvedere alla manutenzione o, se necessario, sostituzione.

In linea generale, se non diversamente specificato dalla D.L. o dalla D.S., si utilizzeranno teli in polietilene o in fibre di polipropilene di colore scuro, di medie dimensioni (2x2 m o 3x3 m) e solo per il tempo strettamente necessario a proteggere i reperti dalle precipitazioni o per impedirne l'asciugatura. L'uso di teli per proteggere aree direttamente esposte all'irraggiamento solare è sconsigliato, in particolare si dovrà escludere l'uso di teli trasparenti nel caso di reperti organici o dipinti murali a secco. Nel caso di utilizzo di teli per protezione di reperti inorganici sarà conveniente apporli sollevati di qualche centimetro dalle strutture da proteggere poiché il mancato riciclo dell'aria potrebbe implicare la creazione di un microclima, tra telo e strutture, tale da favorire lo sviluppo di colonie batteriche e il lento disfacimento degli elementi che costituiscono i ritrovamenti. È opportuno, nel caso di permanenza prolungata dei teli sui reperti, effettuare un preventivo trattamento antibiotico per ovviare ad eventuali attacchi biologici e, quando possibile, interporre tra il telo in plastica e le strutture da proteggere un geotessuto.

In alternativa ai teli in polietilene potranno essere usati geotessuti e tessuto-non-tessuto ovvero teli in fibre saldate di poliestere o di polipropilene, permeabili, bianchi; se non diversamente specificato dalla D.L. o dalla D.S. si potranno impiegare come protezione a contatto temporaneo, dalle polveri, dai materiali di risulta ma anche dall'azione meccanica delle piogge e dall'eventuale calpestio. In linea generale si impiegheranno teli di dimensione non superiore a 4-5 m² adagiandoli sulle superfici dei manufatti in modo tale da seguirne i profili, non dovranno essere messi in tensione così da non danneggiare eventuali creste di muro decoese. In caso di pioggia dovranno necessariamente essere rimossi dal manufatto, prima del loro nuovo posizionamento dovranno essere fatti asciugare e spolverati; se le precipitazioni piovose diventano cospicue e frequenti dovranno essere coperti da teli in polietilene o in fibre di polipropilene. Anche per questo tipo di teli si renderà

necessario il periodico controllo dello stato di conservazione così da poter provvedere alla manutenzione o, se necessario, sostituzione.

Le protezioni in elevazione saranno, in linea di massima, caratterizzate da una struttura portante verticale che sostiene una struttura di copertura (tettoia). La struttura di copertura, indipendentemente dalla tipologia prescelta (a capanna, a falda unica ecc.), dovrà possedere la prerogativa di essere reversibile ovvero, offrire la possibilità di essere montata e smontata senza arrecare nessun danno al sito, di essere neutrale, vale a dire essere la più semplice possibile (evitando qualsiasi esercizio formale) e possedere un'altezza (tra i 3,5 m e i 4 m, altezza minima frequentabile 2,20 m) tale da consentire tutte le operazioni legate al cantiere archeologico, come le procedure di scavo, le procedure di conservazione e quelle di documentazione come le riprese zenitali. La tettoia, se non diversamente specificato dalla D.L. o dalla D.S., dovrà essere dotata di un sistema di raccolta e deflusso delle acque meteoriche le quali dovranno essere condotte lontano dall'area archeologica e scaricate in appositi pozzetti di raccolta. Nel caso di siti ancora aperti sarà necessario che la tettoia sia abbastanza ampia in modo da garantire l'eventuale sviluppo dello scavo. In linea generale il perimetro della copertura non dovrà superare i 30/35 m², per estensioni maggiori si potrà ricorrere alla combinazione di più moduli contigui. Le strutture di copertura dovranno assicurare stabilità tanto da sopportare le sollecitazioni anche di forti venti o precipitazioni nevose, pertanto i punti di appoggio della struttura portante verticale dovranno avere una distanza tra l'uno e l'altro non superiore a 150 cm. La trasparenza della copertura dovrà essere tale da agevolare le operazioni di scavo evitando però di implicare la crescita di vegetazione (macro e microflore) nel sito (non dovranno per questo essere eccessivamente trasparenti).

Le coperture in elevazione se non diversamente specificato, potranno essere realizzate con una struttura portante verticale in metallo zincato (ad es. sistema dei tubi innocenti con diametro esterno minimo 49 mm) ed orizzontamenti in materiale sintetico (polietilene, nylon ecc.) o metallico (lamiera grecata o microdogata) anch'esso zincato o quantomeno trattato con prodotto anti-corrosivo. L'inclinazione della tettoia, se non diversamente specificato dalla D.L. o dalla D.S., dovrà essere minimo del 10% (per ogni metro lineare) nel caso siano previste solo precipitazioni piovose e del 20-25% qualora siano previste anche precipitazioni nevose. Queste coperture, di facile impiego e di rapida messa in opera, offrono la possibilità di adattarsi alle diverse esigenze di scavo. Qualora la protezione temporanea sia ubicata all'interno di un'area pubblica o, in ogni caso, accessibile al pubblico, dovrà, necessariamente, essere dotata di idonea recinzione: questa, a seconda del luogo e delle necessità operative potrà essere realizzata con pannelli di lamiera grecata o microdogata, con rete o membrane in polipropilene o in polietilene estruso ad alta densità (HDPE) per recinzione dei cantieri, ovvero con altro sistema da concordarsi con la D.L. o la D.S.

Specifiche sui materiali

La categoria dei geotessuti comprenderà i prodotti ottenuti dalla combinazione di fibre di poliestere e caratterizzati da una forte resistenza alla trazione, di norma utilizzati per costituire strati filtranti, di separazione (interfaccia tra strati archeologici e strati di materiale di riporto), contenimento, drenaggio in opere di terra (rilevati, scarpate, strade, giardini, rinterri di scavi ecc.) ed in coperture ovvero per foderature. Si distingueranno in:

– tessuti: stoffe realizzate intrecciando due serie di fili (realizzando ordito e trama);
– non-tessuti: feltri costituiti da fibre o filamenti distribuiti in maniera casuale, legati tra loro con trattamento meccanico (agugliatura) oppure chimico (impregnazione) oppure termico (fusione). Si avranno non tessuti ottenuti da fiocco o da filamento continuo.

  Tessuti-non-tessuti, prodotti composti da sottili filamenti di polipropilene stabilizzato ai raggi UV, saldati tra loro per termo-pressione. Si presenteranno come teli non tessuti, ma formati da una massa disordinata molto morbida e resistente, traspirante e alcuni potranno essere dotati di una buona permeabilità all'acqua. Nelle grammature medio basse (15-30 g/m²) potranno essere utilizzati per protezione a contatto di reperti mobili.

14. Protezione delle creste dei muri

Lo scopo che si prefigge tale procedura è quello di garantire la conservazione delle sommità dei muri e delle parti in vista dei manufatti architettonici ridotti allo stato di rudere tramite la realizzazione di "superfici di sacrificio" che si degradano, nel tempo, al posto della muratura sottostante. Le porzioni di muratura superiori, soprattutto quando si tratta di manufatti archeologici, costituiscono la parte più debole e più esposta al degrado, quella che più di altre è soggetta a subire l'azione meccanica della pioggia e l'aggressione dalle erbe infestanti; per questo, in assenza di un'adeguata protezione, l'infiltrazione delle acque e la disgregazione delle malte avviano il lento disfacimento della muratura. Le diverse tipologie di intervento indirizzate a salvaguardare le creste dei muri sono accomunate da alcuni accorgimenti preliminari indispensabili al fine di garantire la buona riuscita della specifica operazione di protezione. Indipendentemente dalla risoluzione che verrà prescelta, l'intervento di protezione dovrà risultare in ogni sua parte facilmente riconoscibile distinguendosi chiaramente dalla preesistenza così da non ostacolare e confondere la leggibilità dei muri e l'analisi stratigrafica.

Operazioni preliminari

Rilievo dello stato di fatto: pianta al livello del terreno e della cresta, sezioni verticali (intervallate ogni 30-60 cm) per tutta la lunghezza della cresta da proteggere;

- asportazione delle eventuali erbe infestanti presenti nella zona sommitale della muratura, verificando, preventivamente, se i loro apparati radicali si sono sviluppati in profondità, ramificandosi all'interno della muratura tanto da contribuire all'effettiva stabilità della struttura. La rimozione della vegetazione e delle eventuali incrostazioni di licheni nocivi rinvenuti (ricorrendo a trattamenti biocidi) dovrà essere realizzata seguendo quanto riportato negli articoli specifici;
- pulitura meccanica della superficie ricorrendo all'utilizzo di spazzole di saggina o di aspiratore e successivo lavaggio con acqua deionizzata allo scopo di rimuovere lo sporco rinvenuto (terra e depositi vari) seguendo le indicazioni riportate negli articoli specifici;
- consolidamento ed, eventuale, integrazione della muratura se necessario procedendo seguendo le indicazioni riportate negli specifici articoli;
- stuccatura delle eventuali fessure presenti tra i diversi elementi (previa rimozione della malta ammalorata) utilizzando malta di calce (eventualmente addizionata a cocciopesto) o con stoppa imbevuta di calce.

14.1. Protezione delle creste dei muri con la messa in opera di bauletto di malta

Previa esecuzione delle operazioni preliminari precedentemente descritte, questo tipo di protezione si effettua mediante la realizzazione, al disopra della cresta muraria, di uno strato di malta modellato a "schiena d'asino" (bauletto di malta), alto circa 10-15 cm e caratterizzato da una superficie omogenea, allo scopo di agevolare lo scorrimento delle acque piovane. La composizione della malta da impiegare dovrà avere un rapporto legante/inerte 1:3: il legante potrà essere costituito da una combinazione, in proporzione del 50%, di calce idraulica e calce grassa con inerti preferibilmente ricavati dalla triturazione di pietre analoghe a quelle costituenti la muratura da proteggere, così da evitare fenomeni dovuti ad una incompatibilità fisico-meccanica tra la malta e la muratura antica (ad esempio: 2 parti di calce idraulica naturale, 2 parti di grassello di calce, 12 parti di sabbia lavata e vagliata oppure, in alternativa, 0,5 di calce idraulica naturale, 0,5 di grassello di calce, 1 parte di pietra calcarea a grana media, 1 parte di pietrisco a grana grossa, 1 parte di sabbia a grana fine). Le crettature da ritiro potranno essere ovviate aggiungendo al composto prodotti antiritiro così da evitare inconvenienti riconducibili all'infiltrazione dell'acqua all'interno della muratura. Al fine di garantire una maggiore protezione alla cresta potrà essere inserita, tra la muratura e il bauletto, una lamina di piombo. Nel caso in cui si tratti di proteggere una cresta particolarmente estesa in lunghezza (oltre i 10 m) sarà opportuno interrompere il bauletto (ogni 6 m) interponendo dei giunti di dilatazione opportunamente sigillati con materiale a comportamento plastico/elastico.

14.2. Protezione delle creste dei muri con la messa in opera di malta e sassi infissi

La messa in opera di malta e sassi a protezione delle creste dei muri risulta essere, tra le diverse superfici di sacrificio realizzabili, l'operazione più semplice. Dopo aver effettuato le operazioni preliminari precedentemente descritte, si procederà alla messa in opera, direttamente sulla superficie della cresta, di una guaina (o tessuto-non-tessuto), il cui scopo dovrà essere quello di assolvere una funzione strutturale (impermeabilizzante) così da prevenire l'eventualità sia di dannose infiltrazioni di acqua agevolate dal profilo frastagliato della cresta, sia di delimitazione dell'intervento facilitandone, allo stesso tempo, la rimozione. Al di sopra della guaina dovrà essere steso uno strato di malta (alto circa 5-8 cm) nel quale saranno infissi o sassi o frammenti di laterizio, in maniera tale da inglobarli, ma non ricoprirli, nella malta. La malta dovrà essere di calce idraulica naturale (o contenere limitate quantità di cemento bianco) all'occorrenza addizionata con prodotti antiritiro così da evitare il probabile inconveniente di crettature da ritiro e da gelività, causa principe di infiltrazioni d'acqua all'interno di murature. La composizione della malta dovrà tener conto delle caratteristiche fisiche e meccaniche del materiale costituente la muratura da proteggere allo scopo di evitare danni riconducibili ad una incompatibilità materica tra le due superfici. Lo scopo dei sassi è quello di ovviare ad una monotona uniformità delle superfici così da rendere la linea delle creste più frastagliata.

In relazione al materiale (sassi) che verrà messo in opera, varierà la composizione della malta: per pietre calcaree si potrà utilizzare una malta rapporto legante inerte 1:2,5 (3 parti di calce idraulica naturale, 1 parte di grassello di calce, 10 parti di sabbia lavata e vagliata); nel caso di pietre silicee la malta potrà avere un rapporto legante inerte 1:3 (2 parti di calce idraulica naturale, 1 parte di cemento bianco, 12 parti di sabbia lavata e vagliata); per la messa in opera di laterizi la composizione della malta potrà avere un rapporto legante inerte 1:2,5 (1 parte di calce idraulica naturale, 3 parti di grassello di calce, 2 parti di cocciopesto, 8 parti di sabbia lavata e vagliata).

L'operazione si concluderà con l'applicazione (per infiltrazioni o pennellature) del trattamento protettivo idrorepellente delle superfici; tale trattamento dovrà essere ripetuto nel tempo ad intervalli regolari così da mantenere l'efficacia e la durata della protezione.

14.3. Protezione delle creste dei muri utilizzando strati di sacrificio

Dopo aver eseguito le operazioni preliminari precedentemente descritte si procederà alla messa in opera, sopra alla cresta del muro, di uno spessore costituito da più filari (da 3 a 5 in relazione all'altezza del muro da proteggere), in laterizio o pietra. La procedura consiste nel posizionamento di più strati sovrapposti di altezza costante seguendo la linea frastagliata della parte sommitale del muro. La scelta del materiale che costituirà i diversi strati dovrà essere fatta tenendo conto che, ad intervento

ultimato, la copertina dovrà ben distinguersi dalla muratura; tenendo presente questa priorità, i diversi filari potranno essere realizzati in diversi modi, ad esempio ricorrendo a materiali della stessa natura di quello presente nella muratura ma diversi per grandezza, con materiale reperito in situ da eventuali crolli, oppure differenti dall'originale tenendo conto però, che tale soluzione potrebbe comportare inconvenienti legati all'incompatibilità materica con la preesistenza. La malta da utilizzare per allettare i diversi filari dovrà essere tale da possedere caratteristiche meccaniche simili a quelle della muratura sottostante così da evitare fenomeni degenerativi riconducibili ai diversi comportamenti delle due superfici. La copertina dovrà essere, infine, sottoposta a trattamento protettivo idrorepellente (per pennellatura o per infiltrazione) ripetuto, ad intervalli regolari, nel tempo. Al fine di demarcare meglio il confine tra la struttura e la copertina e, allo stesso tempo, garantire una buona impermeabilizzazione della muratura da proteggere, potrà essere interposta, tra la cresta e i filari, una guaina.

15. Dissuasori per volatili

Lo scopo che si prefigge tale procedura è quello di dissuadere la sosta e la nidificazione di piccioni, tortore, colombi di città, gabbiani ecc. i quali, colonizzando il manufatto, provocano accumulo di materiale organico che, tramite l'azione acida e corrosiva amplificata sia dall'instaurarsi di microrganismi (il guano offre un terreno di coltura ideale sia per gli ectoparassiti quali acari, pulci, cimici e zecche, sia per la proliferazione di organismi microscopici, quali batteri, virus, muffe e funghi, generando un pericolo per il personale che frequenta le aree contaminate), sia dalla non trascurabile azione meccanica distruttiva delle unghie degli animali stessi che scalfiscono la superficie dei materiali, costituisce una minaccia permanente per i manufatti, causando, talvolta, danni anche irreversibili. Le zone di accumulo corrispondono, di norma, alle parti superiori degli aggetti, agli elementi di ornato e a zone della fabbrica difficilmente accessibili e, pertanto, ampiamente utilizzate dai volatili per la sosta e la nidificazione.

In linea generale i sistemi di dissuasione o allontanamento volatili dovranno essere efficaci, esteticamente "invisibili", duraturi nel tempo ossia non essere danneggiati da agenti inquinanti presenti nell'atmosfera, di facile istallazione e non offensivi per gli animali.

Operazioni preliminari comuni sia a dissuasori meccanici che elettrostatici

- Pulitura accurata delle superfici con asportazione meccanica delle eventuali incrostazioni e spazzolatura con spazzole di saggina o aspiratori e successivo lavaggio con acqua seguendo le indicazioni riportate negli articoli specifici.
- Consolidamento ed eventuale integrazione di parti seguendo le indicazioni riportate negli articoli specifici.
- Accurata stuccatura delle eventuali fessure presenti tra i diversi elementi impiegando malta di calce idraulica naturale e sabbia di origine alluvionale, seguendo le indicazioni riportate negli articoli specifici.

15.1. Protezione delle superfici estradossali con sistema meccanico a sproni

Previa esecuzione delle operazioni preliminari precedentemente descritte, la procedura prevede l'incollaggio con collante siliconico neutro (così da garantire una adeguata aderenza al supporto ed una facile rimozione, in caso di necessità, senza lasciare macchie e senza provocare alterazioni o degrado sulle superfici), di dissuasori meccanici composti da banda flessibile in policarbonato e sproni in acciaio inox opacizzato, smontabili, di lunghezza variabile da 10 a 15 cm e diametro di circa 1-1,2 mm. Gli elementi metallici (a spillo singolo, multispillo o a riccio) non dovranno essere soggetti ad alterazioni causate da fattori climatici o chimici, dovranno, inoltre, essere molto flessibili così da ostacolare la sosta del volatile ma, allo stesso tempo, non provocare ferite allo stesso. A seconda delle varie esigenze di localizzazione (balconi, modanature di aperture, elementi decorati, marcapiani ecc.) e previa attenta valutazione sul comportamento del volatile (punti di sosta, nidificazione, deambulazione ecc.) gli sproni saranno montati sulla banda più o meno fitti, verticali, orizzontali, incrociati con varie inclinazioni, singolarmente o su entrambi i lati. La suddetta banda dovrà essere posizionata leggermente arretrata rispetto al bordo (così da non essere visibile dal basso) e disposta in modo tale da non consentire l'atterraggio di volatili.

15.2. Protezione delle superfici estradossali con sistema di tipo elettrostatico

Previa esecuzione delle operazioni preliminari precedentemente descritte, la procedura prevede il posizionamento del sistema elettrostatico che si basa su rapidissimi impulsi elettrici ad alta tensione ma a bassa corrente funzionanti in corrente continua a 12 volt.

Il funzionamento del sistema è determinato dall'installazione di una centralina elettronica alimentata a 230 volt che eroga una tensione di scarica variabile tra 4,0 e 6,0 KV con amperaggio inferiore a 30 mA. La tensione è erogata verso l'impianto ad impulsi variabili, superiori al secondo, utilizzando speciali cavetti per alta tensione con protezione a doppia guaina in PVC trattata contro i raggi UV e garantiti fino a 25 KV. La distribuzione avviene tramite il collegamento con tondini in acciaio inox AISI 316, staffe in policarbonato trasparente, antistatico e antiurto, trattate contro i raggi UV, collegate con un apposito cavetto per alta tensione, creando, sulla distribuzione filare a copertura, un efficacissimo deterrente elettrostatico atto ad allontanare qualsiasi volatile. Grande cura dovrà essere dedicata alla installazione dei materiali, alle loro dimensioni ed alla loro sagomatura, provvedendo prima ad una accurata disinfezione sanitaria a largo spettro di azione, contro tutti i microorganismi patogeni. Nell'installazione dovranno essere tenute in considerazione le abitudini dei volatili, la tipologia dei materiali da proteggere e l'estetica della costruzione.

Specifiche

L'alimentazione del sistema può essere fornita da un generatore fotovoltaico ad energia solare, la continuità di funzionamento durante le ore notturne può essere garantita da una serie di accumulatori ubicata all'interno della centralina.

Al fine di completare il sistema antivolatili potranno essere installate particolari barriere costituite da reti ornitologiche morbide in fibre polimeriche ad alta tenacità, resistenti agli agenti atmosferici ed ai raggi UV, non infiammabili ed esenti da cariche elettrostatiche atte ad impedire l'accesso ai volatili nelle parti più anguste, nelle aperture (ad es. celle campanarie) ovvero a protezione di elementi decorati e/o modellati tipo capitelli, statue, stemmi.

ART. 7.2 – OPERAZIONI DI PROTEZIONE DI MATERIALI LIGNEI

1. Generalità

La salvaguardia del legno dall'attacco di funghi o insetti dovrà garantire la buona conservazione del materiale nel tempo; la protezione del legno avverrà mediante l'utilizzo di sostanze chimiche che lo renderanno tossico garantendone così la repellenza all'aggressione da parte di funghi, organismi marini e insetti. I protettivi da utilizzare saranno di vario tipo e potranno essere impiegati in base alla tipologia, l'esposizione e l'esercizio del manufatto da proteggere. Saranno, in ogni caso, da evitare applicazioni di prodotto in forti spessori, in quanto lo scopo dovrà essere quello di proteggere il legno e non isolarlo dall'ambiente.

I prodotti capaci di preservare i materiali lignei potranno essere; composti chimici semplici o miscele di diversi formulati come ad esempio, le sostanze sintetiche in solventi organici, i sali minerali solubili in acqua e i prodotti oleosi naturali.

1.1. Preparazione del supporto

Il legno dovrà risultare essiccato; nei legni placcati o compensati non dovrà essere presente, neppure in minima misura, l'acqua contenuta nella colla. Nei trattamenti dei manufatti in legno si dovrà aver cura di verniciare oltre le superfici in vista anche tutte le loro parti in grossezza; inoltre, nel corso dei trattamenti dei manufatti stessi, si dovrà tener conto della eventuale presenza di corpi estranei, quali ad esempio chiodi o simili, ed adottare ogni accorgimento e provvedimento per evitare futuri danni alle pitture o vernici dipendenti appunto dai predetti corpi estranei.

Bagnatura

La bagnatura dovrà essere effettuata inumidendo la superficie del legno con acqua calda mediante una spugna; quando la superficie risulterà essiccata si procederà alla eliminazione delle fibrille mediante carta abrasiva dei numeri 80-180; la carteggiatura dovrà essere sempre fatta nella direzione delle fibre del legno.

Carteggiatura di preparazione

La carteggiatura di preparazione dovrà essere eseguita a secco con carte abrasive dei numeri 80-180, impiegando prima le carte di grana più grossa e procedendo poi con le carte di grana più fina. Ultimata la carteggiatura dovranno essere eliminati i residui legnosi, vetrosi e di ogni altra natura mediante soffiatura con aria.

Impregnamento con olio di lino cotto

Per l'impregnamento dei manufatti in legno dovrà essere impiegato olio di lino cotto, senza addizionare essiccanti, coloranti od altre sostanze di qualsiasi natura e specie. L'impregnamento con olio di lino cotto dovrà essere effettuato esclusivamente a pennello. L'olio di lino cotto dovrà essere dosato con ogni cura per evitare sia la scarsa adesione in difetto d'olio, sia una pellicola troppo molle per sopportare i successivi trattamenti in caso di eccesso d'olio. L'eventuale eccesso d'olio dovrà essere asportato mediante un tampone. I successivi trattamenti di verniciatura non dovranno essere applicati se non prima che siano trascorsi almeno 30 giorni dall'impregnamento dei manufatti con olio di lino cotto. L'impregnamento con olio di lino cotto non dovrà essere effettuato nel caso che sia impiegato turapori alla nitro.

Turapori

L'applicazione del turapori dovrà essere effettuata a tampone e con forza così da assicurare la perfetta otturazione dei pori. Il turapori dovrà essere applicato prima nel senso trasversale alla fibra del legno e poi nel senso longitudinale. Subito dopo l'applicazione del turapori la superficie trattata dovrà essere ripulita con un panno per eliminare ogni eccesso del prodotto e per ottenere una migliore penetrazione del prodotto stesso. L'applicazione del turapori dovrà essere effettuata prima dell'essiccazione dell'olio di lino cotto impiegato per l'impregnamento.

Stuccatura

Le stuccature, per eliminare limitatissime e consentite difettose formazioni del sopporto, dovranno essere eseguite con stucco a spatola.

Carteggiatura di livellamento

La carteggiatura di livellamento dovrà essere effettuata ad umido con carte abrasive dei numeri 180-220, con apposite ed idonee emulsioni, oppure con carte abrasive autolubrificanti degli stessi numeri 180-220 e senza impiego di acqua; ad operazione ultimata si dovrà procedere alla asportazione, con segatura di abete, di ogni eccesso di liquidi e componenti oleosi della carteggiatura e quindi alla pulizia della superficie con stracci e con soffiatura d'aria.

2. Trattamento con prodotti vernicianti

I sistemi protettivi per il legno in esterni potranno essere classificati in:

– vernici trasparenti (*flatting*) a base di resine sintetiche monocomponenti. Queste vernici per effetto delle radiazioni solari (causa dell'indebolimento della pellicola pittorica) tenderanno a collassare nei punti critici come nodi, fessurazioni, giunti ecc.;
– vernici semitrasparenti a velatura (impregnanti) alla coppale (soluzioni di resina in essenza di trementina, eventualmente addizionate con modeste quantità di olio siccativo). Gli impregnanti penetreranno nel supporto, senza formare pellicola, offriranno una maggiore protezione dai raggi solari, rispetto alle vernici trasparenti per contro, però, potranno risultare più "sensibili" all'azione delle precipitazioni;
– vernici coprenti pigmentate (smalti) a base di resine sintetiche monocomponenti o resine naturali ed oli. I prodotti a base di resine naturali presenteranno il vantaggio di una minore nocività in fase d'applicazione in confronto ai prodotti sintetici ma al contempo avranno tempi d'essiccazione lunghi, perdita di brillantezza e, in alcuni casi, propensione alla formazione di muffe. Gli smalti, grazie all'elevato spessore del film garantiranno una buona protezione delle strutture trattate, anche se, con il passare del tempo, potranno manifestare crepature e scrostature localizzate, soprattutto in corrispondenza dei nodi.

I sistemi coprenti nasconderanno completamente la fibratura ed il colore naturale del legno, le vernici trasparenti e gli impregnanti (sistemi semicoprenti a velatura) saranno utilizzati quando si vorrà lasciare a vista le venature della specie legnosa.

Specifiche

Verniciatura a smalto

I manufatti dovranno essere sottoposti al seguente trattamento:

a) spolveratura con spazzole di saggina;
b) bagnatura, come specificato nell'articolo PR mli. 1.1. "Preparazione del supporto";
c) carteggiatura di preparazione, come specificato nell'articolo PR mli. 1.1.;
d) impregnamento con olio di lino cotto, come specificato nell'articolo PR mli. 1.1.;
e) applicazione di turapori, come specificato nell'articolo PR mli. 1.1.; solo nel caso di legno di abete se ne potrà omettere l'applicazione;
f) stuccatura, come specificato nell'articolo PR mli. 1.1.;
g) carteggiatura di livellamento, come specificato nell'articolo PR mli. 1.1.;
h) mano di pittura opaca di fondo;
i) due mani di smalto sintetico; la prima mano di smalto dovrà essere applicata soltanto quando il supporto sarà perfettamente asciutto e non prima che siano trascorse almeno 24 ore dall'applicazione della mano di fondo. Qualora il colore prescelto sia di tonalità scura, la prima mano dovrà essere di colore visibilmente più chiaro, mentre se il colore finale dovrà essere chiaro la prima mano dovrà essere di tonalità visibilmente più scura.

Verniciatura con pitture oleosintetiche

Per la verniciatura di manufatti in legno con pitture oleosintetiche, da effettuare solo nei casi specificatamente previsti, si dovrà procedere così come prescritto per le verniciature a smalto, ad eccezione delle due mani di smalto che saranno sostituite con due mani di pittura oleosintetica.

Lucidatura a spirito e gommalacca

La lucidatura a spirito dovrà essere effettuata, previa preparazione del supporto (come alle lettere a), b), c), d), e), f), mediante un tampone di ovatta imbevuto della soluzione di spirito e gommalacca. Il tampone dovrà essere ripetutamente passato con movimento circolare sulla superficie da lucidare facendo in modo che ogni passata insista su una superficie già asciutta ed evitando soste del tampone sulla superficie da lucidare. Ogni qualvolta il tampone risulterà asciutto lo si dovrà inumidire mediante aspersione della predetta soluzione. La lucidatura sarà considerata ultimata quando la superficie risulterà a specchio riflettendo l'immagine. La lucidatura a spirito non dovrà essere eseguita sulle superfici dei manufatti esposte agli agenti atmosferici.

Verniciature trasparenti

I manufatti dovranno essere sottoposti al trattamento di preparazione previsto per la verniciatura a smalto (lettere a), b), c), d), e), f), g). Particolare cura sarà posta nella eliminazione dell'eventuale eccesso di olio di lino. Il trattamento sarà completato con tre mani di vernice trasparente, da applicare a distanza di almeno 24 ore una dall'altra.

2.1. Trattamento con sistemi pellicolanti

Il trattamento dovrà, necessariamente, essere preceduto da un'adeguata preparazione del supporto realizzata mediante pulitura sgrassante al fine di rimuovere ogni traccia di sostanze incoerenti, unti, grassi ecc.; successivamente, previa asportazione dei precedenti strati di vernici o pitture in fase di distacco (mediante raschiatura manuale o sverniciatura con decapante o altro sistema indicato negli elaborati di progetto), dovranno essere eseguite le necessarie stuccature con stucco sintetico o colla di legno (per maggiori dettagli sulle stuccature si rimanda a quanto detto nell'articolo specifico) delle fessurazioni e la carteggiatura della superficie con carta abrasiva a secco (grana 80-100) al fine di eliminare il materiale eccedente e favorire l'adesione della nuova pitturazione. Prima dell'esecuzione del trattamento protettivo dovranno essere eseguite eventuali lavorazioni di ripristino di parti mancanti o eccessivamente degradate (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto nell'articolo sulla tassellatura).

Eseguite le operazioni preliminari, si applicherà, tramite pennello a setola morbida o mini-rulli, il primo strato di pittura, trasparente o pigmentata, eventualmente diluita (ad es. con ragia minerale); particolare attenzione dovrà essere fatta nel coprire uniformemente il supporto e nell'evitare di lasciare colature di materiale. Quando lo strato di fondo sarà asciutto al tatto (circa 24 ore), ma non completamente essiccato, si procederà ad eseguire la mano di finitura che, secondo le indicazioni di progetto, potrà essere brillante o satinata.

Specifiche

L'operazione dovrà avvenire con temperatura ambiente (+5 °C, +30 °C con U.R. inferiore al 70%), in assenza di vento; le superfici lignee trattate dovranno essere bene asciutte, inoltre, dovranno essere protette da pioggia battente ed umidità fino a completa essiccazione (almeno 5-6 giorni) del prodotto applicato.

3. Trattamento con olio di lino

Questo tipo di protezione verrà realizzata previa ispezione puntuale della superficie al fine di rilevare eventuali anomalie (marcescenze, parti mancanti ecc.) o deterioramenti (attacchi di insetti) che, se riscontrati, dovranno essere opportunamente risolti; dopodiché si procederà con il lavaggio sgrassante della superficie (utilizzando soda o altro materiale basico) allo scopo di eliminare tracce di sporco, unto e grasso, ultimando l'operazione con un lavaggio così da asportare il prodotto sgrassante. La superficie verrà successivamente raschiata (con l'ausilio di raschietti al fine di eliminare residui di pitture in fase di distacco) e carteggiata (con carta abrasiva a secco grana 80) in modo da garantire un maggiore aggrappaggio del trattamento successivo; la stuccatura delle fessure (e dei bordi delle eventuali parti ancora verniciate così da raccordare i dislivelli) potrà essere realizzata utilizzando stucco all'olio o, in caso di fessure considerevoli, con pasta di legno (polvere di legno e collante polimerico); dopo l'essiccazione dello stucco la superficie dovrà essere ulteriormente carteggiata allo scopo di togliere il materiale in eccesso.

Sul supporto verrà applicata una prima mano, mediante pennello, di primo fondo impregnante (a base di olio di lino e resine naturali) in particolare sulle parti di legno precedentemente preparate in modo da coprire uniformemente tutta la superficie assicurando la penetrazione all'interno delle venature del legno. Ad essiccazione avvenuta (circa dopo 2-6 giorni) previa verifica del suo stato (asciutta al tatto e ben aderente al supporto) si procederà alla levigazione della superficie mediante carteggiatura e alla messa in opera del fondo di riempimento (olio di lino eventualmente pigmentato con minio di piombo nel caso si dovessero raccordare la superficie pitturata con quella al naturale) mediante pennelli o mini rulli, stuccando con idoneo stucco l'eventuali restanti parti lacunose; quando questo strato risulterà essiccato (2-6 giorni) e carteggiato, asciutto e pulito verrà applicata una prima mano di finitura (olio di lino eventualmente pigmentato con ossidi di ferro precipitati o terre naturali) con pennelli o mini rulli in modo da coprire tutta la superficie e, ad asciugatura avvenuta, una seconda mano avendo cura di proteggere le superfici dalle intemperie fino ad avvenuto essiccamento. Dopo circa 10-15 minuti dall'applicazione, l'eventuale eccesso di prodotto impregnante (non assorbito dal supporto) dovrà essere rimosso con l'ausilio di panno morbido.

Avvertenze

L'applicazione del prodotto dovrà essere fatta con temperatura esterna compresa tra i +5 °C e i + 35 °C e, con un'umidità relativa non superiore al 70%, operando gli opportuni accorgimenti protettivi per superfici esposte al sole e al vento.

Specifiche sui materiali

L'olio di lino è un prodotto naturale essiccativo ricavato dalla *linum usitatissimum*. Olio grasso essiccativo costituito per l'85-90% da gliceridi degli acidi grassi non saturi. In strato sottile si ossida e solidifica se esposto all'aria; al fine di migliorare il potere essiccativo ed accelerare la formazione della pellicola si potrà far subire all'olio un principio di cottura a 150-320 °C. L'olio di lino cotto, rispetto a quello crudo ha un colore giallo-bruno rossastro (contro il più o meno giallo di quello crudo) secca in tempi più veloci (circa 24 ore), è più solubile in alcool ma si presenta molto denso e vischioso.

4. Trattamento con sostanze antitarlo, antimuffa e antifungo

La superficie lignea in oggetto dovrà essere priva di macroscopiche anomalie che potrebbero provocare l'insorgenza di degradi a trattamento ultimato (marcescenze, parti mancanti ecc.) e priva di residui di precedenti vernici, cere, grassi e polveri, che dovranno essere rimossi secondo le tecniche esplicate nell'articolo inerente la pulitura degli elementi lignei. Prima di effettuare il trattamento preservante la struttura dovrà essere puntualmente ispezionata (per tutta la superficie in maniera puntuale) ricorrendo a strumenti come punteruolo, scalpello e martello al fine di saggiare la consistenza del legno, asportarne piccole porzioni da analizzare in laboratorio e battere il materiale al fine di individuare le zone, eventualmente, attaccate dagli insetti o funghi; se necessario si potrà ricorrere all'uso della lente d'ingrandimento per osservare gli eventuali fori di sfarfallamento e il rosume riscontrati (elementi in grado di rivelare la specie d'insetto e se l'attacco è ancora attivo); attraverso l'igrometro elettrico da legno sarà possibile misurare il contenuto d'umidità in modo da poter determinare se esiste o è in atto un attacco fungicida mentre, per accertare il reale stato conservativo si potrà utilizzare la trivella di Pressler che consentirà di effettuare piccoli carotaggi. È opportuno precisare che l'attacco da parte di insetti non sempre necessiterà di trattamento poiché alcuni di essi non depositano larve all'interno del materiale perciò, quando di queste specie (ad es. i Siricidi) si riscontreranno i fori di sfarfallamento significa che la fuoriuscita è già avvenuta; inoltre occorre tenere conto della datazione del materiale, se l'attacco si riscontra su strutture molto antiche (oltre un secolo) spesse volte non risulterà più attivo. Eseguito l'eventuale consolidamento della superficie (stuccature, sostituzioni parziali ecc.) si potrà eseguire la procedura.

Il prodotto utilizzato per la protezione o disinfestazione dovrà presentare un bassissimo grado di tossicità, non dovrà formare una pellicola superficiale, produrre alterazioni cromatiche e dovrà consentire l'eventuale applicazione di una successiva verniciatura. L'applicazione del prodotto, potrà essere fatta a pennello o a spruzzo (in questo caso l'operatore dovrà ricorrere alle opportune protezioni per gli occhi e per le vie respiratorie) in modo da garantire una copertura uniforme della superficie; a tale riguardo potranno essere applicate più mani relazionandosi allo specifico prodotto utilizzato. Ad essiccazione del prodotto avvenuta (in media 4-6 ore) la parte trattata dovrà essere carteggiata (nel senso della venatura del legno ricorrendo all'uso di carta abrasiva di grana 100, 120) al fine di eliminare le eventuali fibre legnose rialzate durante l'applicazione del prodotto. Nel caso in cui all'interno del materiale si dovesse riscontrare la presenza d'insetti si dovrà procedere alla disinfestazione puntuale.

4.1. Disinfestazione del legno

Dopo aver individuato con esattezza la tipologia d'insetto presente nel materiale si procederà con il trattamento disinfestante; questo dovrà essere fatto nel periodo di maggiore attività dell'insetto (generalmente primavera o inizio estate). I prodotti da utilizzare dovranno presentare una buona capacità di penetrazione all'interno del legno (tipo gli insetticidi disciolti in solvente organico), in modo da riuscire ad eliminare le larve e le crisalidi e, allo stesso tempo, dovranno essere in grado di impedire la penetrazione di altri insetti, per questo il prodotto dovrà essere applicato anche in superficie; l'applicazione del prodotto potrà essere fatta a spruzzo o a pennello per la superficie mentre tramite iniezioni (ricorrendo a siringhe) per garantire la penetrazione all'interno dei fori creati dagli stessi insetti in modo da assicurare il trattamento anche in profondità; le iniezioni dovranno essere realizzate seguendo le indicazioni specifiche al riguardo dettate dalla D.L. Il trattamento varierà in relazione alla tipologia di insetto presente (Anobiidi, Termiti del legno secco, Cerambicidi ecc.); i disinfestanti utilizzabili al riguardo potranno essere diversi (impiegati, generalmente, in media 250/300 g/m² di legno); tra i più comunemente usati si potrà ricorrere a quelli a base di naftalina clorurata, paradiclorobenzolo, ossido tributilico di stagno ecc. Nel caso di termiti sotterranee non sarà sufficiente limitare il trattamento alla struttura colpita ma dovrà essere interrotto il flusso degli insetti dal nido presente nel terreno dell'immobile; intorno a questo dovrà essere realizzata una barriera costituita da preservanti immessi direttamente nel terreno (dove non è possibile verranno realizzati dei fori nel pavimento più vicino al terreno) ricorrendo a prodotti a base di regolatori della crescita capaci di impedire la formazione della chitina in modo che le termiti sopperiscano al momento della muta. Per ovviare all'attacco del materiale da parte dei funghi, le sostanze utilizzabili potranno essere miscele a base di fluoruri (miscele di floruri con sali arsenicati di sodio); sarà importante, inoltre, mantenere i valori di umidità tra il 10% e il 15% (l'attacco dei funghi si manifesta generalmente quando il legno raggiunge un'umidità superiore al 20%). L'efficacia della procedura di disinfestazione sarà, in ogni caso, vincolata all'accuratezza della messa in opera e soprattutto al reale sviluppo su tutta la superficie: i punti delicati saranno le sezioni di testa, le giunzioni, gli appoggi e in genere le alterazioni dovute ad incastri, tratti di sega, buchi per chiodi; in questi tratti sarà essenziale porre la massima attenzione affinché il trattamento li coinvolga completamente.

Se non diversamente specificato negli elaborati di progetto ed in accordo con la D.L. si potrà operare nel seguente modo: s'inserirà tra le due superfici di contatto, oppure sulle sezioni di testa, una pasta composta al 50% da sale biocida (ad es.

utilizzando una miscela composta da fluoruri e sali arsenicati di sodio) e al 50% d'acqua (di norma il consumo di pasta sarà di circa 0,75-0,80 kg/m² di superficie) e si ripasseranno, infine, tutte le connessioni e/o sezioni di testa con la medesima soluzione salina. La procedura operativa dovrà essere seguita dopo 2 anni da un intervento a spruzzo con gli stessi sali, intervento che andrà ripetuto dopo 5 anni dal primo.

5. Trattamento con sostanze ignifughe

L'impiego di prodotti vernicianti di protezione dal fuoco, su strutture lignee, è previsto e normato dal DM 6 marzo 1992: "Norme tecniche procedurali per la classificazione di reazione al fuoco e omologazione dei prodotti vernicianti ignifughi applicati sui materiali legnosi".

Il trattamento delle superficie lignee mediante l'applicazione di sostanze ignifughe avrà lo scopo di abbassare la velocità di penetrazione della carbonatazione: le vernici sottoposte alle temperature elevate, presenteranno, infatti, la caratteristica di espandersi generando una schiuma isolante ed incombustibile che creerà uno strato coibente intorno alla struttura trattata. Il tempo di protezione al fuoco (classe della pittura) sarà in rapporto alla natura del supporto e allo spessore applicato; di norma i prodotti utilizzati per una corretta ignifugazione saranno a base di silicati di sodio o di potassio miscelati a talco o caolino (rapporto 80:20), da applicarsi a pennello in tre spalmature.

I supporti oggetto di trattamento dovranno essere preventivamente puliti, asciutti ed esenti da polveri, muffe, grassi, parti marcescenti; al fine di favorire l'aggrappaggio potrà rivelarsi utile irruvidire la superficie mediante leggera carteggiatura.

Avvertenze

Sarà necessario che le sostanze ignifuganti non emettano in caso di incendio gas tossici per l'uomo, che assolutamente non corrodano eventuali parti metalliche e abbiano contemporaneamente una buona efficacia biocida.

ART. 8 – DEUMIDIFICAZIONE

Premessa metodologica

L'acqua all'interno delle strutture murarie assume i caratteri di una patologia nociva quando la sua presenza non è più legata a residui di lavorazione o di cristallizzazione ma il rapporto tra il suo volume e quello dei capillari presenti nel materiale è tale per cui iniziano ad innescarsi vari fattori degenerativi di natura fisica (cicli di gelo-disgelo), chimico-fisica (cristallizzazione dei sali) e biologica (patine biologiche, vegetazione infestante, muschi, licheni ecc.). La presenza dell'acqua all'interno delle murature può avere diverse provenienze, direttamente dal terreno (umidità ascendente), per infiltrazione di piogge battenti, guasti idrici ecc. Le risoluzione attuabili con il fine di ovviare a questo problema hanno lo scopo di allontanare o, quantomeno, ridurre l'azione disgregante dell'acqua per mezzo della messa in opera o del ripristino di elementi in grado di evitare l'impregnazione della muratura. La scelta della risoluzione più adeguata al caso specifico deve essere fatta dopo aver acquisito delle conoscenze dettagliate sull'ambiente e sul manufatto oggetto d'intervento; per questo occorre verificare sia la natura morfologica del terreno, l'altezza della falda freatica, l'eventuale presenza di acque sotterranee sia il reale stato conservativo del manufatto, controllando gli impianti di adduzione e di scarico delle acque per uso domestico, gli impianti di riscaldamento e di ventilazione, i sistemi di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche (canali, pozzetti e pluviali) in modo da poter capire se le cause che hanno provocato il fenomeno sono riconducibili a problemi legati alla mancata manutenzione della struttura oppure sono indirettamente connessi a questa dalla situazione al contorno.

Le cause dirette sono facilmente risolvibili poiché è sufficiente riparare il danno che ha generato la perdita sostituendo o aggiustando le strutture malmesse, mentre, per quando concerne le cause indirette, non sempre è possibile eliminarle per cui la procedura deve essere relazionata all'insistenza del fenomeno. Le tecniche meno invasive, che non alterano la configurazione strutturale del manufatto, prevedono la messa in opera di risoluzioni (vespai, drenaggi, intercapedini, contropareti, intonaci macroporosi, elettrosmosi attiva blanda ecc.) che ostacolano l'accesso dell'acqua e allo stesso tempo consentono la traspirabilità della muratura; nei casi in cui queste risoluzioni risultano inefficaci è possibile operare interventi direttamente sulla struttura del manufatto come ad esempio: taglio della muratura, sifoni, barriere chimiche ecc. È opportuno tenere sempre presente, indipendentemente dalla risoluzione adottata, che difficilmente un trattamento può ritenersi completamente risolutivo e che ogni procedura ha i suoi limiti e le relative controindicazioni per cui può risultare conveniente ricorrere a sistemi integrati di più tecniche in modo da poter attuare una compensazione reciproca capace di annullare, in parte, le diverse limitazioni insite in ogni intervento. I fenomeni relativi all'umidità risultano, spesse volte, difficili da eliminare per questo lo scopo che deve prefiggersi l'intervento è quello di attenuarli in modo da renderli meno nocivi per la struttura. Il Tecnico deve disporre di un ampio ventaglio di risoluzioni e di un'analisi dettagliata dello stato di fatto, al fine di poter pianificare un progetto globale di controllo dell'umidità su tutto il manufatto, strettamente relazionato alle specifiche esigenze, evitando così, come contrariamente avviene nella pratica, sia lo scaglionarsi nel tempo di una serie illimitata di operazioni circoscritte poco risolutive sia l'estensione, arbitraria, di una medesima risoluzione a tutto il fabbricato.

ART. 8.1 – -OPERAZIONI DI DEUMIDIFICAZIONE DI APPARECCHI MURARI

1. Generalità

I lavori di deumidificazione delle murature, qualsiasi sia il sistema di risanamento adottato (drenaggi, vespai, intonaci macroporosi, iniezioni con miscele idrofobizzanti ecc.) necessiteranno di analisi preventive, al fine di stabilire la natura del degrado e, di conseguenza, definire la metodologia da adottare più appropriata per risolvere lo specifico problema.

2. Drenaggi, intercapedini, vespai

Le procedure d'intervento si riferiscono a varie tecnologie atte a fronteggiare la presenza dell'umidità; le operazioni si relazionano principalmente a fondazioni o muri controterra poiché elementi che possono facilmente impregnarsi d'acqua, in fase liquida, proveniente direttamente dal sottosuolo, per capillarità. L'assorbimento si può verificare al piede delle fondazioni, sulle pareti laterali e sulle pavimentazioni a diretto contatto con il terreno (mancanza del primo solaio a terra).

Tutte queste procedure implicano demolizioni e scavi che potrebbero risultare dannosi per l'equilibrio statico del manufatto; per questo, prima di procedere dovranno essere attuate appropriate indagini preliminari allo scopo di definire un preciso quadro diagnostico sia sul terreno sia sulla muratura, al fine di conoscere la reale configurazione e natura geologica del suolo, nonché il reale stato conservativo delle murature interrate. L'eliminazione di una consistente parte di terreno con funzione di contenimento per la parte di muro fondale, potrebbe innescare cedimenti e provocare quadri fessurativi. Nella probabilità che ciò possa verificarsi sarà basilare intervenire preventivamente con il consolidamento delle strutture e, in seguito, con lo scavo della trincea. Maggiori specifiche sulle modalità di scavo potranno essere desunte dagli articoli specifici sugli scavi (scavi di sbancamento, scavi a sezione obbligata, scavi di accertamento ecc.).

2.1. Drenaggi

L'intervento, da effettuarsi all'esterno del manufatto, ha lo scopo di evitare il contatto diretto tra la muratura ed il terreno umido; la tecnica è in grado di convogliare lontano dalla muratura le acque di scorrimento e quelle derivanti dalla falda freatica. Questo tipo di dispositivo potrà essere localizzato, sia in aderenza agli apparecchi murari, (questi si riveleranno utili ad intercettare le acque in pendii vicini al manufatto) sia distaccato; nel primo caso si renderà necessario posizionare, a contatto con il muro, una barriera impermeabile costituita da membrane bitume polimero elastomeriche, o realizzata mediante vernici impermeabilizzanti (minimo 2 mani a distanza di 24-48 ore per uno spessore finale di circa 2-3 mm ed un consumo di almeno 2-2,5 kg/m²).

Previa la rimozione o la demolizione dell'eventuale marciapiede perimetrale, dovrà essere realizzato uno scavo (eseguito a mano o con l'ausilio di piccoli escavatori a cucchiaio) per piccoli cantieri successivi, al fine di creare una trincea di profondità e larghezza dettate dalle disposizioni di progetto; in assenza di queste si procederà fino all'estradosso della fondazione o, quantomeno, ad una quota inferiore a quella dei pavimenti interni (larghezza minima 40-50 cm, altezza circa 70-80 cm) eseguendo gli eventuali, quanto opportuni, sbatacchiamenti in presenza di terreno incoerente o con terreno che non offra assolute garanzie di sicurezza. Successivamente, previa accurata ripulitura della parete controterra (con tecnica indicata da disposizioni di progetto, ad es. acqua deionizzata ed energica spazzolatura con l'ausilio di spazzole di saggina) messa al vivo, al fine di rimuovere ogni traccia di terreno ed eventuali residui umiferi, si procederà alla stuccatura dei giunti con malta di calce idraulica ed all'eventuale messa in opera di un nuovo intonaco (spessore consigliato 20 mm) con malta sempre a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 caricata con cocciopesto (per es. 1 parte di calce, 2 parti di sabbia fine, 1 di cocciopesto). In alternativa, in presenza di apparecchio "faccia a vista", potrà essere sufficiente stillare i giunti di malta con apposita malta di calce idraulica caricata con cocciopesto ovvero pozzolana (rapporto legante-inerte 1:2). Tirato e consolidato l'intonaco si applicherà la guaina isolante bituminosa che potrà essere a teli saldati a caldo (caratteristiche medie: spessore 4 mm; armata con tessuto-non-tessuto di poliestere imputrescibile; flessibilità a freddo di –20 °C, resistenza a trazione long. 970 N/cm² e trasv. 700 N/cm²; allungamento a rottura long. 50% e trasv. 50%; resistenza alte temperature >150 °C) o liquida data a pennello o a rullo (prodotto a consistenza liquida a base di bitumi con elastomeri e filler in dispersione acquosa; allungamento a rottura ca. 1000%; resistenza alte temperature >150 °C; flessibilità a freddo –10 °C; resistenza a trazione long. 16 N/cm² e trasv. 20 N/cm²; tempo di essiccazione superficiale ca. 1 h); per l'applicazione su superfici cementizie sarà opportuno prevedere la stesura preventiva di apposito *primer.*

Al fine di evitare che il riempimento danneggi lo strato isolante potrà essere utile posizionare delle idonee membrane bugnate in polietilene ad alta densità HDPE (spessore ca. 6-10 mm; volume d'aria tra le bugne ca. 5,3-5,5 l/m³; resistenza alla pressione > 200 kN/m²; stabilità termica da +30 °C a +80 °C; resistente agli agenti chimici, agli urti, alle radici, non degradabile). Queste membrane, applicate con le bugne rivolte verso la parete (avendo cura di avere una sormonta longitudinale di almeno 10-20 cm), mediante tasselli ad espansione o chiodi in acciaio inox muniti di appositi bottoni con maglia 100x100 cm, avranno, allo stesso tempo, sia la funzione di agevolare la circolazione dell'aria sia di proteggere la barriera isolante. Nel caso in cui si dovessero montare membrane bugnate munite di strato di geotessuto non-tessuto drenante in polipropilene a filo continuo si dovrà invertire la posa in opera ovverosia, il lato bugnato dovrà essere rivolto verso il terreno così da permettere al geotessuto un costante filtraggio delle particelle del terreno impedendo l'intasamento dei

canali. In alternativa alla membrana bugnata si potranno realizzare dei pannelli in laterizio pieno posti in opera a coltello ed allettati con malta di calce idraulica.

Il drenaggio vero e proprio sarà costituito dal riempimento a secco della trincea, precedentemente scavata, con ciottoli, scheggioni (costituiti da materiali poco porosi ed assorbenti come pietre laviche) disposti a mano su terreno ben costipato mediante spianatura, bagnatura e battitura, al fine di evitare cedimenti, o su piano costituito in magrone di cls; in ogni caso il piano dovrà essere tirato in modo da avere una pendenza intorno al 2-4% così da favorire il deflusso delle acque. Il drenaggio sarà integrato con un tubo drenante (200-400 mm) in materiale cementizio forato avente la corona superiore molto permeabile e la parte inferiore compatta ed impermeabile, posto sul fondo della fossa con la funzione di raccolta ed allontanamento delle acque nelle condotte principali di fognatura bianca, o in zona idonea al non ritorno dell'acqua reflua dal drenaggio. Il materiale di riempimento sopra il primo strato di ciottoli e scheggioni di grosse dimensioni (100-150 mm) dovrà essere di granulometria diversificata, sempre più fine a mano a mano che ci si avvicina alla superficie; una granulometria di riferimento potrà essere composta da ciottoli di 30-60 mm, ghiaia di 5-10 mm, rifiorimento in sabbia 1,5-3 mm. Tra i vari strati di granulometria diversa, se il progetto lo prevede, potrà essere inserito un foglio di tessuto-non-tessuto.

Al fine di impedire infiltrazioni d'acqua piovana si renderà necessario creare o ripristinare un marciapiede lungo tutto il perimetro dell'edificio di larghezza maggiore a quella della trincea drenante e d'inclinazione tale da allontanare l'acqua dalla parete. In tal modo l'assorbimento d'umidità sarà ridotto al solo piano di appoggio della fondazione.

Avvertenze

L'intervento, se correttamente eseguito ed affiancato all'interno dell'edificio dalla messa in opera di intercapedini o vespai areati, potrà risultare efficace e risolutivo nei casi in cui la risalita capillare dell'umidità non superi i 40-50 cm. In presenza di murature soggette ad elevata umidità di risalita sarà necessario evitare questo tipo di procedura ed orientarsi verso sistemi combinati più efficaci. Nel caso in cui lo scavo dovrà essere abbassato al di sotto della quota di fondazione, sarà opportuno (ai fini della sicurezza statica) posizionare la trincea drenante ad almeno 2 m dalla stessa per evitarne il possibile scalzamento.

2.2. Pozzi assorbenti

In presenza di una successione di terreni che, dalla superficie verso il basso, si presentano con strati saturi di acqua (livello fondazioni) e, poi, a profondità maggiori, con strati di suolo assorbente (per es. un banco di ghiaia sciolta anche mista a sabbia, argille molli ecc.) può rivelarsi conveniente procedere al risanamento dei locali interrati ricorrendo alla creazione di pozzi assorbenti. Questi pozzi potranno essere realizzati, secondo le disposizioni di progetto, o in pietrame o in mattoni pieni messi in opera in modo da lasciare aperti numerosi vuoti fra l'interno del pozzo ed il terreno limitrofo. Normalmente il pozzo sarà affondato per circa 30-40 cm all'interno dello strato assorbente e terminerà in superficie con un chiusino in cemento, asportabile per le periodiche ispezioni sulla condizione del pozzo.

Tali pozzi lasciano filtrare al loro interno l'acqua proveniente dal suolo saturo, convogliandola verso il sottostante banco assorbente. Con questo tipo di drenaggio si otterrà un abbassamento del livello della falda acquifera ed un rapido prosciugamento delle acque piovane che, per gravità, penetrano nel terreno.

Avvertenze

Questa procedura determina un calo della falda acquifera superficiale, pertanto potrà essere messa in opera solo se il progetto avrà considerato i possibili fenomeni di tipo statico (assestamenti, avvallamenti ecc.) che potrebbero verificarsi nelle strutture del manufatto ed abbia previsto o adottato adeguate misure di salvaguardia; sarà, pertanto, consigliabile, prima di procedere all'installazione del pozzo, consolidare la struttura muraria.

2.3. Intercapedini, scannafossi

L'intervento prevede la formazione di un'intercapedine ventilata perimetrale (circa 40-80 cm di larghezza per una profondità di almeno una volta e mezzo l'altezza dell'umidità di risalita; ad es. per umidità fino ad 1 m scannafosso profondo 1,5 m) con la funzione di realizzare il completo distacco tra il terreno umido e la faccia verticale della muratura interrata; così facendo si favorirà l'aerazione delle murature del manufatto e di eventuali locali seminterrati. Con la messa in opera di questo tipo di dispositivo la muratura potrà assorbire acqua soltanto dalla base e non più lateralmente, scaricandola nell'intercapedine sotto forma di vapore condotto, poi, verso l'esterno attraverso canali di ventilazione, griglie, aperture dirette ecc.

Previe operazioni di scavo, simili a quelle eseguite per il drenaggio, si procederà alla realizzazione, ad una distanza dettata dalle disposizioni di progetto (minimo 12 cm), di una controparete in mattoni pieni, in calcestruzzo armato o in elementi prefabbricati in c.a. (mezzi tubi 400 mm o elementi a "C" 400x400 mm) a seconda delle modalità descritte negli elaborati di progetto. L'intercapedine, indipendentemente dal materiale impiegato per costruirla, andrà realizzata in maniera indipendente rispetto alla struttura muraria dell'edificio interessata dall'intervento. Si eseguirà, pertanto, una struttura portante, parallela al perimetro delle murature, alla quale si appoggerà il sistema di chiusura che potrà essere realizzato con griglie metalliche, in tavelloni e massetto armato, in piastre in c.a. prefabbricate ecc. (in caso di intercapedine chiusa si dovranno necessariamente prevedere delle griglie di aerazione intervallate ogni 4-5 parti chiuse, da dimensionarsi rispetto alla grandezza del manufatto).

L'interno dello scannafosso andrà completamente impermeabilizzato tramite applicazione di guaina bituminosa liquida stesa a pennello od a rullo (prodotto a consistenza liquida a base di bitumi con elastomeri e filler in dispersione acquosa, allungamento a rottura ca. 1000%, resistenza alte temperature >150 °C, flessibilità a freddo –10 °C, resistenza a trazione long. 16 N/cm² e trasv. 20 N/cm²); nel caso di parete controterra "faccia a vista" potrà essere sufficiente stillare i giunti di malta con apposita malta di calce idraulica naturale NHL 3,5 caricata con cocciopesto, ovvero pozzolana (rapporto legante-inerte 1:2). L'intercapedine dovrà, inoltre, essere ispezionabile mediante la creazione d'idonei pozzetti rimovibili e presentare il fondo conformato in modo da raccogliere l'acqua e farla defluire (pendenza 2-4%) verso idonei pozzetti di raccolta collegati al sistema fognario. Tramite fori passanti nelle murature perimetrali (10-20 mm), eseguiti con apposite carotatrici, le intercapedini potranno essere collegate con eventuali vespai aerati presenti all'interno della costruzione.

I vantaggi di un sistema di questo tipo risiedono nel miglioramento delle condizioni termo-igrometriche dei locali interrati confinanti con lo scannafosso, nella possibilità di effettuare aperture di finestre a bocca di lupo migliorando, così, le condizioni di aerazione e, quindi, di abitabilità; inoltre, il vuoto crea una barriera alle vibrazioni meccaniche provenienti dalle strade e dai terreni limitrofi.

2.4. Controparete interna

Questa procedura risulta particolarmente adatta nei casi in cui risulta difficile, se non addirittura impossibile (sia per problemi economici sia strutturali), operare all'esterno. L'intervento si pone l'obiettivo di ottenere un'adeguata aerazione dei locali interrati e, allo stesso tempo, sfruttando i moti convettivi che si originano nell'intercapedine, ridurre per evaporazione, l'umidità relativa con un conseguente miglioramento delle condizioni di salubrità e di benessere dei locali interni. In linea generale una controparete dovrà:

– non presentare contatti con la parete umida (per essere efficace, anche contro l'umidità di condensazione, la camera d'aria dovrà essere di circa 6-7 cm);

– non avere alcuna comunicazione tra l'aria umida dell'intercapedine ed il locale da risanare;

– impostarsi su uno strato di materiale impermeabile (guaina bituminosa posizionata sul massetto);

– avere un ricambio dell'aria umida verso l'esterno od in modo naturale o tramite elettroaspiratore (solo in caso di umidità ascendente dal terreno);

– nel caso di umidità da condensazione dovrà possedere una chiusura ermetica anche verso l'esterno.

La procedura prevede, previa l'eventuale eliminazione dell'intonaco o di altro tipo di rivestimento sul lato interno della parete e successiva pulitura con acqua deionizzata e spazzolatura, la messa in opera di una controparete leggera e sottile costituita, seguendo le modalità indicate negli elaborati di progetto, da mattoni forati posti in piano o di coltello, ovvero da tavelline o lastre di calcestruzzo cellulare preverniciate con un impermeabilizzante sul lato interno ed unite con malte idrofughe. Per migliorare la resistenza termica della controparte dovrà essere posizionato un sottilissimo foglio d'alluminio che potrà rivestire indifferentemente, previa intonacatura rustica, l'una o l'altra faccia.

La soluzione di ventilazione più comune sarà data da una doppia fila di canali di aerazione (20-40 mm) capaci di assicurare il collegamento dell'interno dell'intercapedine con l'esterno realizzate ogni 100-150 cm in corrispondenza della quota del pavimento e del soffitto (circa a 15 cm). In presenza di umidità ascendente e se il progetto prevede una ventilazione forzata, si potrà, in alternativa, disporre le bocche d'aerazione in alto verso l'interno e, quelle in basso, verso l'esterno.

Nel caso di intercapedine ventilata si otterrà, generalmente, un minore isolamento termico, in quanto l'aria esterna che entra a contatto con quella dell'intercapedine scambia direttamente il calore con quest'ultima; sarà, tuttavia, assicurato lo smaltimento del vapore acqueo che si creerà nei locali ed all'interno dell'intercapedine per evaporazione dell'acqua eventualmente filtrata dalla parete esterna.

Particolari precauzioni dovranno essere adottate per la realizzazione dei fori di ventilazione i quali, al fine di evitare l'entrata di acqua esterna all'interno dell'intercapedine, dovranno essere eseguiti con pendenza verso l'esterno ed essere protetti da un cappelletto (in metallo, pietra o laterizio) ad uso di gocciolatoio che impedisca l'ingresso della pioggia e del vento diretto.

2.5. Vespai orizzontali

L'intervento si rivolge a quei locali interrati o seminterrati che hanno il pavimento a diretto contatto con il terreno umido, che presentano sia problemi di umidità legati alla condensa, sia dipendenti dalle condizioni termoigrometriche. La procedura si pone come obiettivo quello di isolare il pavimento dalle masse umide del terreno attraverso la formazione di un vespaio orizzontale eventualmente collegato, tramite appositi bocchette, con intercapedine d'aerazione esterna. La suddetta predisposizione di bocchette di ventilazione potrà essere omessa, sia nei casi in cui il progetto preveda la messa in opera di un massetto di cls, con spessore minimo 10 cm, sul quale stendere una membrana impermeabile a base bituminosa, sia nel caso in cui il riempimento sia costituito da materiale asciutto e termoisolante.

I vespai, dove possibile, dovranno sempre avere sviluppo nord-sud, in modo da garantire un minimo di movimentazione d'aria ed un'altezza minima pari a circa 30-40 cm, ottenibile attraverso uno scavo di sbancamento, eseguito a mano o con l'ausilio di

piccoli strumenti meccanici, o diminuendo l'altezza del locale (maggiori specifiche sulle modalità di scavo potranno essere attinte dagli articoli specifici sugli scavi).

I vespai fondamentalmente sono di due tipi:

– a camera d'aria;

– a riempimento.

Vespai a camera d'aria

La procedura prevede l'eliminazione del contatto diretto tra pavimento e terreno attraverso la creazione di un vano vuoto, asciutto e termicamente coibente messo in opera al disotto della quota del primo solaio, con la funzione di fermare l'acqua ascendente dispersa nel terreno e di agevolare la riduzione della condensa atmosferica. Nei locali con almeno una parete che confina con l'esterno, il vespaio potrà essere collegato al di fuori mediante bocchette d'aerazione mentre, nei locali interni, il riciclo d'aria potrà mancare o, altrimenti, essere realizzato sfruttando un camino di tiraggio, cioè una condotta d'aerazione verticale che arrivi fino al tetto; il tiraggio di questi camini andrà calcolato in rapporto al carico disponibile ed alla portata.

GATTAIOLATO

Questo tipo d'intervento può essere messo in opera nei casi in cui si ha la possibilità sia di rimuovere la pavimentazione esistente (per maggiori dettagli su questa procedura si veda quanto prescritto nell'articolo specifico), sia di eseguire uno scavo di circa 80-100 cm di profondità. Una volta eseguito lo scavo il piano dovrà essere regolarizzato mediante un magrone (dosato 1,5-2 q/m³) di calce idraulica naturale NHL 5 di circa 8-10 cm eventualmente armato con rete elettrosaldata □ 6 mm maglia 200x200 mm; lo spessore del piano di posa sarà dimensionato in funzione del carico operato dagli strati superiori. Sopra il piano potrà essere collocata una guaina isolante bituminosa che avrà un risvolto verticale sulle pareti perimetrali per tutta l'altezza del vespaio più una decina di centimetri sopra il pavimento o, in alternativa, (se il progetto non prevede il ripristino dell'intonaco) si potrà fermare a filo pavimento. Il gattaiolato vero e proprio sarà costituito da muretti di sostegno (ovvero dei pilastrini minimo a due teste) in mattoni pieni ad una testa intervallati da 80-100 cm e di altezza variabile, secondo le prescrizioni di progetto, da un minimo di 30 cm ad un massimo di 80 cm; questi muretti dovranno essere muniti di fori di ventilazione (ad intervalli di circa 50 cm) ricavati lasciando spazi tra i corsi di mattoni. Sopra ai muretti si potranno posizionare tavelloni in laterizio (dim. medie 100x25x8 cm), lastre di cls leggero (dim. medie 100x50x6 cm) o altro materiale idoneo a creare un piano di sottofondo. Al di sopra di questo piano verrà gettata la soletta in calcestruzzo alleggerito con argilla espansa (spessore minimo di 10-12 cm) armata con rete elettrosaldata di acciaio Fe B 38 K adeguatamente dimensionata (ad es. tondi □ 6 mm e maglia 100x100 mm) o rete in polipropilene (PP) bi-orientata prodotta per estrusione (maglia 42x30 mm). L'impasto di calcestruzzo da utilizzare dovrà avere i requisisti richiesti dagli elaborati di progetto con una resistenza minima di 250 kg/cm². Sulla soletta prima dell'esecuzione del sottofondo per il pavimento, potrà, se previsto dagli elaborati di progetto, essere posizionato, previa stesura di foglio separatore (in carta lana o carta Kraft), uno strato di materiale termocoibente (caratteristiche medie di pannelli termocoibenti in polistirene espanso sinterizzato a celle chiuse: spessore minimo 30-35 mm; densità 30-35 kg/m³; reazione al fuoco classe 1; conducibilità termica 0,025-0,028 Kcal/mh °C; resistenza a compressione 2,45-3,0 kg/cm²; esente da assorbimento d'acqua per capillarità).

In alternativa, per creare un gattaiolato di modesto spessore, (altezza scavo 40-45 cm per una intercapedine di circa 12-15 cm) si potranno montare, a guisa dei muretti di sostegno, dei filari costituiti da laterizi pieni o forati posti di coltello con interasse variabile in funzione della successiva collocazione di un piano ottenibile con tavelloni o anche semplicemente con altri mattoni (in questo caso l'interasse sarà di 25 cm). I filari dovranno consentire il flusso d'aria tra i vari comparti collegati alle condotte d'aerazione. La stillatura dei giunti dovrà essere eseguita con malta di calce idraulica naturale.

Se previsti dalle disposizioni di progetto potranno essere aperti, mediante carotaggi sui muri d'ambito, dei canali d'aerazione (minimo □ 120 mm interasse 4-5 m) in modo da creare correnti d'aria (l'orientamento consigliato sarà: a nord la presa d'aria e a sud l'emissione della stessa); ogni camera d'aria dovrà possedere almeno due aperture munite esternamente di griglie metalliche, così da consentire l'omogenea ventilazione di tutte le parti del solaio; nessuna apertura dovrà consentire il riflusso di aria verso l'ambiente interno; il sistema di canalizzazione dovrà permettere la naturale ventilazione aspirando e riversando aria in direzione di sbocchi aperti verso l'esterno.

VESPAI CON CASSERI PREFABBRICATI

L'intervento può essere considerato la variante moderna del gattaiolato; il supporto della pavimentazione verrà gettato direttamente su casseri a perdere prefabbricati in polipropilene riciclato di varie dimensioni (minimo 50x50 cm massimo 75x100 cm) ed altezze (minimo 10 cm massimo 70 cm) dalla forma ad igloo quadrilateri svuotati ai fianchi al fine di consentire la circolazione d'aria nelle quattro direzioni. Questa tecnologia offre la possibilità di posizionare in ogni direzione tubazioni, condutture e cavi.

I moduli, dotati di nervature per potenziare le caratteristiche meccaniche e il sistema d'incastro rapido senza necessità di fissaggio, verranno accostati per ricavare l'intercapedine ed, al tempo stesso, il piano per il getto della soletta (che dovrà essere minimo di 4-5 cm ed armata con rete elettrosaldata di acciaio Fe B 38 K □ 6 mm e maglia 200x200 o rete in polipropilene (PP) bi-orientata a maglia 42x30 mm, da posizionare direttamente sopra il cassero). Si procederà con la messa in opera dei pannelli termoisolanti e del pavimento con il relativo sottofondo. I moduli poggeranno su sottofondo di livellamento

realizzato in ghiaia e magrone (dosato 2 q/m³) di calce idraulica naturale NHL 5 di almeno 10 cm armato con rete elettrosaldata 6 mm maglia 200x200 mm. Attraverso perforazioni sulle pareti perimetrali si potranno aprire bocchette d'aerazione (si vedano le considerazioni fatte per il gattaiolato).

Vespai a riempimento

Questo tipo di intervento è adottato quando, pur avendo la possibilità di rimuovere la pavimentazione esistente, non risulta possibile effettuare lo scavo necessario per la realizzazione del vespaio aerato; in ogni caso il piano di posa dovrà essere preparato tramite la realizzazione di uno strato di magrone (dosato 1,5 q/m²) di calce idraulica dello spessore minimo di 8-10 cm o, in alternativa, mediante semplice livellamento e battitura del terreno.

Il vespaio sarà ottenuto dall'accostamento di elementi lapidei asciutti, poco porosi, ottenuti da frantumazione di rocce dure, preferibilmente silicee, con struttura compatta; dovranno essere banditi materiali porosi ed assorbenti (tipo calcarei teneri, tufi, arenarie ecc.) e ghiaie di granulometria fine. La disposizione delle pietre (per una altezza di circa 25-30 cm) non dovrà seguire il criterio della massicciata ma, al contrario, gli elementi dovranno essere posizionati in modo accurato, collocando gli elementi con dimensioni decrescenti dal basso verso l'alto e facendo sì che si formino delle continuità di spazi tra di essi, spazi che, collegandosi con idonei cunicoli d'aerazione messi in opera rudimentalmente con gli stessi elementi lapidei, nel senso della circolazione determinata dalle bocchette sulle pareti esterne, consentiranno all'aria una libera circolazione.

Al di sopra delle pietre sarà sistemato uno strato di ghiaione o colaticcio di fiume (rifiorimento) di conveniente granulometria (sino ad arrivare al piano prescritto di norma 6-8 cm) al fine, sia di creare una sorta di piano al massetto della pavimentazione, sia di impedire che questo, penetrando nel vespaio, occulti gli spazi vuoti predisposti. Il massetto sarà composto esclusivamente di calce idraulica naturale caricata con granulato d'argilla espansa (per uno spessore minimo di 10-12 cm) eventualmente armata con rete elettrosaldata d'acciaio Fe B 38 K adeguatamente dimensionata (per es. tondi 6 mm e maglia 200x200 mm). L'intervento terminerà con la messa in opera d'idonea membrana bituminosa (spessore 10 mm) e del successivo pavimento con relativo sottofondo. Sarà sempre opportuno far salire, verticalmente, la guaina per almeno 20-30 cm sulle pareti d'ambito; nel caso in cui gli elaborati di progetto non dovessero prevedere il rifacimento dell'intonaco o in presenza di apparecchio "faccia a vista", la guaina potrà essere tagliata subito al di sotto della quota del pavimento.

3. Applicazione di intonaco macroporoso

La procedura descrive una metodologia volta al prosciugamento di murature fuori terra, interessate da fenomeni di umidità di risalita, mediante l'applicazione di intonaci ad elevata porosità in grado di aumentare la velocità di evaporazione dell'acqua, presente all'interno della muratura, di quel tanto che basta affinché la stessa non sia in grado di umidificarsi in seguito al contatto ed al conseguente assorbimento d'acqua dal terreno umido. Questo tipo di operazione è consigliata quando risulta impossibile (per motivi tecnici e/o economici) intervenire con sbarramenti, deviazioni od altri sistemi più invasivi per cui non resta altra risoluzione che intervenire direttamente sull'apparecchio murario aiutandone la capacità di traspirazione. L'intonaco macroporoso, applicabile su tutti i tipi di muratura, potrà essere utilizzato anche su superfici di locali interni soggetti a forti concentrazioni di umidità o per ridurre i fenomeni di condensa sulle pareti degli ambienti confinanti, fermo restando un attivo ed efficiente sistema di aerazione. Questo tipo di intervento non sarà adatto in presenza di un costante contatto con acqua di falda.

L'intonaco macroporoso non sarà in grado di assicurare da solo nessun effetto di deumidificazione (ad eccezione di problematiche circoscritte a murature inferiori ai 30 cm interessate da modesti fenomeni d'umidità), ma assicurerà un buon prosciugamento dei residui d'acqua (specialmente nella stagione calda e secca) una volta limitata la fonte principale d'adescamento; inoltre, non essendo in grado di opporsi all'ingresso dell'acqua meteorica nel muro, dovrà essere trattato superficialmente con sostanze idrorepellenti ma traspiranti al vapore acqueo (ad es. pitture ai silicati), o con intonachino di finitura comunque additivato con idrorepellenti.

Questo tipo di intonaco sarà, di norma, ottenuto miscelando malte di base (ad es. calce idraulica naturale ed inerti leggeri selezionati o cocciopesto in rapporto 1:3) con agenti porogeni (additivi in grado di creare vuoti all'interno della massa legante come ad es. silicati idrati di alluminio espanso, perossido di calcio, agenti tensioattivi ecc.) o sostanze di per sé porose (perlite, polistirolo ecc.). L'intonaco così ottenuto sarà ricco di macropori (>35-40% del volume) intercomunicanti tra loro con la funzione, sia di aumentare la superficie di evaporazione sia di immagazzinare i sali cristallizzati senza pericolo di disgregazione meccanica dell'intonaco.

La procedura operativa prevede le seguenti fasi esecutive.

Asportazione intonaco

Si procederà con l'accurata spicconatura dell'intonaco danneggiato da acqua e sali fino ad un'altezza sopra la linea evidente dell'umidità, pari come minimo, a tre volte lo spessore della muratura (sarà consigliabile, comunque, non scendere al di sotto di un metro) avendo cura sia di rimuovere tutti gli eventuali materiali non compatibili estranei alla muratura (ad es. elementi metallici, lignei ecc.), sia di raschiare i giunti fra mattone e mattone (per almeno 2-3 cm di profondità) allo scopo di assicurarsi l'asportazione di sporco, muffe ed altri elementi contaminanti presenti tra gli interstizi, il materiale di scarto dovrà essere

rimosso celermente dallo zoccolo del muro in quanto inquinato di sali (per maggior specifiche sulla asportazione dell'intonaco si rimanda all'articolo specifico).

Pulizia della superficie

La superficie, portata al vivo della muratura, dovrà essere pulita mediante un accurato lavaggio effettuato con l'ausilio di idropulitrice o con getto di acqua deionizzata a bassa a pressione, spazzolando la superficie mediante spazzole di saggina o con altro idoneo sistema prescelto dalla D.L.

In caso di consistenti concentrazioni saline dovrà, al contrario, essere evitato qualsiasi lavaggio con idropulitrice che potrebbe compromettere ulteriormente il supporto; la superficie subirà una pulizia di fondo a mezzo di scopinetti e/o spazzole di saggina, con lo scopo di allontanare dalla muratura tracce di sporco e residui pulverulenti; in caso di necessità la pulitura potrà essere coadiuvata da getti di aria compressa a bassa pressione; in ogni caso la superficie dovrà essere oggetto di desalinizzazione attraverso un minimo di due cicli di impacchi di polpa di cellulosa imbevuta di acqua deionizzata (per ulteriori specifiche si rimanda all'articolo inerente "Estrazione di sali solubili mediante applicazione di compresse assorbenti").

Successivamente a questa fase dovranno essere asportate le parti mobili e quelle eccessivamente degradate sostituendole con elementi nuovi e, nel caso di parti mancanti od accentuati dislivelli, sarà opportuno procedere alla ricostruzione con cocci di mattoni e malta di calce (per maggiori specifiche si rimanda all'articolo riguardante le "Rincocciature").

Ristilatura dei giunti

Stuccatura dei giunti mediante malta a base di calce idraulica naturale ed inerti scelti e selezionati, eventualmente caricata con cocciopesto (per maggiori specifiche si rimanda all'articolo riguardante le "risarciture-stilature dei giunti di malta").

Eventuale primer antisale

In presenza di umidità elevata e di consistenti efflorescenze saline, previo periodo di traspirazione diretta della muratura, sarà consigliabile applicare a pennello od a spruzzo con un ugello erogatore di circa 2-4 mm (ad una pressione di circa 1 atm), su superficie perfettamente pulita ed asciutta un primer inibitore delle salinità e promotore della traspirazione, costituito da emulsione polimerica, incolore, esente da solventi, ad alto contenuto ionico, traspirante, al fine di eliminare il problema della comparsa di efflorescenze saline senza la formazione di pellicola superficiale non traspirante. L'operazione dovrà essere eseguita su superfici non direttamente esposte ai raggi solari, alla pioggia, o in presenza di vento (temperature limite di esecuzione +5 °C +35 °C); dovrà essere, inoltre, eseguita dall'alto verso il basso, in più passate, bagnato su bagnato, facendo percolare per gravità, interrompendo l'applicazione solo quando la muratura sarà satura (ovverosia quando la superficie impregnata rimarrà lucida per almeno 10 secondi). Le eventuali eccedenze di prodotto rimaste sul supporto dopo il completamento del trattamento dovranno, necessariamente, essere asportate o, se sarà possibile, fatte penetrare nella muratura con applicazioni di solo solvente diluente.

Alla fine del trattamento si provvederà a proteggere la zona d'intervento dagli agenti atmosferici fino alla completa stabilizzazione della miscela applicata (tempo variabile da 12 a 48 ore).

Strato di rinzaffo risanante

Previa bagnatura con acqua pulita della muratura (seguendo le accortezze in uso per l'applicazione di un normale intonaco) si procederà ad applicare, senza l'ausilio di guide e mediante cazzuola, lo strato di rinzaffo (dello spessore variabile di 20-30 mm) a cui sarà demandato il compito di preparare un fondo ruvido atto all'adesione per il successivo strato di intonaco macroporoso. Il rinzaffo, che dovrà essere applicato a copertura totale del supporto, sarà costituito da una malta a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 resistente ai solfati, rafforzata e stabilizzata con cocciopesto vagliato e lavato (granulometria 3-8 mm) o, in alternativa pozzolane naturali di primissima qualità, unitamente a sabbie silicee e carbonatiche selezionate (granulometria: 2 parti 1,5/5 mm + 1 parte 0,5/1,2 mm) ed eventualmente addittivata con idoneo agente porogeno/aerante così da essere caratterizzato da una porosità calibrata sottile (di norma 0,100-0,150 kg per 100 kg di legante) (rapporto legante-inerte 1:3). Caratteristiche medie dell'impasto: resistenza a compressione 6-8 N/mm²; resistenza a flessione 2-3 N/mm²; resistenza alla diffusione del vapore ca. 12-15 , porosità >25 %.

Strato di arriccio macroporoso

Dopo almeno 24-48 ore, cioè solo quando il rinzaffo inizierà a rapprendersi, si procederà ad applicare, previa bagnatura del supporto, il successivo strato di intonaco macroporoso (macroporosità controllata) mediante cazzuola, per uno spessore minimo di 20 mm (in due strati di 10 mm/cad) eventuali strati superiori (fino ad un massimo di 30 mm) si applicheranno in strati successivi a distanza di 24 ore uno dall'altro (caratteristiche medie dell'impasto: granolumetria 0,5-2 mm; resistenza a

compressione 2-4 N/mm²; resistenza a flessione 1-2 N/mm²; resistenza alla diffusione del vapore ca. 6-8 □; porosità >35%; conduttività termica 0,30-0,42 W/mK). La stesura dell'intonaco dovrà essere eseguita avendo l'accortezza di non esercitare alcuna pressione su di esso; inoltre andrà lavorato unicamente con staggia o cazzuola americana (al fine di non ostruire i vacui) evitando l'uso di frattazzo fine o lisciature a cazzuola. L'impasto dell'arriccio macroporoso sarà a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 e grassello di calce caricate con sabbia vagliata (0,5-1,5 mm) e cocciopesto (grana 1-5 mm) o pozzolana selezionata di alta qualità con l'aggiunta di idoneo additivo porogeno/aerante, se non diversamente specificato si potrà utilizzare un impasto costituito da: 1 parte di grassello di calce; 1 parte di calce idraulica naturale; 2 parti di sabbia; 2 parti di cocciopesto; 0,04 parti di agente porogeno/aerante (di norma 0,200-0,250 kg per 100 kg di legante).

Passati almeno 20 giorni si potrà procedere (secondo le disposizioni di progetto), alla stesura della rasatura superficiale che potrà essere tirata a frattazzo o rasata, colorata in pasta o meno, fermo restando le condizioni tassative di un alto valore di permeabilità al vapore acqueo; infine si potrà applicare un'eventuale coloritura che non alteri le caratteristiche di traspirabilità dell'intonaco come, ad esempio, le pitture alla calce o ai silicati (per specifiche sui trattamenti di finitura e/o protezione-coloritura si rimanda agli articoli specifici).

Avvertenze

Nel caso di utilizzo di prodotti premiscelati le modalità ed i tempi di applicazione potranno variare secondo la natura del prodotto e sarà obbligo seguire accuratamente le istruzioni del produttore, sia per quanto riguarda la preparazione degli impasti sia per i vari strati da applicare; ad esempio alcuni produttori omettono il *primer* antisale in quanto già compreso nella malta da rinzaffo, oppure altri non prevedono il rinzaffo con copertura totale ma solo uno strato al 60% sopra il quale applicare un primo strato antisale macroporoso (spessore 15 mm) ed uno di risanamento sempre macroporoso (spessore minimo 20 mm).

Nel caso di spessori di malta maggiori di 30-40 mm potrà essere consigliabile inserire una rete di supporto così da evitare l'insorgenza di fessurazioni; preferibilmente sarà montata una rete in polipropilene (PP) bi-orientata a maglia quadrangolare (ad es. 30x45 mm) caratterizzata da totale inerzia chimica, elevate doti di deformabilità (? 13%) e leggerezza (peso unitario 140 g/m²), si ricorda che pannelli di rete adiacenti dovranno essere posati in modo da garantire almeno una sovrapposizione di due maglie.

Nel caso sia prevista l'applicazione dell'intonaco macroporoso soltanto su di una porzione di parete (ad es. per 150 cm), la linea di giunzione tra i due intonaci si potrà rivelare, nel tempo, un elemento critico: le diverse composizioni degli intonaci potrebbero far nascere cretti o piccole fessurazioni che demarcherebbero il nuovo intervento; si potrà cercare di ovviare a questo inconveniente mettendo sia in opera intonaci il più simile possibile (sia come leganti, sia come inerti) a quelli preesistenti sia posizionando, lungo la linea di giunzione (per un altezza di circa 30-40 cm) una rete antifessurazione in polipropilene a maglia quadrangolare (ad es. 13x16 mm), le bande di rete potranno essere semplicemente appoggiate sulla malta ancora fresca procedendo dall'alto verso il basso, ed in seguito annegate con l'aiuto di un frattazzo o di una spatola; sarà oltremodo consigliabile sovrapporre eventuali teli adiacenti per un minimo di 10 cm.

4. Applicazione di intonaco termodepressurizzante

Messa in opera di intonaco termodepressurizzante (tipo *Novomur*), dotato di una struttura alveolare a cellula aperta macroporosa, diffusa nella massa, le cui cavità sono circondate da uno scheletro termoisolante che le mantiene distanziate, proteggendone le superfici interne. Gli alveoli, comunicanti fra loro attraverso una fitta rete di micropori, assicurano, quasi per aspirazione, il trasporto dell'umidità verso gli alveoli più grandi, da cui viene vaporizzata. L'effetto depressurizzante è dovuto al fatto che nello spessore dell'intonaco viene a crearsi un'elevatissima quantità d'aria di contatto con l'aria esterna tale da formare dei microvortici, i quali inspirano vapore permettendo che il prosciugamento si raggiunga anche in presenza di un processo di umidificazione continuo come potrebbe essere un muro contro terra. L'applicazione di questo specifico intonaco farà si che l'umidità incorporata nello spessore si sposti, a flusso continuo, verso i lati caldi, dove verrà inspirata e vaporizzata dalla massa termica depressurizzante, fino a completo esaurimento. Il processo di deumidificazione continua si stabilizzerà così alla base del muro, impedendo la risalita sia dell'umidità, sia dei sali; in questo modo la muratura non verrà più umidificata dalle acque disperse e tanto meno sfaldata dai sali. Questo specifico intonaco ha la capacità di adempiere a più funzioni contemporaneamente: mantenere l'ambiente sano e la muratura costantemente asciutta e integra, perfettamente isolata termicamente ed acusticamente, evitando al tempo stesso la proliferazione di batteri.

La procedura operativa prevede le seguenti fasi esecutive:

- *asportazione intonaco* (si veda quanto descritto all'articolo "Applicazione di intonaco macroporoso");
- *pulizia della superficie* (si veda quanto descritto all'articolo "Applicazione di intonaco macroporoso");
- *messa in opera di primer:* previa abbondante bagnatura del supporto murario con acqua pulita si procederà applicando una "schizzatura" con malta molto fluida composta da calce idraulica naturale, renone, acqua e ancorante, ossia resina acrilica emulsionata in acqua (rapporto acqua-resina: 10 l di acqua/1/kg di resina);
- *messa in opera di intonaco termodepressurizzante:* previa esecuzione di guide, eseguite con il materiale stesso o con listelli di legno, si procederà a stendere il prodotto a grosse mestolate, l'una vicina all'altra. L'applicazione può essere eseguita in una sola passata sino a 3 cm di spessore, spessori più consistenti dovranno essere applicati in più passate, in ogni caso la sovrapposizione della malta potrà essere effettuata dopo 24 ore.

Al fine di non rompere gli alveoli creatisi all'interno della massa dovranno essere prese delle precauzioni operative, ossia:

– le sporgenze della malta dovranno essere tagliate con la sola cazzuola;
– in fase di tiraggio non si dovrà “ringrossare” l'arricciatura;
– si dovrà assolutamente evitare di “schiacciare” la malta;
– non si dovrà impiegare il frattazzo per lisciare la superficie arricciata ma dovrà essere esclusivamente staggiata immediatamente dopo l'applicazione, altrimenti tenderà a strappare, pertanto non sarà consigliabile stendere la malta in una sola volta su una vasta superficie, ma sarà bene procedere a tratti di 70/80 cm alla volta. La staggiatura dovrà essere eseguita con riga metallica, azionata lentamente a zig-zag dal basso verso l'alto: se successivamente alla staggiatura alcuni punti dovessero rimanere sotto livello, si potrà ingrossare l'arricciatura; questa operazioni dovrà essere eseguita con estrema cautela in quanto si potrebbe incorrere nel cedimento dell'intera massa. La seconda staggiatura potrà essere eseguita con riga di legno al fine di rendere la superficie ruvida, pronta per ricevere il velo di finitura.

Il velo di finitura non dovrà contenere cemento né altri leganti resinosi ma dovrà essere composto solo da grassello di calce ben stagionato e sabbia. Il velo potrà essere applicato dopo minimo 48 ore su spessori medi di 2-3 cm e dopo 5-6 giorni su spessori alti 4-7 cm; così come lo strato di finitura, anche la tinteggiatura finale non dovrà contenere leganti resinosi ma dovrà essere a base di calce o, in alternativa, al silicato di potassio.

Specifiche sui materiali

L’intonaco termodepressurizzante dovrà presentare le seguenti caratteristiche tecniche:

– coefficiente di resistenza al vapore μ = 5,3 per spessore di 2,5 cm;
– coefficiente di velocità di trasmissione del vapore = 370 gr al giorno/m²;
– conducibilità termica □ = 0,045 Kcal/hm°C;
– peso specifico apparente 150kg/m³;
– resistenza alla compressione 12 kg/cm² dopo 30 giorni.

5. Formazione di barriera chimica idrofobizzante

L’intervento si pone l’obiettivo di interrompere la risalita dell’umidità trasmessa dalle parti interrate del manufatto, tramite uno sbarramento (mediante impregnazione a lenta diffusione o per iniezione a bassa pressione) di natura chimica continua, orizzontale e/o verticale, capace di impedire l’infiltrazione capillare d’acqua. Questa procedura basa il suo funzionamento sul fatto che l’altezza della risalita d’umidità dipende dalla tensione superficiale delle pareti degli alveoli presenti all’interno dei materiali da costruzione. L’intervento sarà praticabile su qualsiasi tipo di muratura (ad eccezione, forse, di quelle a secco dove sarà consigliabile intervenire, con tecniche e con impregnanti diversi, sul contorno piuttosto che nel riempimento), sia fuori terra, sia interrata, in qualsiasi periodo dell’anno, salvo tenere presente che, a basse temperature, i tempi di indurimento dei formulati possono aumentare anche del 50%. La procedura operativa prevederà le seguenti fasi esecutive:

Indagine preventiva

Prima di procedere all’impregnazione della muratura dovranno essere appurati vari fattori: la conformazione delle malte presenti, l’omogeneità della struttura, la misurazione indicativa del livello di umidità e l’analisi chimica dei materiali e dei tipi di sali eventualmente presenti; alcuni di essi poterebbero, infatti, influire negativamente nella deumidificazione e, in ogni caso, sarà opportuno eliminarli trasformandoli da idrosolubili in solubili.

Al fine di riuscire ad individuare la linea di perforazione sarà conveniente conoscere la differenza di quote tra interno ed esterno. Il livello sarà segnalato ad un’altezza pari a circa 15-20 cm sopra la quota 0,00 che coinciderà con quella rilevata più alta; l’andamento di tale livello potrà essere orizzontale, verticale od obliquo a seconda dei casi specifici e delle prescrizioni di progetto. Prima di eseguire le forature sarà opportuno accertarsi che la porzione di muratura interessata dall’intervento presenti uno spessore costante; in caso contrario sarà necessario segnare sulla muratura dove avviene il cambiamento di spessore riportando le eventuali, differenti misure così da poter perforare rimanendo sempre entro i 5-8 cm al di sotto dello spessore del muro.

Andrà, inoltre, accertato che, nella porzione interessata dall’intervento, non siano presenti elementi estranei, come tubazioni od impianti elettrici che potrebbero essere danneggiati con la perforazione, o fessurazioni che favorendo la dispersione del liquido, renderebbero inefficiente l’intervento; pertanto, nel caso di fessurazioni, si procederà al loro ripristino seguendo le procedure indicate negli articoli specifici (la messa in opera di una barriera chimica non arreca alcun mutamento alla statica del manufatto e non esistono riserve per il suo impiego in apparecchi lesionati o sconnessi escluso, ovviamente, la possibilità di insuccesso dell’intervento). Nel caso si debba operare su di una muratura particolarmente disgregata si renderà necessario, prima di iniziare le operazioni di perforazione, consolidare la muratura in modo da garantire il suo equilibrio statico durante e dopo l’intervento. Il consolidamento seguirà i criteri dettati da ogni caso specifico. Se, invece, si tratterà di operare su di una superficie intonacata distaccata o particolarmente degradatata, prima di perforare sarà vantaggioso eseguire l’asportazione dell’intonaco, da terra fino a 20-30 cm, sopra la linea di demarcazione delle forature e realizzare una fascia d’intonaco

contenitiva per mezzo di malta con struttura molto debole (per es. 300 kg di calce idrata per 1,00 m³ di sabbia) in modo da poter essere rimossa con estrema facilità alla fine dell'operazione.

Perforazione della muratura

La muratura verrà perforata, con l'ausilio di un trapano a lenta rotazione a punta lunga, al livello prestabilito (generalmente ad una altezza di 15-20 cm dalla quota più alta dei due pavimenti che delimitano la stessa parete) così da ottenere dei fori perpendicolari alla muratura (iniezione a pressione), ovvero leggermente inclinati verso il basso di circa 20° (lenta percolazione), con un diametro in ragione della dimensione e della tipologia dei diffusori, di norma 10 mm per il sistema a pressione, 15-30 mm per il sistema a percolazione, distanziati tra loro reciprocamente dai 10-12 cm ai 15-25 cm e profondi quanto lo spessore della muratura meno 8-10 cm in caso di diffusione lenta; in caso di diffusione a bassa pressione la profondità sarà limitata a 10-12 cm. Il numero e la distribuzione delle perforazioni e, di conseguenza, la quantità di miscela da immettere seguiranno le disposizioni di progetto; in ogni caso saranno in rapporto alle caratteristiche strutturali, alle dimensioni delle murature, nonché al potere assorbente dei materiali. Per uno spessore di muratura inferiore ai 50-60 cm si potrà sempre realizzare la corsia di fori da un solo lato per una profondità pari a circa l'80% della sezione muraria; per spessori maggiori sarà consigliabile interferire su entrambi i lati lasciando il solito margine di 8-12 cm al fine di evitare la trasudazione del formulato all'esterno.

Se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, le perforazioni saranno eseguite sul materiale (pietra, mattone ecc.) e sul letto di malta se ambedue presenteranno potere assorbente, viceversa solo sui giunti di malta se il materiale sarà particolarmente compatto (ad es. muratura in laterizio pieno: una sola corsia di fori eseguiti nei giunti di malta o nell'elemento in cotto; muratura in elementi lapidei non assorbenti o muratura mista pietra e laterizio: doppia fila di forature eseguite solo nei giunti indicativamente, la prima a 10-12 cm dal piano 0,00 ed una seconda a 20-25 cm). Se il progetto prevede più file di fori, sarà consigliabile che queste siano disposte a quinconce, così da avere una sorta di maglia triangolare che potrà assicurare uno sbarramento continuo ed uniforme; particolare attenzione dovrà essere fatta dove la muratura presenti lesioni o soluzioni di continuità. In presenza di murature umide controterra sarà consigliabile praticare le perforazioni in verticale fino a superare circa 50-60 cm la quota di livello del terrapieno. Terminata l'operazione di perforazione dovrà, necessariamente, essere eseguita la pulitura dei fori da eventuali residui mediante aria compressa o scovolini.

Il fissaggio del diffusore o degli ugelli di iniezione (secondo la tecnica prescelta) alla muratura sarà realizzato in modo da ovviare l'eventuale fuoriuscita del liquido, con l'ausilio di una malta a presa rapida a base di calce idraulica esente da sali oppure con apposita guarnizione di tenuta. Terminate le operazioni di iniezione si procederà alla rimozione degli iniettori presenti all'interno della muratura ed all'asportazione del materiale utilizzato per l'adesione dei diffusori alla muratura.

Specifiche sul liquido idrofobizzante

La tipologia dei formulati impregnanti è varia (silossano oligomero in solvente alifatico dearomatizzato, microemulsione silosillanica in solventi eteropolari idrolizzati, silano in acqua demiralizzata ecc.); le caratteristiche che accrediteranno una buona miscela idrofobizzante dovranno essere:

– bassa tensione superficiale, bassa viscosità, basso peso specifico e buon potere bagnante al fine di conferire la massima facilità di penetrazione del liquido nella muratura;
– bassa velocità di polimerizzazione e capacità di polimerizzazione anche in presenza di acqua per consentire un rapido funzionamento della barriera ed evitare che, nel tempo successivo all'operazione, agenti estranei ne disperdano l'efficacia;
– valore di pH nullo, assenza di componenti tossici, nessuna efflorescenza in asciugatura.

In ogni caso i formulati dovranno rispettare i requisiti richiesti dalla Raccomandazione NorMaL 20/85.

Attivazione barriera chimica mediante lenta diffusione

La tecnica sarà caratterizzata dalla lenta immissione del formulato prescelto introdotto all'interno della muratura mediante dei trasfusori, composti, generalmente, da tre elementi: un recipiente graduato (a tasca, a bicchiere ecc.) dove verrà contenuto e misurato l'impregnante, un tubo iniettore, munito di regolatore di flusso, e "gommini diffusori" (in spugna sintetica, cellulosa pressata ecc.), talvolta è lo stesso tubo iniettore a compiere anche la funzione di diffusore.

Il formulato idrofobizzante potrà essere immesso, seguendo le disposizioni di progetto, in più riprese, impregnando, in genere, murature porose in poche ore, mentre quelle più compatte, saranno saturate in poco più di 24 ore. La procedura diventerà "operante" come idrofobizzante dopo circa 24-48 ore in ambienti molto aerati mentre, in ambienti chiusi o con poca ventilazione, il tempo di completa polimerizzazione si potrà dilatare per qualche settimana (fino ad arrivare ad oltre un mese) in funzione del grado di umidità relativa e della sezione della muratura.

Attivazione barriera chimica mediante iniezione a pressione

La tecnica sarà caratterizzata dall'impregnazione della muratura con il formulato idrofobizzante prescelto utilizzando un sistema di iniettori di rame (ca. 10 mm) muniti di valvola di tenuta, collegati ad un compressore a bassa pressione (ca. 1-2 atm, nella fase conclusiva si potrà salire fino a 3-4 atm). In una muratura a mattoni compatti si potrà operare con pressioni di 4-5 atm; in quelle in pietra compatta, dove le iniezioni verranno eseguite nei letti di malta, non si dovrà superare le 2 atm; in ogni caso il formulato sarà immesso, in più cicli, che non dovranno superare i 40-45 secondi, così da evitare il pericolo di creazioni di fessurazioni nell'apparecchio murario. La quantità di liquido introdotto sarà in funzione dello spessore e della tipologia della muratura nonché del grado di umidità presente; in ogni caso, senza che si verifichino perdite non attese, potrà rifarsi a circa 0,5 l per metro lineare/cm di spessore. Nell'eventualità di murature di rilevante spessore (e se previsto dagli elaborati di progetto) l'iniezione potrà essere eseguita con applicazione progressiva avvicendando la perforazione all'iniezione, estendendo la profondità dei fori non appena la sezione di parete trattata si dimostrerà satura: in questo modo si impregneranno sezioni di muro sempre più profonde.

Per le superfici intonacate removibili

ELIMINAZIONE DELL'INTONACO DEGRADATO

Dopo aver eseguito il trattamento sarà opportuno rimuovere le superfici intonacate fino al vivo delle murature, (almeno 30/50 cm sopra il segno lasciato dall'umidità di risalita) al fine di agevolare l'asciugatura delle pareti dopo l'intervento; il ripristino dell'intonaco potrà avvenire solo dopo aver controllato il livello di umidità e dopo che la muratura si sia asciugata (minimo due settimane). Per maggiori specifiche sull'asportazione dell'intonaco si rimanda alla procedura specifica.

RIPRISTINO INTONACO

Previe operazioni preliminari di pulitura ed eventuale trattamento con *primer* antisale si opererà il ripristino di idoneo intonaco macroporoso al fine di completare l'operazione di deumidificazione. (Per maggiori specifiche si rimanda a quanto detto riguardo alla procedura sull'applicazione di intonaco macroporoso).

Superfici intonacate non removibili

PULITURA E CONSOLIDAMENTO INTONACO

Nel caso in cui le superfici intonacate non potranno essere asportate (per es. per la presenza di affreschi o decorazioni da tutelare) si opererà una desalinazione localizzata mediante impacchi assorbenti (carta giapponese o polpa di cellulosa ed acqua deionizzata) dopodiché si procederà con il consolidamento della superficie intonacata. (Per maggiori specifiche si rimanda a quanto detto riguardo alle procedure di consolidamento di superfici intonacate).

Avvertenze: generalmente si rivelerà difficile verificare se il materiale trasfuso abbia realmente impregnato, in modo omogeneo e tale da renderlo idrofobo, l'intero strato orizzontale di muratura oggetto di intervento; in ogni caso sarà da tenere presente che la sola riduzione, anche elevata della sezione assorbente, non impedirà all'acqua di risalire attraverso la strozzatura. Pertanto o l'intercettazione dell'umidità da risalita capillare sarà ottenuta al 100% della sua sezione orizzontale o, nel tempo, potranno apparire di nuovo patologie legate all'umidità, anche se rallentate ed in misura inferiore.

In caso di perdite di liquido idrofobizzante sul pavimento o su altre superfici di finitura si dovrà provvedere all'immediata pulitura; sarà, pertanto, buona norma stendere della segatura od altro materiale assorbente alla base del muro su entrambi i lati della perforazione prima di iniziare la procedura operativa.

6. Formazione di barriera elettrosmotica

L'intervento si pone l'obiettivo di prosciugare la muratura in maniera diffusa e basa la sua tecnica sull'inversione del fenomeno fisico dell'elettro-osmosi, per mezzo di una differenza di potenziale elettrico tra due masse liquide separate da un corpo poroso quale può essere la muratura. Il terreno agisce, normalmente, da polo positivo pertanto, le forze elettro-osmotiche tenderanno a trasportare le molecole d'acqua verso il muro, che agisce da catodo (polo negativo): l'intervento realizzerà l'inversione di polarità, trasportando il polo negativo nel sottosuolo ed il polo positivo (anodo) nella muratura da risanare. La procedura, di norma, troverà buona applicabilità in tutti quei casi in cui sarà necessario abbassare in modo consistente il contenuto d'acqua presente in materiali porosi. Mediante questa procedura operativa si potrà diminuire, nei materiali a grande assorbimento (ad es. murature in tufo), il contenuto d'acqua sino al 25%; al contrario, in murature di materiali mediamente porosi come i laterizi, i risultati non potranno essere gli stessi (dall'iniziale 30% non si riuscirà a scendere al di sotto del 12-14%). Con un sistema di questo tipo si lasceranno evaporare solo le molecole d'acqua in prossimità della superficie del muro; al suo interno, invece, le correnti d'umidità torneranno per capillarità nel sottosuolo dal quale originariamente provengono.

6.1. Barriera elettrosmotica attiva

La procedura prevedrà l'esecuzione di una traccia orizzontale sulla muratura, per un'altezza variabile dai 3 a 30 cm (a seconda del tipo di anodo), nell'intonaco o nei giunti di malta al massimo livello visibile raggiunto dall'umidità all'interno o all'esterno del setto murario o, in alternativa se il progetto lo prevede, la rimozione totale degli intonaci degradati (per maggiori specifiche sulla procedura di rimozione intonaco si rimanda all'articolo specifico).

Si procederà con il fissaggio orizzontale, all'interno della traccia precedentemente realizzata, del semiconduttore elettrico (polo positivo) che potrà essere costituito da una rete metallica nel caso sia essa stessa conduttrice di corrente o di materiale plastico nel caso in cui la corrente sia attivata mediante una piattina conduttrice fissata sulla sua parte superiore; l'altezza della rete dovrà essere di circa 250-270 mm per uno spessore di 10 mm. In alternativa allorché occorra intervenire in maniera meno invasiva possibile (ad es. sopra capitelli, cornici, pareti affrescate ecc.) si potrà ricorrere ad anodi lineari continui costituiti di poliuretano-carbonio con anima in lega di acciaio-tungsteno, a forma di "stringa" ovvero piattina alta 10-12 mm con uno spessore di 6-8 mm così da poter essere inserita lungo le tracce eseguite nei giunti di malta. La collocazione degli anodi seguirà le disposizioni di progetto, in assenza di queste si potranno localizzare poco sopra la linea di massima risalita (massimo h = 250 cm), lungo tutta l'estensione della muratura da trattare così da creare un circuito elettrico chiuso. Qualora la presenza di umidità superasse l'altezza di 300 cm sarà opportuno installare uno o più anodi supplementari (impianto a cascata) in parallelo alla fascia di base così da garantire la deumidificazione anche della zona murale superiore. Successivamente alla messa in opera delle reti o piattine si procederà all'eventuale ripristino dell'intonaco con impasto macroporoso. Per maggiori dettagli sull'applicazione di intonaco macroporoso si rimanda all'articolo specifico.

Previa esecuzione nel terreno, in prossimità della muratura da trattare, di perforazioni profonde 120-150 cm distanziate tra loro di circa 200-300 cm (distanza strettamente relazionata alla conducibilità elettrica del terreno) si procederà all'inserimento di puntazze di carbonio munite di conduttore vulcanizzato antifiamma con funzione di semiconduttori negativi lunghe circa 50-65 cm e con un diametro di 16-27 cm (in rapporto allo sviluppo dell'anodo) successivamente collegate tra loro al fine di creare un anello a circuito elettrico chiuso.

I due circuiti dovranno essere collegati in parallelo alla centralina di alimentazione attraverso idonei cavi elettrici inguainati. La centralina elettronica digitale (allacciata alla comune rete elettrica di 220 Volt) fornirà al sistema corrente continua ad impulsi con valori che non provocheranno corrosione su metalli ed intonaci; la tensione sarà mantenuta bassa tale da non superare i 2,8 Volt e 2m Ampère d'intensità massima per metro lineare di muro (qualsiasi siano lo spessore e la tipologia della muratura).

Eventuale ciclo di pulitura

Gli eventuali sali che dovessero emergere sulla superficie, generati dall'evaporazione dell'acqua presente nell'intonaco, potranno essere rimossi, secondo i casi specifici, o tramite pulitura dell'intonaco o, dove è consentito, con la rimozione ed il ripristino di uno nuovo.

Avvertenze

Occorrerà fare particolare attenzione ad eventuali interruzioni di corrente; in questo caso sarà indicato riattivare l'interruttore di alimentazione magneto-termico localizzato accanto alla centralina. La corretta riuscita dell'operazione si legherà all'esatto posizionamento dell'elettrodo positivo, se introdotto al di sotto del limite orizzontale dell'area umida-asciutta potrà insorgere una parziale stagnazione di acqua di ritenuta presente al di sopra della barriera elettrica. Il sistema potrà essere ripetuto, su di una superficie, più volte, generando il cosiddetto impianto a "cascata" composto da diverse fasce di anodi con relativo circuito; a tale sistema si ricorrerà quando sarà necessario ridurre l'eccessiva ed estesa stagnazione di sali a più livelli (si userà questo sistema in presenza di affreschi).

Specifiche

In alternativa alla creazione di un doppio circuito potrà essere impiegato il metodo "ad anello", che consiste nell'istallazione di un unico circuito interrato inserito all'interno di una traccia per terra all'esterno o all'interno dell'edificio, senza bisogno di ulteriori tracce nel muro. Dal punto di vista operativo l'intervento si concretizzerà nell'esecuzione a quota zero, ossia alla quota più bassa possibile, di tracce orizzontali anulari (previa loro accurata dissalazione) ove alloggiare elettrodi dispersori positivi, e nel cementare questi con malta resa conduttiva. Dalle suddette tracce partiranno delle puntazze (poli negativi) che saranno inserite, previa perforazione, nel terreno, in modo da creare un campo elettrico diretto verso il basso di valore pari a circa 350 mV per metro lineare. Tale vettore contrasterà quello del campo di forze di risalita capillare che ha stessa direzione ma verso opposto ed intensità pari a circa 100/150 mV per metro lineare. L'impianto sarà gestito da una centralina elettronica autoregolante che verrà collegata alla rete elettrica civile ed erogherà agli elettrodi dispersori corrente elettrica continua a bassissima tensione (circa 4-6 Volt). L'intensità di corrente erogata sarà anch'essa minima (per una muratura di circa 100 m di sviluppo all'inizio e di circa 5 Watt/h) e diminuirà con l'asciugatura del muro, cosicché il consumo, sebbene l'impianto sia costantemente alimentato, si ridurrà entro 3 o 4 mesi a quantità irrisorie (1 Watt/h). La centralina sarà, inoltre, in grado di registrare giornalmente l'intensità di corrente erogata e quindi il processo di deumidificazione, segnalando eventuali anomalie. Va da sé che il potenziale dovrà esser mantenuto per sempre altrimenti la risalita capillare riprenderà la sua azione. L'impianto sarà regolabile e reversibile.

6.2. Barriera elettrosmotica attiva non invasiva

In alternativa al sistema tradizionale di barriera elettrosmotica attiva potrà esser impiegata una tecnologia elettrofisica basata sulla risonanza ad impulsi a bassa frequenza assolutamente non invasiva e totalmente reversibile (tale sistema non prevede, infatti, l'utilizzo di nessun elettrodo o barre conduttrici da fissare nelle pareti). Il sistema prevede l'installazione di una o più centraline, di dimensioni piuttosto ridotte (circa 21x18x12 cm), posizionate, preferibilmente, all'interno della fabbrica e, dove possibile, al di sopra del "fronte di risalita capillare" ossia il limite di migrazione dell'acqua (in ogni caso ad una altezza non superiore ai 250-300 cm dal pavimento); la suddetta centralina sarà alimentata da corrente a 220 V, 50-60 Hz e sarà collegata ad una semplice presa Schuko 16A. Il sistema sopra descritto si autoregolerà in relazione all'umidità di risalita: l'emissione di un debole campo elettromagnetico (intensità campo magnetico: 0,3 V/m; induzione magnetica a 1 cm dall'apparecchio 0,8 □T, a 15 cm 0,5 □T a 30 cm ininfluente), che interagisce con il campo elettromagnetico dei dipoli dell'acqua, darà vita ad una forza di tipo elettromagnetico che spingendo i dipoli dell'acqua verso il terreno garantirà l'arresto del movimento ascendente dell'acqua ed il conseguente lento asciugamento della muratura oggetto di intervento (di norma il periodo è variabile da un minimo di 6 mesi a ad un massimo di 36 mesi). La suddetta tecnologia prevede un raggio di azione variabile da un minimo di 9 m ad un massimo di 15 m a livello sferico (ossia a 360°) dal luogo di installazione (l'effetto si estenderà anche nei riguardi delle solette e dei pavimenti).

6.3. Barriera elettrosmotica passiva

Il sistema dovrà essere limitato a costruzioni in mattoni, o pietre arenarie. Previa esecuzione di fori (ca. 35-40 mm profondità 160-180 cm) inclinati di 45° nella muratura (a circa 80 cm dal piano di campagna) intervallati di circa 50-60 cm, si provvederà all'inserimento di sonde metalliche (ad es. tondini di ferro rivestiti con gomma vulcanizzata, tondini in acciaio inox ecc.) ed al loro successivo inghisaggio con boiacca cementizia. Il sistema non sarà alimentato da corrente elettrica e sfrutterà il principio del campo elettrico esistente dando vita ad una inversione di poli per corto circuito (terreno polo negativo; setto murario, polo positivo). Questo intervento sarà efficace ma limitato nel tempo, infatti, le sonde metalliche si consumeranno lentamente fino ad annullare le proprie "facoltà".

Avvertenze

Attraverso questa tecnica si potrà eliminare solamente quella porzione di acqua che risale la muratura per elettro-osmosi ma non quella che ascende per capillarità; sarà, pertanto, consigliabile coadiuvare questo sistema con l'applicazione di intonaci macroporosi traspiranti alle pareti al fine di migliorare l'evaporazione dell'acqua capillare di risalita (per maggiori dettagli sull'applicazione di intonaco macroporoso si rimanda all'articolo specifico). Un problema connesso a questa procedura sarà costituito dalla polarizzazione degli elettrodi che, a seconda del materiale utilizzato, si potranno deteriorare sotto l'effetto di correnti vaganti, con la conseguente diminuzione della resistenza del circuito dovuta alla loro corrosione.

7. Tecnica del sifone atmosferico

La procedura, mossa dalla necessità di aumentare la superficie esterna di evaporazione e ridurre, al tempo stesso, la sezione orizzontale della muratura (così da diminuire la quantità d'acqua trasportata per capillarità) si baserà sul principio che l'aria esterna, più asciutta e, di conseguenza, più leggera di quella che si troverà all'interno del manufatto, salendo all'interno del canale di aerazione sposterà l'aria umida e pesante, accumulata dentro il sifone, verso l'esterno.

L'intervento sarà caratterizzato dalla messa in opera di idonei sifoni prefabbricati (lunghezza variabile dai 10 cm ai 50 cm) di materiale poroso dotati di un canale centrale (realizzato in cotto, plastica ecc.) di forma triangolare, circolare o pentagonale. Questi sifoni saranno alloggiati in fori (eseguiti dall'esterno verso l'interno per una profondità pari a circa la metà dello spessore del muro) di sezione possibilmente rettangolare (dim. medie 70x90 mm) eseguiti a mano o con l'ausilio di apposita carotatrice (minimo 120 mm). Se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto si realizzerà una fila orizzontale di perforazioni ad una quota non inferiore ai 20-25 cm dal piano di campagna in ragione di 3 per ogni metro lineare di muratura. In presenza di murature particolarmente umide si potrà ricorrere ad una seconda fila parallela di perforazioni così come, in presenza di elevate sezioni, (> 90 cm) sarà vantaggioso disporre, a passo alternato, i sifoni su entrambe le facce della muratura.

L'inserimento dei sifoni all'interno dei fori (fino a toccare la parete interna del foro) avverrà previa creazione di idonea pendenza verso l'esterno (circa 30°) con apposita malta porosa (ad es. un impasto abbastanza asciutto potrà essere composto da: una parte di calce idraulica naturale esente da sali, una parte di sabbia silicea fine lavata 0,5-2 mm, 2 parti di sabbia silicea grossa 2-4 mm). Passato il tempo necessario a far "tirare" la malta si procederà ad introdurre il sifone, inglobandolo nella stessa malta del letto, fino a raggiungere la parete posteriore del foro che dovrà essere più lungo di 2-3 cm, al fine di sistemare una griglia di protezione, posta con il vertice verso l'alto.

Specifiche

In commercio esistono delle cartucce che si basano sul medesimo principio (scambio termico tra la temperatura all'interno del muro e l'aria esterna dell'ambiente) ma presentano il vantaggio di avere dimensioni molto ridotte rispetto al sifone classico (□□cartuccia < a 18 mm) e di non fare uso di malta. L'installazione, infatti, si risolverà praticando dei fori (con trapano a sola rotazione munito di punta 18 mm) della lunghezza di circa 2/3 del muro, con una inclinazione di 25-30° ad una altezza dal piano di calpestio paria a 15-18 cm e distanziati 15-20 cm; previa pulitura della cavità con aria compressa si inserirà la cartuccia dotata di spinotto munito di doppio foro da 4 mm.

8. Rivestimento impermeabilizzante osmotico

La procedura in oggetto potrà essere utilizzata al fine di sanare ambienti delimitati da murature sature d'umidità di risalita od a diretto contatto con acqua di falda. Questi tipi di rivestimenti avranno la capacità di occludere i pori della struttura una volta penetrati a fresco al suo interno per pochi millimetri; questo processo consentirà l'impermeabilizzazione del manufatto grazie ad una barriera fisica che impedirà all'acqua di permeare completamente il supporto e, allo stesso tempo, garantirà la traspirazione del muro. L'utilizzo di questo tipo di rivestimenti potrà essere fatto, sia su strutture in calcestruzzo, sia in muratura e, nello specifico, si potranno attuare impermeabilizzazioni di ambienti ai piani terreni, seminterrati, pareti controterra, vasche, vano ascensore e per locali, come ad esempio cucine e bagni, soggetti ad una forte produzione di vapore. Il prodotto si costituirà in genere con un legante idraulico (preferibilmente calce idraulica naturale esente da sali), sabbia di quarzo a granulometria selezionata (0-0,6 mm) ed aggregati pozzolanici e betoniti (caratteristiche medie: resistenza a compressione 26-32 N/mm²; resistenza allo strappo 1 N/mm²; impermeabilità all'acqua >8 atm; modulo elastico 16000-18000 N/mm²; pH 11; tempo di lavorabilità a 20 °C ca. 60 minuti; temperatura di applicazione limite tra +8 °C e +30 °C).

Prima dell'applicazione del prodotto su strutture in calcestruzzo si dovrà provvedere alla rimozione delle parti incoerenti e distaccate; si dovranno, inoltre, scarnificare i nidi di ghiaia, aprire le fessurazioni e provvedere alla loro risarcitura (per maggiori specifiche si rimanda a quanto indicato nell'articolo sulla ricostruzione di copriferro e/o della sezione resistente); a fine operazione si dovrà pulire accuratamente la superficie eliminando oli, polveri ecc. Per realizzare la perfetta continuità tra superfici orizzontali e verticali (ad es. intersezione pavimento-pareti) si renderà necessario creare un idoneo guscio di raccordo tra le due superfici. L'area da impermeabilizzare dovrà essere bagnata a più riprese fino a saturazione (eliminando gli eventuali ristagni con stracci, spazzole o getto d'aria prima dell'applicazione), dopodiché si procederà con la stesura (mediante pennello o spatola) del preparato, a consistenza di boiacca, eseguita a copertura totale in strati successivi (di norma 3) di 1-1,5 mm per mano (per uno spessore totale di circa 3 mm); la prima stesura dovrà penetrare bene nel supporto e dovrà essere asciutta prima di procedere con la mano successiva (tempo di attesa tra le mani dalle 6 alle 24 ore in ragione della temperatura e dello spessore dello strato applicato). Particolare cura dovrà essere fatta nell'applicazione del materiale in prossimità degli angoli e degli spigoli, infine, a presa avvenuta, si liscerà con la pennellessa la superficie in modo da chiudere le eventuali porosità ed ottenere, così, uno strato uniforme.

Per quanto concerne le strutture in muratura (laterizio, tufo ecc.) prima di procedere con l'applicazione del legante osmotico si dovrà provvedere alla pulizia della superficie rimovendo da questa qualsiasi traccia di rivestimento (intonaco, vernici o pitture) mediante procedura indicata dagli elaborati di progetto (per maggiori specifiche si rimanda a quanto indicato negli articoli inerenti le puliture) e, se necessario, si opererà un consolidamento delle parti friabili o distaccate; inoltre anche in questo caso, sarà consigliabile realizzare un raccordo curvo tra parete e pavimento. Per le superfici in muratura, previa abbondante bagnatura delle stesse, si procederà applicando una prima mano di boiacca osmotica con funzione di *primer* dopodiché, sul fresco, al fine di ottenere un supporto piano ed omogeneo, verrà applicato un intonaco costituito da una malta a base di calce idraulica naturale, sabbia silicea vagliata, eventualmente addittivata (al fine di migliorare l'aggrappaggio) con lattice di polimeri acrilici (ad es. 1 parte di calce idraulica, 2 parti di sabbia, 0,4 parti di resina) per uno spessore minimo di 2 cm ed eventualmente armata con rete in polipropilene; dopodiché la procedura seguirà le fasi operative precedentemente indicate per il calcestruzzo.

Specifiche

Sarà necessario proteggere le superfici d'applicazione fresca dall'insolazione diretta, dalla pioggia e dal vento per almeno le 24-48 ore successive all'ultima applicazione. La procedura, inoltre, non dovrà essere realizzata su supporti gelati in via di disgelo o con rischio di gelata nelle 24 ore successive all'applicazione.

ART. 9 – DOCUMENTAZIONE

Art. 9.1 – DOCUMENTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI RESTAURO

Nell'ottica della documentazione dovrà, necessariamente, assumere fondamentale importanza, specialmente se rapportato al "piano di manutenzione" del manufatto, tutto quanto concerne la registrazione delle informazioni delle operazioni di restauro realmente eseguite.

Le indicazioni generiche riportate sovente nelle schede tecniche di intervento (ad es. consolidamento dell'apparecchio murario con iniezioni di malta a base di calce, oppure consolidamento d'intonaco con resina acrilica) non potranno essere di nessun aiuto per un futuro intervento di manutenzione: esistono, infatti, svariati tipi sia di calce idraulica che d'inerti; diventa, pertanto, fondamentale, oltre che indicare il tipo di calce e di inerte utilizzato, indicare anche il loro rapporto, così da poter dedurre la qualità di malta messa in opera e ricavare utili informazioni. Alla stessa stregua sarà possibile trovare, in commercio, non solo diverse categorie di resine acriliche ma anche varianti dello stesso tipo; ad esempio, la resina acrilica solida è presente in varie tipologie contraddistinte da caratteristiche anche molto diverse tra loro. È facilmente intuibile che, se non verranno indicati il tipo di resina, la sua concentrazione nonché il genere e la percentuale del solvente utilizzato, capire il tipo di penetrazione e la quantità di resina introdotta diventa un'operazione tutt'altro che facile.

Nella documentazione di corredo di fine lavori dell'intervento di restauro dovranno, necessariamente, essere compilate delle schede di restauro (ovvero aggiornare quelle redatte dalla D.L. in fase di progetto) dove sarà cura dell'operatore in contraddittorio con la D.L. appuntare le eventuali modifiche apportate durante i lavori. Nel caso in cui la D.L. non avesse preliminarmente redatto schede di questo tipo sarà cura dell'appaltatore redigerle. Le informazioni peculiari che dovranno essere riportate sono le seguenti:

– *tipo di prodotto utilizzato* con relativo nome commerciale affiancato dall'eventuale sigla industriale e nome della ditta produttrice. Occorre tenere presente che alcune fabbriche producono un'ampia gamma del medesimo prodotto. Questa attenzione dovrà essere adottata non solo per i prodotti di tipo chimico ma anche per le calci, gli inerti e i prodotti premiscelati (intonaci, tinteggiature ecc.);

– *solvente utilizzato* (ad esempio: acqua, acetone, diluenti nitro, trielina, acquaragia ecc.); risulta importante conoscere il tipo di solvente utilizzato dal momento che può influenzare vari fattori tra i quali: la penetrazione della resina nel supporto (se una soluzione è resa più viscosa da un solvente questa riuscirà con più difficoltà a penetrare nel materiale da consolidare). L'eventuale resa "estetica" della resina applicata sulla superficie corticale (effetto perlante); la volatilità e, di conseguenza, il tempo di "essiccazione" della resina; un solvente molto volatile può, a causa della veloce evaporazione, trasportare in superficie la resina dando vita a strati superficiali con conseguente limitata distribuzione della resina in profondità;

– *tipo di diluizione usata* il tipo di concentrazione o di diluizione a seconda se si tratta rispettivamente di soluzioni (p/v) o emulsioni (v/v); per determinare il rapporto tra legante ed inerte si ricorrerà al rapporto v/v[1] ad es. calce idraulica 1 parte (volume), grassello di calce 3 parti (volume), sabbia silicea lavata 8 parti (volume), coccio pesto 2 parti (volume), il rapporto legante-inerte che ne risulta è pari a 1:2,5; le sabbie impiegate nell'impasto dovrebbero essere asciutte, se si ricorre a sabbie umide (come normalmente capita in cantiere) si dovrà tenere conto di incrementare il loro volume mediamente del 15-20% rispetto a quello che si sarebbe impiegato nel caso di sabbie asciutte;

– *numero e modalità di applicazione* (a spruzzo, a pennello, a tasca, per percolazione, per iniezione ecc.), queste informazioni sono utili per verificare l'efficacia o meno di un trattamento nel tempo e per riprodurlo o, eventualmente, modificarlo.

ART. 9.2 – DEFINIZIONI

Dispersione: miscela eterogenea nella quale il soluto è presente come aggregato di molecole soprattutto solidi costituiti da macromolecole (tipo certe resine sintetiche).

Soluzione: miscela omogenea di molecole in cui la componente solida (resina) è disciolta in un solvente liquido (ad. es. acqua, acetone, trielina, diluenti nitro ecc.), il calcolo della percentuale si realizza, pertanto, con il rapporto peso (solido) su volume (solvente) che si esprimerà p/v. Nelle soluzioni, le particelle solide sono equidistanti e circondate dal solvente, che ha la funzione di lubrificante facendole scivolare facilmente l'una sull'altra. Le soluzioni sono facilmente assorbite dal sistema capillare dei materiali dove sono depositate dall'evaporazione del solvente, il quale, una volta completamente evaporato, consente alla resina di riacquistare le proprie caratteristiche iniziali. Le soluzioni sono sempre trasparenti e la loro viscosità è, generalmente, bassa.

Emulsione: composto dove due elementi non miscelabili (resina ed acqua) sono tenuti uniti da elementi (detti tensioattivi o saponi) capaci di legarsi con entrambi. Il calcolo della percentuale si realizza, pertanto, con il rapporto volume (prodotto da diluire) su volume (solvente) che si esprimerà v/v. Le emulsioni sono sempre lattiginose, hanno notevoli poteri adesivi ma, un volta secche, sono difficili da rimuovere. Un'emulsione è formata da microsfere con un attrito interno piuttosto alto, pertanto, a parità di concentrazione, un'emulsione è più viscosa di una soluzione. Generalmente sono utilizzate su fessure o distacchi medio-piccoli, su cui la resina in soluzione tenderebbe ad essere troppo fluida e a non colmare i vuoti fra le fessure.

Concentrazioni: si parlerà di concentrazione nel caso di dissoluzione di un solido in un liquido e verrà indicata con il rapporto p/v. (ad es. un'etichetta che riporta la sigla p/v 5% indicherà che 5 grammi di prodotto solido sono stati disciolti in 100 ml di solvente); un altro modo semplice per esprimere la concentrazione è la percentuale in peso, che dice quanti grammi di soluto sono presenti in 100 grammi di soluzione, intesa come insieme di solvente e di soluto (% in peso).

Diluizioni: si parlerà di diluizione nel caso di miscela di un liquido in un altro liquido, verrà indicata con il rapporto v/v. Il principio corretto per realizzare nonché indicare la reale diluizione sarà il seguente: un'etichetta che riporta la sigla v/v 20% dovrà indicare che 20 ml di un liquido sono stati mescolati a 80 ml (e non come sovente erroneamente accade a 100 ml) di un altro liquido (solvente); ne risulteranno 100 ml di soluzione il cui il primo liquido (ad es. una resina acrilica in emulsione) sarà presente nella misura di 20 ml.

[1] L'utilizzo di dosaggi empirici quali, ad esempio, il "numero di badilate" non dovrà essere ammesso in quanto si ottengono dati non oggettivi che possono comportare spiacevoli inconvenienti. È, comunque, utile ricordare alcune unità di misura ricorrenti in cantiere: un secchio da muratore (paiolo) contiene circa 14 l d'acqua, ma per motivi pratici raramente si riempie fino al bordo, pertanto, è consuetudine calcolare una capacità pari a 10 l, l'equivalente di 0,01 m³; una carriola a riposo contiene circa 60 l (6 secchi), l'equivalente di 0,06 m³.

Parte II - PROCEDURE OPERATIVE DI CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE

Art. 10 – CONSOLIDAMENTO FONDAZIONI

Art. 10.1 – OPERAZIONI DI CONSOLIDAMENTO FONDAZIONI

1. Generalità

Preventivamente a qualsiasi intervento riguardante operazioni di tipo statico e strutturale, sarà necessario verificare la consistenza delle strutture di fondazione e la natura del terreno; a tale scopo si dovranno effettuare saggi verticali in aderenza alle murature perimetrali che, se non diversamente indicato dalla DL, dovranno avere dimensioni tali da permettere lo scavo a mano e un'agevole estrazione del materiale di risulta (almeno 100-150 cm). Le opere di scavo dovranno essere correlate da idonee opere provvisionali relazionate alla natura e composizione del terreno e alla profondità raggiunta.

Nel caso in cui l'analisi denunci strutture non più efficienti, sotto specifiche indicazioni della DL, dovrà essere operato il preconsolidamento delle stesse (iniezione di cemento o parziali ricostruzioni della tessitura muraria e di fondazione).

A scavo ultimato sarà possibile operare un'analisi puntuale sulle strutture (stato conservativo, tecnica di messa in opera ecc.); tale analisi dovrà essere correlata da indagini geotecniche e geofisiche grazie alle quali si potranno ricavare informazioni utili riguardanti sia la natura del terreno sia l'eventuale presenza di sottomurazioni, platee ecc. La profondità di indagine sarà in funzione del carico e della larghezza delle fondazioni in modo da poter verificare se la natura del cedimento sia da imputare alla resistenza a compressione dello strato superficiale, alla consistenza degli strati sottostanti, alla subsidenza del terreno, alla presenza di falde freatiche o ad altre cause ancora.

2. Consolidamento mediante ampliamento della base fondale

Le procedure operative di consolidamento non dovranno in alcun modo alterare la stabilità del sistema murario da consolidare né quella degli edifici limitrofi; sarà, pertanto, necessario adottare tutti quei provvedimenti e quelle cautele utili alla messa in sicurezza del manufatto nel rispetto della normativa vigente.

Previa esecuzione, se necessaria, delle opere di presidio temporaneo delle strutture in elevazione s'individueranno le aree d'intervento dividendole "per cantieri"; successivamente s'inizierà lo scavo da un solo lato della muratura o da entrambi i lati in presenza di murature di forte spessore (>150 cm) o dietro specifica indicazione della DL. Gli scavi (profondi, se non diversamente specificato, fino alla quota del piano di posa della vecchia fondazione) saranno dimensionati secondo le necessità, in ogni caso dovranno essere strettamente relazionati all'esecuzione del tipo di lavoro, così da garantire una buona realizzazione del rinforzo di fondazione.

Qualsiasi operazione di consolidamento in cls armato o in muratura dovrà poggiare su un getto di spianamento in magrone di conglomerato cementizio R 32,5 (dosato 200-250 kg/m³) non armato dello spessore minimo di 10-15 cm posato su di un piano orizzontale ripulito dai detriti e regolarizzato mediante pietrisco di spessore minimo 15-20 cm.

Per le opere di fondazione da realizzarsi con c.a. sarà necessario provvedere alla posa in opera delle carpenterie in legno di casserature, che dovranno essere di adeguata resistenza, impermeabili, ben ancorate e contrastate (al fine di resistere alla pressione idraulica dell'impasto fluido) e sigillate (con materiali collanti o con la stessa malta a consistenza plastica) per evitare perdite di boiacca; inoltre, le casserature in legno dovranno essere saturate (specialmente con climi caldi e asciutti) con acqua per evitare la sottrazione, per assorbimento, del liquido dall'impasto; prima del getto sarà, infine, necessario applicare il disarmante così da facilitare l'operazione di disarmo del cassero.

2.1. Ampliamento della fondazione mediante travi longitudinali in c.a.

La procedura avrà lo scopo di allargare la sezione fondale permettendo la distribuzione del carico su una superficie più ampia, allo stesso tempo si otterrà una riduzione della pressione di contatto suolo-struttura.

La procedura prevedrà, previa predisposizione dello scavo da entrambi i lati del tratto di muratura interessata, l'esecuzione di varchi nella muratura al fine di creare degli elementi di collegamento, una sorta di cordoli trasversali tra le due travi laterali. Questi elementi di collegamento dovranno essere predisposti ed armati secondo le disposizioni di progetto, in assenza di queste si potranno mettere in opera dei cordoli di dimensione minima 30x30 cm intervallati ogni 150-200 cm ed armati con ferri ad aderenza migliorata Fe B 44 K di diametro minimo 16 mm, staffe di diametro 8/200 mm e 2+2 staffoni di diametro 16 mm. In alternativa al cordolo trasversale le travi laterali potranno essere collegate con barre in acciaio inossidabile Fe B 44 K di diametro minimo 18-20 mm, inghisate con malta di calce idraulica reoplastica antiritiro attraverso perforazioni orizzontali od inclinate di diametro minimo 32 mm (precedentemente eseguite con strumenti a sola rotazione) di lunghezza tale da poter essere collegate alla gabbia di armatura delle due travi; in questo caso la cadenza dei collegamenti sarà più serrata (circa 80-120 cm) (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto nell'articolo sulle iniezioni di miscele leganti armate).

Le travi dovranno correre parallelamente ed essere aderenti alla fondazione preesistente, inoltre dovranno avere, in corrispondenza dei collegamenti trasversali richiesti dal progetto, dei ferri di chiamata verticali così da poter essere collegate al cordolo trasversale. Le dimensioni e le armature dovranno seguire le indicazioni di progetto, in assenza di queste potranno essere di altezza pari a quella della fondazione preesistente e di larghezza minima di 40 cm; per quanto riguarda le armature potranno essere costituite da ferri ad aderenza migliorata Fe B 44 K (ad es. 10-12 di diametro 16 mm, con staffe di diametro 8-10/200 mm); la gabbia di armatura dovrà essere munita di distanziatori di spessore pari allo spessore del prescritto copriferro, ed in ogni caso non inferiore a 20 mm anche per le staffe.

Nel caso in cui lo spiccato delle murature si dovesse presentare in uno stato di conservazione pessimo, sarà opportuno affiancare alla procedura di ampliamento delle fondazioni quella di placcaggio preventivo eseguita con paretine di c.a. (oppure con materiale a base di legante idraulico) di spessore 6-8 cm opportunamente armate con rete in acciaio inossidabile elettrosaldata Fe B 44 K (in alternativa si potrà utilizzare rete zincata a caldo) di diametro 8-10 mm a maglia 100x100 o 150x150 mm ancorata alla parete con chiodatura a quinconce con barre filettate di diametro 12 mm ogni 40-60 cm (per maggiori dettagli sul placcaggio si rimanda a quanto detto nell'articolo specifico).

Al fine di garantire un'adeguata aderenza del getto alle murature esistenti si potrà ricorrere all'applicazione di un promotore d'adesione con funzione di ripresa di getto dello spessore continuo di almeno 1 mm.

Specifiche sul getto

Il getto dovrà avvenire in modo tale da ottenere un composto omogeneo e compatto, senza discontinuità o segregazione. Il conglomerato cementizio impiegato dovrà risultare esente da porosità od altri difetti, inoltre dovrà, obbligatoriamente, essere di tipo strutturale, utilizzando come leganti solo ed esclusivamente cementi (ad es. R 32,5 o R 42,5) con Attestato di Conformità (DM 12 luglio 1999 n. 314) ed aggregati silicei (impasto tipo: cemento R 42,5 2,5-3 q, sabbia 0,40 m^3 pietrisco o ghiaietto 0,80 m^3); resistenza media a compressione di 30 N/mm^2 (in ogni caso non inferiore a 25 N/mm^2), classe di lavorabilità (slump) S3 (semifluido) rapporto acqua-cemento □ 0,65. In caso di temperature diurne prossime a 0 °C o che possano far presumere una temperatura notturna inferiore a 2-3 °C, sarà necessario attuare tutti gli accorgimenti al fine di evitare che i getti gelino, come ad esempio coprirli con teli in polietilene qualora il fenomeno fosse di poca entità, oppure utilizzando degli additivi antigelivi da aggiungere al conglomerato nella fase di impasto. In caso, invece, di forte evaporazione durante la stagione calda, onde evitare la formazione di fessure, i getti dovranno, necessariamente, essere tenuti bagnati (ad es. con acqua a pioggia), per almeno 2 giorni.

Durante la fase del getto il calcestruzzo messo in opera dovrà essere convenientemente vibrato, preferibilmente, con vibratore ad immersione, o prese le necessarie cautele, usando vibratore a parete, così da raggiungere la compattazione prescritta nelle specifiche di progetto; dovrà essere evitata l'aggiunta di acqua all'impasto al fine di ottenere una maggiore fluidità. Qualora la vibratura dell'impasto potesse risultare nociva al manufatto preesistente, occorrerà provvedere con un calcestruzzo reodinamico (in grado cioè di costiparsi da solo) secondo le prescrizioni progettuali, o quelle che la DL impartirà sul posto.

2.2. Ampliamento della fondazione mediante cordolo in c.a.

La procedura sarà molto simile a quella delle travi longitudinali ma si differenzierà da questa per la messa in opera di soli cordoli cerchiati al posto delle travi. I cordoli dovranno essere dimensionati ed armati secondo gli elaborati di progetto, in ogni caso non dovranno essere inferiori ai 40 cm di lato ed armati con ferri ad aderenza migliorata Fe B 44 K ad es. 4 di diametro 16-18 mm, con staffe di diametro 8-10/200 mm. Nel caso di messa in opera di doppio cordolo il collegamento sarà simile a quello proposto per la trave longitudinale, se invece sarà ritenuto sufficiente posizionare il cordolo solo da un lato della fondazione, questo potrà essere ancorato o con un "dente" a coda di rondine intervallato ogni 200 cm o con un "dente" a dado intervallato ogni 150 cm, in ogni caso profondo per almeno 2/3 della sezione del muro. Le procedure di messa in opera di questi ancoraggi puntuali, nonché il dimensionamento della loro armatura seguiranno quelle descritte per il collegamento discontinuo dei solai lignei ad eccezione delle dimensioni che in questo caso potranno essere leggermente maggiori (40-60 cm contro i 25-40 cm dell'ancoraggio dei solai).

3. Consolidamento di fondazioni con micropali

Nel caso in cui il terreno sottostante le fondazioni non sia più in grado di contrastare la spinta del manufatto architettonico si potrà ricorrere ad un consolidamento attraverso sottofondazioni su pali; di conseguenza, si renderà vincolante decentrare il carico della costruzione su strati di terreno più resistenti e profondi. Se non diversamente specificato negli elaborati di progetto sarà vietato l'uso di pali battuti così da evitare vibrazioni che potrebbero risultare dannose per le sovrastanti strutture dissestate, si potranno utilizzare, in alternativa, micropali trivellati costruiti in opera con o senza tubo-forma.

Prima di effettuare la messa in opera dei pali sarà obbligatoria la preventiva esecuzione di campionature pre-intervento (prove di carico) eseguite sotto il controllo della DL; le prove saranno utili al fine di studiare il comportamento dell'intero sistema di fondazione in base alle caratteristiche dei terreni ed alle condizioni generali di progetto.

3.1. Generalità

I micropali verranno realizzati senza eseguire alcun scavo, perforando il masso fondale dai due paramenti secondo due direzioni simmetriche inclinate rispetto alla verticale e continuando la perforazione nel terreno fondale fino alla profondità

indicata dagli elaborati di progetto. Seguendo questa procedura si creerà una serie di “cavalletti” vincolati al terreno e alla soprastante muratura così da contrastare il progredire di cedimenti in atto.

La procedura utilizzerà pali di sezione ridotta, con un diametro variabile da 60 a 300 mm, realizzati attraverso la foratura della fondazione esistente (mediante sonda a rotazione munita di corona diamantata) fino al terreno sottostante e proseguendo in profondità fino a raggiungere strati che presentino una sufficiente resistenza. La perforazione potrà essere effettuata anche in presenza di supporti eterogenei fra loro come ad esempio murature miste, pietre di diversa durezza, terreno vegetale ecc. Le attrezzature utilizzate, preventivamente approvate da parte della DL, permetteranno di perforare, secondo le prescrizioni di progetto, sia in direzione verticale sia inclinata (angolo variabile da 5° a 60°), inoltre grazie alle loro ridotte dimensioni potranno essere impiegate anche in ambienti piccoli e bassi quali ad esempio i locali cantinati. L’uso di questa tecnica altererà minimamente la compattezza delle murature interessate e ridurrà al minimo il disturbo nei terreni attraversati, costituendo con essi un unico complesso resistente a sollecitazioni di sforzo normale di compressione, di trazione e di sforzo tagliente. In questo modo si andrà a costituire quella che verrà chiamata “terra armata” e questo, grazie alla opportunità di orientare in diverse direzioni i micropali, porterà a far collaborare una più ampia porzione di terreno profondo.

La disposizione più frequente per il consolidamento sarà quella di disporre due file di pali inclinati, disposti alternati rispetto alla sezione del muro in pianta, partendo dal piano stradale o di campagna o, in alternativa, dal piano più basso dell’edificio (ad es. cantine). In ragione dei carichi da sostenere e della qualità del terreno attraversato si potrà ricorrere a più file di pali anche con diverse inclinazioni, comunque simmetriche rispetto alle facce del muro se le forze da sostenere saranno verticali.

Lo spostamento planimetrico della posizione teorica dei pali non dovrà superare 5 cm e l’inclinazione, rispetto all’asse teorico, non dovrà superare il 2%; per valori di scostamento superiori ai suddetti, la DL deciderà se scartare i pali che dovranno eventualmente essere rimossi e sostituiti; inoltre, a giudizio della DL, i pali che ad un controllo, anche con trivellazione in asse, risultassero comunque difettosi, dovranno essere rifatti.

Specifiche campi di applicazione

L’impiego di micropalo potrà risultare vantaggioso, anche nel consolidamento di fondazioni che sostengono strutture spingenti (quali archi e volte) in ragione del fatto che potranno essere eseguiti anche con notevole inclinazione (fino a 60°).

3.2. Sottofondazione con micropali tipo “radice”

Le perforazioni saranno eseguite con l’ausilio di idonei sistemi ed attrezzature a rotazione preventivamente approvati da parte della DL (comunque di dimensioni contenute) e rapportate al tipo di terreno, utilizzando una colonna di tubi in metallo, (fino al raggiungimento della quota prevista dagli elaborati di progetto) percorsa da una corrente fluida (fango di bentonite) al fine di consentire la risalita dei detriti nell’intercapedine tra tubi e terreno. I fanghi di bentonite da impiegare nello scavo dovranno essere costituiti di una miscela di bentonite attivata, di ottima qualità, ed acqua, di norma nelle proporzioni di 8-16 kg di bentonite asciutta per 100 litri di acqua, salvo la facoltà della DL di prescrivere una diversa dosatura; il contenuto in sabbia finissima dovrà essere inferiore al 3% in massa della bentonite asciutta. Al termine della perforazione il foro dovrà essere interamente rivestito e pieno del fluido usato.

Eseguita la perforazione ed inserito il secondo tubo, si introdurrà l’armatura seguendo le disposizioni di progetto, con un solo tondino di acciaio ad aderenza migliorata (alettato) Fe B 44 K di grosso diametro (ad es. 20-26 mm) se il palo avrà un diametro massimo pari a 80 mm ovvero, dove necessiterà una maggior portanza e per pali di diametro maggiore (fino ad un massimo di 250 mm) con una gabbia costituita da barre verticali di acciaio ad aderenza migliorata Fe B 44 K unite da una staffa a spirale (ad es. 4 16-18 mm con staffa 8-10 mm) ovvero con profilato metallico tipo HEA. Le armature metalliche dovranno essere assemblate fuori opera e calate nel foro prima dell’inizio del getto del conglomerato cementizio; nel caso in cui il palo sia armato per tutta la lunghezza, esse dovranno essere mantenute in posto nel foro, sospendendole dall’alto e non appoggiandole sul fondo. Le armature dovranno essere provviste di opportuni dispositivi distanziatori e centratori atti a garantire un’adeguata copertura di conglomerato cementizio sui ferri che sarà di circa 2-4 cm. Le eventuali gabbie d’armatura dovranno essere verificate, prima della posa in opera, dalla DL La profondità massima raggiunta da ogni palo sarà verificata, prima del getto, dalla DL e riportata su apposito registro giornaliero.

Attraverso il “contro-tubo” (o tubo di iniezione), avverrà il pompaggio dal basso (i valori della pressione saranno adeguati alla natura del terreno, se non diversamente specificato saranno comunque non superiori alle 6 atm) della malta cementizia a dosaggio elevato (in genere microconglomerato dosato a 500-600 kg/m³) che, risalendo, estrometterà il fluido di perforazione avente un peso specifico minore del cls.

Una volta che la malta sarà arrivata in superficie si rimuoverà il “contro-tubo” e si procederà all’estrazione graduale del rivestimento applicandovi in testa una pressione d’aria (generalmente inferiore a 5-6 atm) che determinerà modeste espansioni del getto e che penetrerà nei terreni circostanti in corrispondenza degli strati più “soffici”. La procedura potrà essere, di tanto in tanto fermata, al fine di permettere lo svitamento della sezione di tubo estratto e per ripristinare il livello di malta entro il tubo ancora in opera. I getti dei calcestruzzi saranno eseguiti solo dopo il controllo della profondità di scavo raggiunta e la verifica della armatura da parte della DL.

La bocca del foro dovrà essere dotata di idonea tramoggia per la messa in opera del conglomerato; inoltre si dovranno predisporre impianti ed attrezzature per la confezione, il trasporto e la posa in opera del conglomerato cementizio di potenzialità tale da consentire il completamento delle operazioni di getto di ogni palo, qualunque ne sia il diametro e la

lunghezza, senza interruzioni. Durante il getto dovrà essere tassativamente evitata l'introduzione di acqua all'interno del tubo e si farà attenzione che il conglomerato cementizio non venga trascinato durante estrazione del tubo-forma.

L'introduzione del conglomerato nel foro dovrà avvenire in modo tale da ottenere un getto omogeneo e compatto, senza discontinuità o segregazione. Il costipamento del getto dovrà essere effettuato con i procedimenti specifici per il tipo di palo adottato, procedimenti che, in ogni caso, dovranno essere preventivamente concordati con la DL.

L'estrazione del tubo di rivestimento provvisorio, dovrà essere effettuata gradualmente, seguendo man mano l'immissione ed il costipamento del conglomerato cementizio ed adottando tutti gli accorgimenti necessari per evitare che si creino distacchi, discontinuità od inclusioni di materiali estranei dal corpo del palo.

Specifiche

Se prescritti dagli elaborati di progetto i micropali potranno essere, prima di ultimare il getto, sottoposti, mediante l'ausilio di apposti martinetti idraulici, a sforzi di trazione (pali pretesi) o compressione (pali precompressi).

Avvertenze

Una sottofondazione a pali "radice" non annulla la fondazione esistente ma si giustappone a questa con funzione supplementare. La palificazione rimarrà praticamente inattiva finché il manufatto non manifesti un sia pur minimo cedimento, nel qual caso la palificata inizierà a collaborare riducendo in tal modo la sollecitazione sul terreno.

3.3. Sottofondazione con micropali tipo "tub-fix"

Previa esecuzione di perforazioni con sistema scelto dalla DL in ragione del tipo di terreno e della profondità da raggiungere, si procederà all'inserimento di armatura tubolare in acciaio (profilati in acciaio Fe 510 filettati) di adeguato spessore, costituito da spezzoni manicottati della lunghezza variabile da 3 a 5 m (lunghezza totale massima 40-60 m) dotati di valvole di non ritorno intervallate ogni 50 cm circa lungo il tratto che si vorrà connettere al terreno; generalmente il tratto con le valvole occuperà la parte inferiore del palo. L'armatura tubolare costituirà all'unisono sia il mezzo d'opera per l'esecuzione di un'iniezione a pressione ripetuta e controllata sia il principale elemento resistente nella sezione del micropalo.

La procedura prevedrà l'iniezione, a bassa pressione (circa 2 atm), di una miscela cementizia piuttosto fluida, ad alta resistenza chimica contro i solfati, che andando ad intasare lo spazio compreso tra le la parete del terreno e l'anima in acciaio farà risalire i detriti della perforazione creando al contempo una "guaina" che impedirà il riflusso della miscela. A presa avvenuta si procederà, utilizzando in progressione tutte le valvole a partire dalla più profonda, all'iniezione, ad alta pressione (fino ad un massimo di 15 atm), di miscele cementizie (indicate negli elaborati di progetto o prescritti dalla DL) realizzando ripetute sbulbature lungo il fusto del palo. Ripetendo l'operazione di iniezione in pressione (da una a tre volte in relazione alla natura del terreno) si riuscirà ad ottenere coazioni di 1-2 N/mm² crescenti con la profondità e volumi di sbulbature tali da conferire al micropalo un diametro utile di 30-80 cm.

Di norma il microconglomerato cementizio impiegato dovrà risultare esente da porosità, facilmente pompabile, non segregabile e raggiungere alte resistenze meccaniche alle brevi stagionature o da altri difetti (in genere microconglomerato dosato a 500-600 kg/m³, con un rapporto acqua-cemento < di 0,5, resistenza meccanica superiori a 20 N/mm² dopo 24 ore a 20 °C); il cemento utilizzato, se non diversamente specificato, sarà del tipo pozzolanico o d'altoforno. Tanto più si sarà attesa la stagionatura del primo getto (al massimo 48 ore) tanto più occorrerà aumentare la pressione dei pompaggi del getto successivo.

4. Consolidamento di fondazioni con iniezioni di resine espandenti

La procedura riguarderà il consolidamento in profondità del terreno di fondazione mediante l'iniezione di speciali resine che, mescolandosi, si espanderanno, comprimendo il terreno con cui verranno a contatto e lo compatteranno. Questa tecnica di consolidamento potrà essere utilizzata sia per migliorare la capacità portante del terreno a causa di cedimenti manifestatisi nelle strutture di fondazione, sia per conseguire un preventivo ampliamento della capacità portante in vista di un aumento dei carichi. Il metodo sarà sconsigliabile in tutti quei terreni soggetti a traslazione. La procedura esecutiva dovrà assicurare una pressione minima di almeno 50 t/m², mediante espansione delle resine introdotte per un volume di 10-15 volte quello iniziale.

Le perforazioni, intervallate generalmente di 100-200 cm, dovranno essere eseguite, necessariamente, tramite strumento a rotazione munito di idonee punte (12-15 mm) di lunghezza notevole tali da raggiungere le profondità (massimo 6 m dal piano di lavoro) prescritte dal progetto.

La procedura vera e propria di iniezione consterà di due fasi:

– iniezione nella zona immediatamente sottostante alle fondazioni così da annullare gli eventuali vuoti macroscopici presenti e ripristinare una più vantaggiosa continuità tra fondazione e terreno; inoltre si miglioreranno le caratteristiche geomeccaniche del terreno di fondazione più superficiale aumentandone la resistenza a rottura per sforzi di taglio;
– iniezione in profondità nella zona del bulbo di pressione. L'inizio delle iniezioni sarà eseguito dai lati dell'area da consolidare in modo da creare uno sbarramento alla successiva espansione laterale della resina. In un secondo tempo la resina si espanderà verso l'alto determinando il sollevamento della struttura. La valutazione della zona da trattare, le modalità e le pressioni di iniezione, nonché la maglia e le profondità delle stesse dovranno, accuratamente, essere conformi al progetto, in attinenza al volume murario da consolidare e alla compressibilità e natura del terreno sottostante.

In entrambe le fasi l'iniezione procederà fino alla verifica di un inizio di sollevamento; tale verifica sarà eseguita se non diversamente specificato, attraverso idoneo monitoraggio laser posizionato sulla struttura da consolidare, controllando con apparecchio l'instaurarsi di tale movimento, che indicherà il raggiungimento del grado di compressione ed addensamento richiesto.

Specifiche sui materiali

La resina dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

– comportamento prevalentemente elastico entro un certo intervallo di tempo necessario all'introduzione e all'espansione nelle cavità del sottosuolo; modificazione del comportamento con sollecitazioni superiori al limite elastico, in modo da ottenere una struttura molecolare permanente che non recuperi più la forma iniziale; il limite di elasticità potrà variare da 10 a 65 kg/cm², compatibilmente alle sollecitazioni da indurre;
– resistenza al taglio variabile, a seconda della densità del materiale tra i 5 ed i 30 kg/cm²;
– perdita di volume al contatto con agenti chimici di qualsiasi natura < al 3%.

ART. 11 – CONSOLIDAMENTO TERRENI

Art. 11.1 – OPERE DI CONSOLIDAMENTO DI AREA INTERESSATA ALLO SCAVO ARCHEOLOGICO

L'operazione di consolidamento è da eseguire sia preventivamente all'inizio dello scavo archeologico al fine di evitare erosioni, frane, smottamenti, caduta di massi, allagamenti ecc., sia successivamente allo scavo per fermare in via "definitiva" eventuali situazioni limite. Di norma, se non diversamente prescritto dagli elaborati di progetto, queste operazioni di consolidamento (che si rileveranno tra le più importanti per la conservazione dei siti archeologici) potranno essere eseguite mediante metodologie e procedure derivanti dall'ingegneria naturalistica. La scelta dei materiali vivi (ossia piante erbacee, arbustive e arboree o talee di piante legnose che con le loro radici svolgeranno un'azione stabilizzante nel terreno) nonché la loro posizione dovrà essere accuratamente vagliata; inoltre, dovrà essere organizzata una manutenzione periodica, sia per verificare l'attecchimento dei materiali utilizzati, sia perché la vegetazione e le radici non si propaghino all'interno del sito arrecando danni alle strutture scavate ovvero ancora sepolte. In linea generale sono applicabili diverse tipologie di intervento, avendo l'accortezza di adattarle alle particolari condizioni relative alla specificità dl singolo caso. In linea generale gli interventi più comuni possono essere divisi in:

– consolidamento al piede di accumuli terrosi: gabbioni, terre rinforzate, palificate a doppia parete;
– interventi stabilizzanti su scarpate in roccia, da rivestire con terreno: palizzate, graticciate, grate vive, mantellate viventi;
– interventi stabilizzanti su accumuli terrosi: cordonate e gradonate, viminate vive;
– rinverdimenti: impianti di alberi ed arbusti, semine ed idrosemina, posa di reti, stuoie, impiotamento ecc.

Gabbioni

I gabbioni, che vengono per lo più impiegati con funzioni strutturali, necessitano, per questo, di calcoli statici per i muri a gravità; la loro peculiarità è rappresentata dalla flessibilità e dalla capacità di drenaggio delle acque per cui si adattano a sostegno delle terre franose e nelle difese fluviali. Vengono posti in opera, per lo più, a gradoni, con la disposizione geometrica sfalsata. Di norma il loro impiego è limitato alle zone con sufficiente disponibilità di materiale lapideo per il riempimenti dei gabbioni stessi. Il gabbione può avere forme diverse: a parallelepipedo o cilindrico. La rete che costituisce la "gabbia" dovrà necessariamente essere di tipo zincato. Generalmente il peso proprio della gabbionata è sufficiente a mantenerla in posto, tuttavia un suo ulteriore fissaggio al terreno può avvenire con picchetti di legno (Ø 5-10 mm), oppure con tondini di ferro ad aderenza migliorata (Ø 12-16 mm) infissi nel terreno per una profondità di circa 100 cm.

Il rinverdimento dei gabbioni, a seconda delle esigenze di cantiere e le modalità costruttive della gabbionata, può avvenire o durante o dopo il riempimento; nel primo caso le talee, che dovranno avere una profondità superiore a quella del gabbione, (per raggiungere lo strato di terreno sottostante), saranno disposte a strati e alternate al pietrame di riempimento. Una volta terminato e chiuso il gabbione sarà possibile disporre uno strato di talee anche tra questo e quello sovrastante. Il rinverdimento in una fase successiva al riempimento dei gabbioni potrà avvenire mediante la costruzione, con georete tridimensionale, di sacche esterne o tasche interne al gabbione, ad esso legato con del filo di ferro.

Gradonata e cordonata viva

Opere idonee per la stabilizzazione di scarpate consistenti nella realizzazione di banchine trasversali alla linea di massima pendenza, costituite da uno scavo di contropendenza nel quale viene posto a dimora materiale vivo (talee, piantine), ricoperto con il terreno derivante dallo scavo della banchina posta a monte. Questi interventi sono caratterizzati da limitate possibilità

esecutive per scarpate con roccia affiorante e sub-affiorante. In caso di impiego di talee si renderà necessaria una grande quantità di materiale vivo. Gradonata e cordonate, presentano modalità esecutive generali praticamente identiche, caratterizzate da grande semplicità e molta flessibilità nelle scelte esecutive.

Specifiche

Cordonata: nella banchina, precedentemente eseguita, verrà disposto, longitudinalmente, del tondame, al di sopra del quale verrà formato un letto di ramaglia minuta; in seguito la ramaglia verrà ricoperta con uno strato di terreno, al di sopra del quale verrà riposto uno strato continuo di talee. Si differenzia dalle gradinate per maggiori apporti di materiale ed un notevole aumento di lavoro e costi, ma consente di aumentare la stabilità superficiale del versante e migliora le condizioni pedologiche, di instabilità e di ristagno idrico.

Gradonata con talee: nella banchina, precedentemente eseguita, verrà disposto uno strato continuo di talee (20-30 talee/ml), ortogonale alla linea di massima pendenza, successivamente interrato con il materiale derivante dallo scavo della banchina superiore. È un intervento caratterizzato da notevole semplicità e funzionalità e a basso costo. Le limitazioni applicative sono dovute all'eventuale scarsa disponibilità di talee.

Gradonata con piantine: nella banchina, precedentemente eseguita, verranno disposte 4-5 piantine/ml. Intervento semplice, funzionale ed economico; non potendo ottenere l'immediata funzione di rinforzo dello strato superficiale del terreno, si rende necessario porre a dimora tondame reperito il loco e/o ramaglia anche morta ma che consenta di sviluppare la scarpata in attesa dello sviluppo delle piantine.

Grate vive

Tecnica di consolidamento particolarmente indicata in aree a rischio di frana, su scarpate e versanti in erosione molto ripidi (pendii e/o sponde con acclività compresa tra i 45° e i 60°) con substrato compatto, essa si compone dei medesimi elementi (tondame ligneo e talee) della palificata viva ma se ne diversifica per la disposizione. La grata, di norma a forma quadrangolare, si costituirà di elementi lignei di vari diametri posti seguendo la configurazione di una scala a pioli lungo le linee di livello, ovvero di massima pendenza, così da garantire un radicamento nel suolo dell'intera struttura. Dopo aver posizionato la grata si provvederà a piantare le talee le quali avranno, tra l'altro, la funzione di ancorare maggiormente la grata lignea al terreno. Per grate di piccole dimensioni può essere impiegato legname di specie a riproduzione vegetativa per dar luogo a strutture viventi. Si tende comunque a sfruttare il materiale facilmente reperibile in loco. L'altezza massima possibile per le grate vive è di circa 15 m.

Impiotamento

Metodologia di consolidamento attraverso la quale si interverrà sui pendii mediante piante erbose. Le piote (ovvero pezzi quadrangolari di manto erboso piuttosto compatto) dovranno essere allocate in scarpate ricoperte di uno strato sottile di terra. L'operazione dovrà, se non diversamente specificato dalla DL, essere eseguita in primavera con zolle posizionate con giunti molto compatti, preferibilmente alternati con picchetti di legno lunghi circa 50-60 cm per ogni metro quadrato.

Mantellate viventi

Previo inserimento di picchetti lignei (lunghezza circa 50-60 cm) distanziati di circa 70-80 cm e sporgenti dal terreno di 10-15 cm si procederà alla messa in opera di verghe (talee con getti elastici poco o non ramificati) ed astoni (talee con getti apicali muniti di gemme terminali) di salice (lunghezza di circa 150-160 cm) disposte ortogonalmente tra di loro al fine di coprire il suolo interessato all'intervento. Dopo aver legato le verghe e gli astoni con rete di acciaio si provvederà di nuovo alla battitura dei picchetti così da comprimere ulteriormente l'intreccio di aste. Preparato questo "fondo" compatto si procederà alla messa in opera di uno strato di terra di almeno 10 cm.

Palificata viva

Operazione realizzata con tondame ligneo (di norma Ø 10-25 cm) e talee. Il legname dovrà essere disposto in maniera orizzontale lungo la linea di livello e dovrà, altresì, essere collegato ortogonalmente con altri elementi lignei così da dar vita ad una o più pareti tali da presentare una contropendenza pari almeno a 10° rispetto alla verticale. Nel caso di palificate a parete semplice (ovvero al di sopra di una superficie di posa predisposta a forma di banchina), si posizionerà un palo di legno sul quale si apporranno le tenaglie, costituite da legni con le estremità appuntite, che andranno infisse nel terreno. Dietro specifica indicazione della DL si dovrà provvedere alla messa in opera di doppia parete, ovvero all'inserimento di un secondo piano di pali posti a distanza di circa 100-120 cm verso l'interno della parete. Nelle fessure dovranno, necessariamente, essere poste le talee o altri rami di specie legnosa in ogni caso dotati di capacità vegetative così da sostituirsi, nel tempo, al tondame ligneo che andrà a marcire.

Specifiche

In presenza di una buona manutenzione (taglio periodico delle piante al fine di impedire l'appesantimento delle ceppaie) si possono raggiungere accettabili condizioni di stabilità per pendenze del parametro esterno dell'ordine dei 60°. La formazione

di palificate vive a doppia parete, presuppone la possibilità di realizzare manufatti di considerevole spessore (almeno di 150 cm); in presenza di limiti di spazio, risulta difficoltoso realizzare l'opera senza incidere negativamente sulla parte del pendio già consolidata.

Terre rinforzate

Metodologia utilizzata per modellamenti e ricostruzioni di sponda e di versante. Si impiegheranno terreni ed inerti con interposti strati di materiali geosintetici (reti; feltri; stuoie; griglie; tessuti ecc.) in modo da migliorare indirettamente le caratteristiche geotecniche dei terreni. I campi applicativi sono generalmente nei consolidamenti di frane, nelle ricostruzioni di pendio e porzione di versante, nella formazione di terrapieni consolidati per rilevati stradali.

Le fasi costruttive comprendono:

– posa del materiale di rinforzo;

– formazione del rilevato in terra per spessori variabili da 40 a 100 cm;

– sagomatura del fronte terroso con la corretta inclinazione ed il risvolto del foglio di rinforzo;

– posa del successivo foglio in materiale di rinforzo.

La fase più delicata, che risiede nella realizzazione di un corretto modellamento del fronte a vista, è agevolata nel caso di utilizzo di elementi in rete metallica. La posa del materiale vegetale, talee e piantine, può essere realizzata tra gli strati successivi di lavorazione, in corrispondenza del contatto tra i geotessili o reti.

Specifiche

Con il termine "rete", si intende una struttura costituita da fili intrecciati in trama ed ordito, mentre il termine "stuoia" o "feltro" individua strutture costituite da un tessuto continuo di fibre vegetali, spesso associato a rete in materiale biodegradabile o sintetico.

Viminate

Sistemazione stabilizzante lineare su pendio con sviluppo a file orizzontali o incrociate; nel secondo caso l'incrocio può avvenire in diagonale e formare una struttura a losanghe, oppure ad angolo retto e formare dei quadrati. L'intreccio è costituito da verghe aventi capacità vegetative (talee con getti elastici poco o non ramificati) e viene fissato al terreno mediante picchetti di legno (di norma Ø variabile da 3 a 10 cm e lunghezza 80-100 cm) sporgenti dal terreno di almeno 5-10 cm; in alternativa al picchetto in legno potranno essere impiegati tondini di ferro.

Intervento adatto in caso di modeste frane ed erosioni. A causa dei costi elevati rispetto agli altri interventi di stabilizzazione e del limitato numero di specie indicate all'uopo, questo intervento è consigliato solo quando si rende necessario un effetto immediato di trattenuta del terreno. Di norma attecchiscono in modo positivo solo le viminate interrate completamente, in quanto le verghe disposte in superficie sono soggette a notevoli disseccamenti. Nel caso di sistemazioni con viminate a disposizione lineare orizzontale, si rende spesso necessario integrare questo intervento con tecniche di copertura superficiale del terreno.

ART. 12 – CONSOLIDAMENTO MURATURE

Premessa metodologica

Le tecniche d'intervento per il consolidamento delle strutture in muratura devono essere prescelte in riferimento a delle riflessioni operate sulla prioritaria necessità di salvaguardare testimonianze della tradizione edile rappresentative non solo per se stesse ma anche di un insieme accomunato dagli stessi aspetti caratterizzanti; quindi, pur tenendo conto delle necessità imposte dalle normative vigenti riguardo agli adeguamenti strutturali e, soprattutto, sismici dovrà essere fatta particolare attenzione al fine di non stravolgere la struttura al punto di perdere la sua originale conformazione. La richiesta e la necessità di ridare "sicurezza" ed efficienza alla costruzione non dovrebbe comportare necessariamente il mutamento, in alcuni casi radicale, degli aspetti costruttivi dell'apparato murario, così come erroneamente accade sovente, dove i setti portanti vengono privati dell'originale funzione strutturale e trasformati in tamponature di "rassicuranti" aggiunte strutturali in cemento armato. L'intervento di consolidamento non deve tradursi nell'introduzione di strutture che, pur garantendo una elevata resistenza meccanica, risultano corpi estranei per la muratura; l'incompatibilità materica genera un ibrido strutturale che difficilmente può mantenere un comportamento solidale in presenza di sollecitazioni. Questo dato, comprovato da interventi passati decisamente intrusivi, ha fatto riflettere su come sia sconsigliabile attuare a priori un consolidamento prescindendo dalla conoscenza dei materiali e della relativa tecnica costruttiva di messa in opera.

L'intervento dovrà, infatti, essere redatto in riferimento a delle indagini preventive indirizzate all'effettiva conoscenza della struttura, gli approfondimenti dovranno essere di tipo storico, indispensabili sia per capire a fondo la tecnica costruttiva, sia per poter delineare la panoramica dei vari avvicendamenti subiti nel corso degli anni come, ad esempio, interventi precedenti

relazionati a problemi congeniti o legati ad eventi sismici, e di natura diagnostica che saranno finalizzati alla conoscenza del reale stato conservativo dei materiali. Delle diverse tipologie di indagini diagnostiche sarà preferibile ricorrere a quelle non distruttive, onde evitare asportazioni, anche se ridotte, di materiale che in alcuni casi potrebbero implicare l'aggravarsi del precario equilibrio strutturale. La fase conoscitiva della struttura dovrà essere in grado di rilevare i punti critici, quelli più delicati, la presenza di cavità, discontinuità materiche, vuoti ecc. al fine di poter modificare l'intervento, adattandolo alle necessità dettate dalla struttura. Capire, inoltre, le eventuali sollecitazioni che potranno colpire la struttura in tempi futuri aiuterà a definire interventi puntuali e, soprattutto, cautelativi in modo da rendere meno vulnerabile l'organismo nei confronti di futuri stati tensionali. Notizie utili potranno essere ricavate anche dalla lettura stratigrafica delle murature poiché i dati desunti potranno svelarci il susseguirsi delle attività antropiche avvallando o smentendo quanto appreso dalle notizie storiche.

Tenendo presente che le diverse tecniche costruttive cambiano, in base al periodo di costruzione, da luogo a luogo relazionandosi alla tipologia di materiale locale disponibile, al reperimento dello stesso e, soprattutto, in diretta connessione con l'abilità delle maestranze nell'eseguirle, non è da escludere che si possano rilevare, tra le diverse tecniche, varianti sostanziali, per cui, nonostante le numerose analisi e ricerche preventive operate e considerata la concomitanza di questi fattori, la messa a punto dell'intervento potrà concretamente essere operata solo a cantiere aperto, interagendo materialmente con la struttura. Il consolidamento dovrà tenere conto dei fattori principali che hanno caratterizzato la resistenza e il comportamento statico della muratura, tra i quali la natura dei materiali, la caratteristica delle malte di allettamento, la tipologia di messa in opera e la sezione della muratura.

A parità di tipologia di dissesto, tra le varie risoluzioni disponibili, il Tecnico dovrà scegliere quella più confacente alla specifica tipologia di apparecchio murario da consolidare; le eventuali sostituzioni di porzioni eccessivamente ammalorate o l'introduzioni di elementi di irrigidimento dovranno essere operate, non solo nel pieno rispetto della struttura, ma soprattutto tenendo conto dei limiti imposti dalla sua intrinseca conformazione e comunque, laddove l'irrigidimento strutturale, per ovvie ragioni pratiche relazionate al caso specifico, non potrà essere realizzato in piena rispondenza con quanto sino ad ora esposto, potrà risultare consono al caso garantire, almeno in parte, la possibilità di rendere l'intervento reversibile.

ART. 12.1 – OPERAZIONI DI CONSOLIDAMENTO APPARECCHI MURARI

1. Generalità

Le procedure di consolidamento, per quanto possibile, dovranno essere giudicate compatibili dalla D.L. e dagli organi competenti per la tutela del bene, inoltre dovranno essere riconoscibili e distinguibili dai manufatti originari ed eseguite in modo da garantire una loro, eventuale, reversibilità.

Le procedure che seguiranno daranno le indicazioni, ed i criteri generali, circa le metodologie d'intervento per i consolidamenti statici, mossi dal fine sia di aumentare le caratteristiche di resistenza dei setti murari, sia di ridurre eventuali tensioni indotte nei materiali da forze esterne. Dovrà essere, in ogni caso, interessamento della D.L. fornire, a completamento o a miglior spiegazione di quanto prescritto, delle idonee tavole di progetto munite d'ulteriori e/o diverse indicazioni. Il rilievo del quadro fessurativo costituirà il fondamento essenziale per la corretta impostazione delle adeguate operazioni di salvaguardia e di risanamento statico: il rilievo e il controllo delle lesioni dovranno essere eseguiti con appropriati strumenti al fine di verificare con esattezza se il dissesto sia in progressione accelerata, ritardata o uniforme, oppure se sia in fase di fermo, in una nuova condizione di equilibrio. Nel caso d'avanzamento accelerato del dissesto si potrà rivelare utile un intervento di emergenza attraverso idonei presidi provvisori, in conformità alle disposizioni della D.L. Nel caso, invece, di arresto e di una nuova conformazione di equilibrio sarà doveroso controllare il grado di sicurezza dello stato di fatto, per operare in conformità della prassi prescritta negli elaborati di progetto; vale a dire protocolli indirizzati a stabilizzare la fabbrica nell'assetto raggiunto, o integrare gli elementi strutturali con consolidamenti locali o generali al fine di preservare, con un conveniente margine, la sicurezza di esercizio. Gli interventi di consolidamento dovranno essere realizzati in quelle porzioni dell'apparecchio murario affette da dissesto (lesione isolata o quadro fessurativo complesso) o caratterizzate da fenomeni d'indebolimento locale quali, ad esempio la presenza di canne fumarie o intercapedini di qualsiasi genere, carenze di ammorsature ai nodi, ecc.

In linea generale gli interventi strutturali sulle pareti murarie, ove sarà possibile, dovranno utilizzare materiali con caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche analoghe a quelle dei materiali in opera, o quantomeno il più compatibile possibile.

2. Opere di presidio (puntelli, centinature e armature provvisionali)

La procedura di consolidamento provvisionale (puntellamento) dovrà, necessariamente, garantire condizioni provvisorie di sicurezza nei manufatti dissestati (ovvero ridotti alla stato di rudere) sia durante l'esecuzione delle indagini preliminari necessarie per redigere il progetto di consolidamento che durante le eventuali successive procedure di consolidamento definitivo. I suddetti lavori di puntellamento dovranno, altresì, assolvere il duplice requisito di efficacia ed economia.

Le opere di presidio saranno eseguite, se non diversamente specificato dalla D.L., o in legname (di norma legname tondo per armature in ragione della sua facile lavorabilità, della sua notevole resistenza e del suo basso peso specifico) o in pali di ferro (tubi "innocenti" uniti con giunti bullonati da preferire al legno qualora la struttura da presidiare sia molto alta rispetto al piano sul quale è previsto il trasferimento dei carichi; il sistema tubo-giunto, inoltre, presentando uno schema strutturale molto chiaro, faciliterà il calcolo della struttura) più raramente in muratura o in c.a.

Gli elementi verranno messi a contrasto con l'organismo murario da presidiare, cercando di evitare la formazione di punti singolari di forza, mediante una diffusione del carico della muratura o ad un'altra struttura muraria in migliori condizioni statiche, oppure all'esterno della struttura muraria sul terreno limitrofo. Nel primo caso si renderà necessario rafforzare le porzioni circostanti e sottostanti la zona puntellata (ad es. puntellando anche i vani sottostanti fino a quello cantinato ovvero murando i vani sottostanti a quello presidiato) così da evitare che il trasferimento dei carichi su una muratura, che potrebbe essere di per sé già non in perfette condizioni statiche, provochi in questa dissesti con eventuali ripercussioni a catena.

La struttura di contrasto a diretto contatto con l'apparecchio murario da sostenere con il puntellamento dovrà essere costituita, se non diversamente specificato dalla D.L., da un tavolato ligneo (se non diversamente specificato, di spessore 30-40 mm) in ragione della migliore adattabilità che questo materiale presenta ad una qualsiasi superficie; qualora la superficie da presidiare fosse particolarmente delicata ovvero decorata con pittura ad affresco o con altra tecnica pittorica o presentasse superfici a mosaico sarà necessario anteporre al tavolato ligneo uno "spessore" di materiale soffice, quale ad esempio gommapiuma od altro materiale ritenuto idoneo dalla D.L.

I puntelli che svolgeranno un'azione di *sostegno* (per "resistere" a carichi verticali o spostamenti verticali che la struttura subisce a causa del dissesto come ad es. cedimenti di fondazione, rotture di architravi ecc.) di strutture orizzontali (solai, davanzali, travature ecc.) saranno costituiti da ritti verticali (candele capaci di reagire, senza deformarsi, a sforzi normali) posti a contrasto con la struttura e da traversi che contrastino, a loro volta, l'eventuale slittamento dei ritti; in alternativa ai puntelli lignei potranno essere utilizzati anche elementi metallici a "T", ovvero i cosiddetti ritti di cantiere ("cristi") normalmente impiegati per sostenere la messa in opera di orizzontamenti piani. I puntelli di sostegno potranno anche essere costituiti da aste inclinate (ad es. per la messa in opera di fascio radiale per contrastare, in posizione di sostegno, i cedimenti e le deformazioni di volte e di archi) la cui inclinazione sarà variabile in ragione alla disponibilità di spazio, all'altezza, alla massa della parete ovvero dell'elemento da sostenere e allo sforzo cui sarà sottoposto. Prima di predisporre questo particolare presidio provvisionale si renderà indispensabile accertare la sola verticalità delle azioni deformative in quanto una puntellatura di solo sostegno, in presenza di moti traslatori di natura diversa, potrebbe arrecare essa stessa danni ulteriori alle strutture.

Nel caso in cui le strutture di presidio dovessero assolvere l'azione di *ritegno* di strutture verticali (per fronteggiare movimenti di traslazione orizzontale, in presenza o meno di rotazione quali, ad esempio, ribaltamento di pareti) potranno essere costituite da aste inclinate a testa semplicemente aderente; al fine di evitare lo scorrimento del puntello sull'apparecchio murario sarà necessario che l'angolo d'inclinazione dell'asta non sia maggiore dell'angolo d'attrito tra la muratura e la stessa asta. Allorché la testa del puntello sia posta molto in alto, il puntello dovrà necessariamente diventare una struttura reticolare (in questo caso sarà preferibile utilizzare un sistema tubo-giunto in luogo di puntelli lignei), così da limitare la lunghezza libera di inflessione degli elementi che lo compongono. Al fine di evitare rischi che potrebbero arrecare danni alla stabilità ed alla integrità degli edifici limitrofi dovrà essere, dove possibile, evitata la messa in opera di dispositivi orizzontali ed inclinati a contrasto con manufatti prospicienti.

Nel caso in cui il puntello sia tenuto a impedire lo spanciamento di una parete sarà necessario che esso venga posto in modo che il suo asse incontri la spinta in mezzeria del maschio murario, così da eludere effetti flessionali sul maschio stesso. In questa specifica situazione il puntello sarà soggetto ad un carico uguale alla componente orizzontale della spinta.

Qualora le opere di presidio dovessero svolgere la doppia funzione di *sostegno* e *ritegno* (per contrastare stati in cui ai carichi verticali si uniscono spinte di archi e volte che tendono al ribaltamento del muro) sarà necessario predisporre puntelli con disposizione inclinata e con innesti tesi a contrastare sia movimenti di traslazione verticale sia di rotazione.

I puntelli semplici e doppi potranno essere impiegati singolarmente, in coppia ovvero in gruppo connessi con elementi trasversali e di controventatura, così da presidiare porzioni di manufatti anche molto ampie.

In linea generale i puntelli dovranno soddisfare le seguenti condizioni:

– alleviare la struttura di parte del carico; questa quota di carico potrà, in caso di emergenza, essere stimata con semplici considerazioni intuitive che normalmente dovranno tener conto della natura, della gravità e dell'estensione del dissesto, nonché del rapporto tra pieni e vuoti della muratura sovrastante e sottostante il punto di azione del puntello;
– essere rigidamente vincolati alle strutture da presidiare con l'estremità (testa) e con l'altro estremo (piede) ad una base di appoggio (interna od esterna alla struttura) capace di ricevere l'azione assiale del puntello senza deformarsi. Al fine di assolvere la suddetta condizione occorre predisporre per la testa dei cunei lignei (biette) di essenze dure, al fine di mettere in forza i puntelli, mentre per il piede si predisporrà una adeguata piastra di distribuzione (fondazione) così da evitare che un eventuale cedimento del terreno provochi la perdita di contrasto da parte del puntello; la base, che dovrà risultare normale ai puntelli, potrà essere costituita da travi o assiti lignei (2 o più, spessore minimo di ogni tavola 30-40 mm) normali tra loro, il puntello sarà vincolato al tavolato mediante gattello ligneo con chiodatura alla "traditoria" ovvero con picchetto ligneo incastrato nel terreno e legato con fasciatura metallica. Nel caso in cui i puntelli scarichino direttamente su terreni incoerenti o molto irregolari in superficie, sarà preferibile predisporre una fondazione in muratura o in c.a.;
– essere stabili sia alla compressione che alla pressoflessione;
– essere costituiti da materiale avente caratteristiche termiche ed igrometriche analoghe a quelle delle strutture da presidiare così da non vanificare la validità del puntellamento ovvero arrecare degrado alle parti da restaurare.

I sistemi di puntellamento delle strutture voltate o arcuate (centinature provvisionali) varieranno secondo il tipo di struttura e di dissesto, di norma si seguiranno i seguenti criteri:

a) per le *volte a botte* le centinature dovranno essere disposte su piani paralleli e perpendicolari alle loro generatrici;

b) per le *volte a padiglione* si disporranno due centine principali lungo gli spigoli e le altre su diversi piani verticali passanti per la chiave della volta e diretti perpendicolarmente ai lati del perimetro di base;

c) per le *volte a crociera* si dovrà predisporre l'armatura su ciascuna delle volte a botte da cui origina; si metteranno in opera quattro centine perimetrali unite da due centine diagonali, disposte secondo gli spigoli risultanti dall'intersezione delle due botti;

d) per le *volta a vela* si disporranno quattro centine perimetrali al fine di sostenere gli archi di imposta, ad esse si uniranno altre centine centrali, di norma disposte radialmente a sostenere l'intradosso della volta;

e) per le *cupole* le centine prenderanno di norma la forma di ampie incastellature, controventate in diverse direzioni e sorrette da numerosi candele e puntelli.

In linea generale non si dovrà puntellare mai la chiave se cede una spalla così come mai i reni se si prevede di rimuovere i rinfianchi.

Specifiche sui campi di applicazione

Le opere di presidio potranno essere messe in opere, a seconda delle esigenze, per demolizioni totali o parziali, per rimozioni, per consolidamenti in opera, nonché per eludere crolli improvvisi ovvero messa in sicurezza di masse murarie (solai, davanzali, volte, portali) o di terreno, per ritenimento di murature soggette a movimenti deformanti ed infine per assicurare l'integrità fisica degli addetti.

Avvertenze

Nel caso non ci siano le condizioni per affrontare una progettazione accurata del sistema di puntellamento sarà necessario demandare alla prassi esecutiva corrente la messa in opera del puntellamento provvisionale, in questo caso dovrà essere obbligatorio far svolgere i lavori di presidio sotto il continuo controllo da parte del Tecnico incaricato del consolidamento definitivo.

Non di rado le opere di presidio saranno lasciate in opera per molto tempo, per tale motivo si renderà necessario predisporre adeguate protezioni al fine di evitare che le armature ovvero i puntelli possano deteriorarsi e/o perdere la loro efficacia e di conseguenza diventare essi stessi causa di nuovi dissesti per le strutture. Le opere di presidio dovranno, altresì, essere in grado di non trasmettere improprie sollecitazioni sia al manufatto oggetto di intervento sia a quelli limitrofi. Particolare attenzione dovrà, infine, essere fatta nella fase di rimozione delle armature di sostegno le quali dovranno essere "munite" di idonei dispositivi (ad es. cunei lignei) che, se in precedenza sono stati utili al fine di posizionare e controllare la messa in opera delle stesse, si rileveranno altresì utili per agevolare le operazioni di disarmo.

Specifiche

Per ulteriori dettagli su armature e sbatacchiature si rimanda a quanto enunciato nell'articolo inerente le armature degli scavi.

3. Ricucitura delle murature mediante sostituzione parziale del materiale (scuci e cuci)

L'operazione di scuci e cuci consisterà nella risarcitura delle murature per mezzo della parziale sostituzione del materiale; le murature particolarmente degradate, al punto da essere irrecuperabili ed incapaci di assolvere la funzione statica, ovvero meccanica, saranno ripristinate con "nuovi" materiali compatibili per natura e dimensioni. L'intervento potrà limitarsi al solo paramento murario oppure estendersi per tutto il suo spessore. La scelta del materiale di risarcitura dovrà essere fatta con estrema cura, i nuovi elementi dovranno soddisfare diverse esigenze: storiche (se l'intervento fosse operato su strutture monumentali), estetiche e soprattutto tecniche; dovrà essere compatibile con la preesistenza per dimensioni (così da evitare discontinuità della trama muraria e l'insorgenza di scollamenti tra la parte vecchia e quella nuova) e per natura (una diversità di compattezza potrebbe, ad esempio, implicare un diverso grado di assorbimento con conseguente insorgenza di macchie). Laddove le circostanze lo consentiranno, potrà essere conveniente utilizzare materiale recuperato dallo stesso cantiere, (ricavato, ad esempio, da demolizioni o crolli) selezionandolo accuratamente al fine di evitare di riutilizzare elementi danneggiati e/o degradati. Prima di procedere con l'operazione di scuci e cuci si dovrà realizzare un rilevo accurato della porzione di muratura da sostituire al fine di circoscrivere puntualmente la zona da ripristinare dopodiché, dove si renderà necessario, si procederà alla messa in opera di opportuni puntellamenti così da evitare crolli o deformazioni indesiderate.

La porzione di muratura da sanare verrà divisa in cantieri (dimensionalmente rapportati alla grandezza dell'area interessata dall'intervento di norma non più alti di 1,5 m e larghi 1 m) dopodiché si procederà (dall'alto verso il basso) alternando le demolizioni e le successive ricostruzioni, in modo da non danneggiare le parti di murature limitrofe che dovranno continuare ad assolvere la funzione statica della struttura. La demolizione potrà essere eseguita ricorrendo a mezzi manuali (martelli, punte e leve) facendo cura di non sollecitare troppo la struttura evitando di provocare ulteriori danni; ad asportazione avvenuta la cavità dovrà essere pulita con l'ausilio di spazzole, raschietti o aspiratori, in modo da rimuovere i detriti polverulenti e grossolani (nel caso sia necessario ricorrere ad un tipo di pulitura che preveda l'uso di acqua l'intervento dovrà attenersi alle indicazioni specificate negli articoli inerenti le puliture a base di acqua). La messa in opera del materiale dovrà essere tale da consentire l'inserimento di zeppe in legno tra la nuova muratura e la vecchia sovrastante, da sostituire, solo a ritiro avvenuto,

con mattoni pieni (ovvero con materiale compatibile) e malta fluida. La malta di connessione, se non diversamente indicato dagli elaborati di progetto, potrà essere una malta di calce idraulica naturale NHL 5 (o in alternativa una malta NHL-Z 5) con inerte costituito da sabbia silicea, cocciopesto e pozzolana vagliati e lavati (rapporto legante inerte 1:2 o 1:3). Se espressamente indicato dagli elaborati di progetto, l'intervento di scuci e cuci potrà essere denunciato così da tutelare la stratigrafia stessa dell'edificio, realizzando la nuova porzione di muratura in leggero sottosquadro o soprasquadro, tenendo presente però che la non complanarietà delle due superfici costituirà una zona facile da degradarsi.

Specifiche

La tecnica dello scuci e cuci non risulterà particolarmente idonea, nonché di difficile esecuzione, per le murature incoerenti (ad esempio strutture murarie in scaglie di pietra irregolare), murature costituite da elementi di elevate dimensioni e murature a sacco.

4. Consolidamento mediante iniezioni di miscele leganti

La procedura è indicata, in generale, in presenza di lesioni diffuse e per apparecchi murari in pietra, dove spesso è possibile riscontrare dei vuoti e delle soluzioni di continuità interne presenti fin dall'origine, oppure formatesi a causa di dissesti o fenomeni di alterazione di diversa natura. L'intervento dovrà prevedere una preventiva attenta analisi della struttura al fine di individuare l'esatta localizzazione delle sue cavità, la natura e la composizione chimico-fisica dei materiali che la compongono.

Le indagini diagnostiche potranno essere eseguite attraverso tecniche comuni come la percussione della muratura oppure, ricorrendo a carotaggi con prelievo di materiale, a sondaggi endoscopici o, in funzione dell'importanza del manufatto e solo dietro specifica indicazione, ad indagini di tipo non distruttivo (termografie, ultrasuoni, radarstratigrafie ecc.). In presenza di murature particolari, con elevati spessori e di natura incerta, sarà, inoltre, obbligatorio attuare verifiche di consolidamento utilizzando differenti tipi di miscele su eventuali campioni tipo, così da assicurarsi che l'iniezione riesca a penetrare fino al livello interessato.

In presenza di murature in pietrame incerto potrà risultare più conveniente non rimuovere lo strato d'intonaco al fine di evitare l'eventuale, eccessivo, trasudamento della miscela legante.

La procedura operativa consterà nell'iniettare una miscela entro fori convenientemente predisposti e presenterà due varianti:

– realizzazione di perforazioni regolarmente distribuite sull'apparecchio murario ed estrusione, ad una pressione variabile, di boiacca idraulica che, riempiendo le fratture e gli eventuali vuoti (sostituendosi e/o integrando la malta originaria), consoliderà la struttura muraria così da ripristinare la continuità della struttura anche in caso di muratura a sacco;
– realizzazione di perforazioni localizzate solo in zone limitate dell'apparecchio murario (ad es. le ammorsature tra muri d'angolo e di spina, o le strutture voltate ed arcate), con l'aggiunta dell'introduzione di barre in acciaio, seguendo una disposizione configurata a "reticolo", che funziona, nel complesso, come una sorta di cordolo, così da aumentare la resistenza agli sforzi di trazione.

Sarà sconsigliato effettuare qualsiasi procedura di consolidamento o, più in generale, l'utilizzo di prodotti, anche se prescritti negli elaborati di progetto, senza la preventiva esecuzione di campionature pre-intervento eseguite sotto il controllo della D.L.; ogni campione dovrà, necessariamente, essere catalogato ed etichettato; su ogni etichetta dovranno essere riportati la data di esecuzione, il tipo di prodotto e/o le percentuali dell'impasto utilizzato, (in caso di utilizzo di materiali organici dovranno essere segnati gli eventuali solventi e di conseguenza il tipo di diluizione o di concentrazione utilizzato), le modalità ed i tempi di applicazione.

4.1. Consolidamento mediante iniezioni non armate

L'intervento sarà da attuarsi allorché l'apparecchio murario, sottomesso per lungo tempo a dilavamento o percolazione di acque meteoriche, o per la particolare tipologia costruttiva (ad es. a sacco), si presenti con cavità interne. Nessun beneficio si potrà ottenere da questa procedura se il setto murario oggetto di intervento non presenta cavità e fessure grossolane. L'apparecchio murario dovrà, quindi, essere sufficientemente iniettabile, ovverosia dovrà presentare una struttura con una appropriata continuità tra i vuoti e, allo stesso tempo, la boiacca legante dovrà essere pensata in modo da assicurare un'idonea penetrabilità ossia una fluidità atta a rispettare i tempi di esecuzione richiesti. La procedura operativa consterà delle seguenti fasi esecutive.

Preparazione del supporto

Stuccatura e/o sigillatura, su entrambe le facce della muratura, di tutte le fessure, sconnessioni, piccole fratture dei conci di pietra e/o laterizio e dei giunti di malta, così da avere un apparecchio murario "perfettamente chiuso", capace di ovviare l'eventuale trasudamento esterno delle malte da iniettare: qualora si operasse su murature intonacate sarà necessario accertare l'idoneità del rivestimento per l'esecuzione delle successive fasi; (per maggiori dettagli sulle procedure sopra descritte si rimanda agli articoli sulle stuccature e sui consolidamenti).

In alternativa alla stuccatura, per evitare la fuoriuscita di malta tra le pietre a facciavista, sarà possibile frapporre della stoppa o altro materiale occultante, in seguito removibile.

Esecuzione dei fori

L'esecuzione di perforazioni seguirà le indicazioni di progetto in base al quadro fessurativo ed al tipo di struttura (in assenza di queste si potranno operare 2-4 fori ogni metro quadrato); detti fori, di diametro opportuno (mediamente sarà sufficiente un diametro di 16-24 mm), saranno eseguiti mediante strumento a sola rotazione, munito di un tagliatore carotiere con corona d'acciaio ad alta durezza o di widia. Negli apparecchi murari in pietrame, i fori dovranno essere, se non diversamente prescritto, perpendicolari alle superfici ma con leggera pendenza (circa il 10%) a scendere verso l'interno, così da facilitare l'introduzione della miscela, eseguiti in corrispondenza dei giunti di malta ad una distanza di circa 60-80 cm in ragione della consistenza del muro, nelle murature in laterizi pieni la distanza tra i fori non dovrà superare i 50 cm. In ogni caso si raggiungeranno risultati migliori con un numero elevato di fori di piccole dimensioni piuttosto che con un numero modesto di grosso diametro.

Sarà necessario eseguire le perforazioni con cura, verificando l'effettiva sovrapposizione, e comunicazione, delle aree iniettate (disposizione a quinconce), tramite l'utilizzo di appositi tubicini "testimone" dai quali potrà fuoriuscire l'esubero di miscela iniettata. I tubicini (con un diametro di circa 20 mm) verranno introdotti per almeno 10-12 cm ed, in seguito, sigillati con la stessa malta di iniezione a consistenza più densa (diminuendo cioè il quantitativo d'acqua nell'impasto). Durante questa operazione sarà necessario evitare che le eventuali sbavature vadano a degradare in modo irreversibile l'integrità degli strati di rivestimento limitrofi; nel caso di fuoriuscite di colature queste dovranno essere celermente pulite mediante spugnette assorbenti (tipo *Blitz-fix*) imbevute di acqua deionizzata. Al fine di garantire una corretta diffusione della miscela, sarà consigliabile praticare dei fori profondi almeno quanto la metà dello spessore dei muri.

In presenza di spessori inferiori ai 60-70 cm le iniezioni verranno effettuate su una sola faccia della struttura; oltre i 70 cm sarà necessario operare su entrambe le facce; nel caso in cui lo spessore risulti ancora maggiore, o ci si trovi nell'impossibilità di iniettare su entrambe le facce, si dovrà perforare la muratura da un solo lato per una profondità del foro tra i 2/3 e i 3/4 dello spessore del muro e mai di valore inferiore ai 10 cm. In presenza di cortine murarie in laterizio pieno sarà utile prevedere perforazioni inclinate di almeno 40-45° verso il basso fino a ottenere una profondità di 30-35 cm (in ogni caso stabilita in rapporto alla sezione del muro); tale operazione sarà conveniente al fine di ripartire meglio la boiacca e per rendere partecipi i diversi strati di malta.

Precedentemente all'iniezione (almeno 24 ore prima) dovrà essere iniettata acqua nel circuito chiuso d'iniezione, al fine di saturare la massa muraria e di mantenere la densità della miscela. L'operazione di prelavaggio (eseguita con acqua pura, eventualmente deionizzata) sarà, inoltre, conveniente sia per confermare le porzioni delle zone oggetto d'intervento, (corrispondenti alle zone umide), sia per segnalare l'esistenza d'eventuali lesioni non visibili. Durante la suddetta fase di pulitura-lavaggio si dovranno effettuare, se necessarie, le eventuali operazioni supplementari di rinzaffo, stilatura dei giunti e sigillatura delle lesioni.

Iniezione della boiacca legante

L'iniezione delle miscele (che, di norma dovranno essere omogenee, ben amalgamate ed esenti da grumi ed impurità) all'interno dei fori dovrà essere eseguita, preferibilmente, a bassa pressione (indicativamente tra 0,5 e 1,5 atm in ogni caso non superiore alle 2 atm) così da evitare la formazione di pressioni all'interno della massa muraria con le conseguenti coazioni con le cortine esterne; inoltre andrà effettuata tramite idonea pompa a mano o automatica provvista di un manometro. Nel caso in cui il dissesto risulterà circoscritto ad una zona limitata sarà opportuno dare precedenza alle parti più danneggiate (utilizzando una pressione non troppo elevata e, se sarà necessario eseguire un preconsolidamento, con boiacca molto fluida colata mediante imbuto, prima delle perforazioni, in tutti gli elementi di discontinuità presenti nella muratura), per poi passare alle rimanenti, utilizzando una pressione maggiore. Le iniezioni procederanno per file parallele, dal basso verso l'alto, dai lati esterni e, simmetricamente, verso il centro al fine di evitare squilibri di peso ed impreviste alterazioni nella statica della struttura. Il volume di miscela iniettata non dovrà superare i 100-120 l per metro cubo.

Previa verifica della consistenza materica della muratura oggetto di intervento, si inietterà la miscela all'interno degli ugelli e boccagli precedentemente posizionati, la pressione sarà mantenuta costante fino a quando la boiacca non fuoriuscirà dai tubicini adiacenti, a questo punto si chiuderà il tubicino e si proseguirà con il foro limitrofo seguendo il piano di lavoro. L'iniezione ad un livello superiore sarà eseguita, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, solo quando tutti i tubi di iniezione, posti alla medesima quota, risulteranno intasati. Sarà, inoltre, opportuno aumentare la pressione d'immissione in relazione alla quota del piano di posa delle attrezzature. L'aumento potrà essere di 1-2 atmosfere ogni 3-3,5 ml di dislivello in modo da bilanciare la pressione idrostatica. In edifici a più piani le iniezioni dovranno essere praticate a partire dal livello più basso.

In alternativa, e solo dietro specifica indicazione di progetto, si potrà iniettare la boiacca per gravità; la procedura seguirà le fasi precedentemente indicate per l'iniezione a pressione salvo alcune precisazioni. Questa tecnica dovrà essere preferita a quella a pressione nel caso in cui la muratura risulti in uno stato avanzato di degrado tale da non poter sopportare sovrappressioni o perforazioni. Previa preiniezione di acqua fino a saturazione si procederà a far penetrare la miscela dall'alto attraverso appositi boccagli ad imbuto localizzati in lesioni o lacune (eventualmente "aiutate" asportando materiale deteriorato). Gli imbuti verranno rabboccati fino a che non si svuoteranno più, la procedura seguirà cantieri orizzontali (di circa 60-70 cm di altezza) dal basso verso l'alto; passate 24-48 ore si rabboccherà nuovamente con la miscela a base di calce

idraulica così da saturare le eventuali fessure formatesi per il ritiro; l'utilizzo di additivi antiritiro nelle miscele eviterà, di norma, questo ulteriore passaggio. Nel caso di murature a secco sarà necessario prevedere un ulteriore accorgimento, prima di procedere alla colatura della miscela legante. Le operazioni preliminari prevedranno, salvo diverse specifiche della D.L., oltre alla sigillatura profonda con malta a base di calce idraulica naturale, il posizionamento di guaina di protezione lungo l'apparecchio, la successiva messa in opera di cassaforma di contenimento a distanza di circa 15-20 cm e il successivo riempimento dello spazio tra cassaforma ed apparecchio con sabbia od altro materiale indicato dalla D.L.

Ad indurimento della miscela (dopo circa 2-3 giorni), i boccagli potranno essere rimossi ed i fori sigillati con malta appropriata (si rimanda a quanto detto negli articoli riguardanti le stuccature).

Specifiche sulle miscele

La boiacca per iniezioni potrà essere composta, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, da una miscela di sola calce idraulica NHL 3,5 o NHL-Z 3,5 (esente da sali solubili, con l'85% dei granuli di dimensione < a 25 □, calore d'idratazione unitario < di 135 KJ/kg) ed acqua in rapporto variabile da 0,8 a 1,2. Dal momento che, in genere, in una miscela di questo tipo si otterrà la fluidità necessaria per un'efficace iniezione con rapporto legante-acqua superiore ad 1, al fine di evitare eventuali fenomeni di segregazione sarà consigliabile aggiungere alla boiacca additivi fluidificanti (in misura dell'1-2% rispetto al peso del legante) ed agenti espansivi antiritiro (ad es. polvere di alluminio da 0,2% a 0,3% del totale in peso) al fine di controllare anche gli eventuali fenomeni naturali di ritiro di assestamento in fase plastica (ovverosia nelle prime ore che seguiranno la messa in opera) e di ritiro igrometrico (ritiro che si manifesterà nel materiale indurito, dopo circa 28 giorni e si protrarrà per periodi molto lunghi, di norma sarà ritenuto completato dopo circa 2 anni dalla messa in opera).

In alternativa, potrà essere utilizzata una miscela binaria (da utilizzare in presenza di vere e proprie cavità, specie nei muri a sacco) composta da calce idraulica naturale NHL 2, (o da una calce idraulica pozzolanica ottenuta miscelando calce idrata cotta a bassa temperatura e completamente idrata, con metacaolino anch'esso cotto a bassa temperatura; la calce idrata potrà essere sostituita anche da grassello di calce stagionato minimo 24 mesi) sabbia ed acqua (rapporto legante-acqua 1:3 fino ad 1:5 nel caso di iniezioni per gravità) con l'aggiunta di gluconato di sodio (con funzione fluidificante) e polvere di alluminio (come agente espansivo). La sabbia dovrà essere sempre di granulometria molto fine (< al 35-40% della minima larghezza delle fessure) e, preferibilmente, con granuli arrotondati; in alternativa potrà essere impiegato carbonato di calcio scelto e micronizzato o perlite superventilata (se si ricercherà una boiacca a basso peso specifico) od ancora, metacaolino ad alta reattività pozzolanica (o polvere di cocciopesto vagliata e lavata) per migliorare le proprietà idrauliche della boiacca (nel caso di utilizzo di grassello di calce o calce idrata, la carica con caolino, cocciopesto o pozzolana sarà obbligatoria al fine di rendere idraulico il composto); in ogni caso l'inerte sarà il 10% rispetto al peso del legante. La boiacca, sia se verrà preparata in cantiere, sia se fosse utilizzato un prodotto premiscelato, dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

– sufficiente fluidità al fine di penetrare profondamente (svuotamento del cono di Marsh di un litro di miscela in meno di 30 secondi);
– assenza di segregazione e di acqua essudata (*blending*); la separazione dell'acqua dalla boiacca determinerebbe, in seguito alla successiva evaporazione, la presenza di vuoti all'interno della massa del nucleo;
– tempo di presa compatibile con quello della lavorazione;
– alto scorrimento;
– sviluppo calore in fase di presa temperatura massima entro i +30 °C;
– dilatazione termica compatibile con quella della muratura originale;
– resistenza caratteristica a rottura per compressione superiore a 12 N/mm² dopo 28 giorni;
– peso specifico modesto, inferiore a 1,8 kg/l;
– resistenza ai sali comunemente presenti nella muratura (solfati, ammine);
– modulo elastico allo stato secco comparabile con quello della muratura (3000-6000 N/mm²);
– non presentare fenomeni di ritiro che ridurrebbero l'efficacia del contatto.

Specifiche materiali premiscelati

Questo prodotto per iniezioni dovrà essere a base di calce idraulica naturale, priva di sali solubili, rafforzata con metacaolino purissimo ad alta reattività pozzolanica (od in alternativa con polvere di cocciopesto) caricata con carbonato di calcio scelto e micronizzato, (o perlite superventilata se si ricerca una malta a basso peso specifico) a cui andranno aggiunti additivi quali ritenitori d'acqua di origine naturale e superfluidificanti al fine di poter iniettare la miscela a bassa pressione. Se non diversamente specificato, l'acqua da utilizzare nell'impasto dovrà essere demineralizzata. Il prodotto non dovrà essere addizionato nella preparazione e posa con nessun altro componente oltre all'acqua di impasto, possibilmente demineralizzata, e non dovrà essere assolutamente aggiunta acqua una volta che avrà iniziato la presa.

Le caratteristiche chimico-fisiche medie dovranno essere: peso specifico 1,4 kg/dm³, lavorabilità 2 h; bleending trascurabile; aderenza 1,4 N/mm²; inizio presa a +20 °C; 18 h; fine presa a +20 °C; 72 h; resistenza a compressione a 28 giorni 13 N/mm²; resistenza a flessione a 28 giorni 3,5 N/mm²; modulo elastico 11000 N/mm²; temperatura massima durante l'indurimento < 30 °C; ritiro 0,7-1,2 mm; ritenzione acqua > 70%; permeabilità al vapore 9 □.

Avvertenze

Non sarà assolutamente consentita, salva diversa prescrizione della D.L., la demolizione d'intonaci e stucchi; sarà anzi necessario provvedere al loro preventivo consolidamento e/o ancoraggio al paramento murario prima di procedere all'esecuzione della suddetta procedura (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto negli articoli specifici). Il collaudo del consolidamento andrà eseguito dopo 90 giorni dall'esecuzione delle iniezioni.

4.2. Consolidamento mediante iniezioni armate

L'intervento potrà essere attuato strettamente localizzato ed in caso di assoluta necessità quando, ad esempio, si dovranno realizzare efficienti rinforzi localizzati tra le murature d'angolo, ammorsamento di muri ortogonali, ricongiungimenti di parti lesionate ecc. e non si potrà ricorrere all'uso di altre procedure. L'intervento, simile alle iniezioni di miscele leganti, avrà la finalità di assicurare alla muratura, per mezzo dell'utilizzo di cuciture metalliche, un consistente aumento della resistenza agli sforzi di trazione; queste cuciture saranno costituite da armature di lunghezza variabile (circa 2-3 volte lo spessore delle murature), dipendente dal livello di aderenza sia tra malta e barre, sia tra malta e tessitura preesistente, disposte in perfori (variabile da 32 a 40 mm) alla distanza di circa 40-50 cm l'uno dall'altro, preferibilmente, inclinati (di circa 45°) in successione verso l'alto e verso il basso. L'esercizio svolto dalle armature nei pannelli di muratura, in prevalenza compressi, sarà quello di contenere la deformazione laterale, collaborando ad un miglioramento della resistenza dell'elemento. Nei setti murari non esclusivamente compressi, la presenza dell'armatura potrà partecipare alla resistenza a taglio del setto stesso.

La procedura operativa seguirà le fasi descritte per le iniezioni di miscele leganti ad eccezione che, nei fori di iniezione dovranno essere, preventivamente, inserite barre di acciaio inossidabile ad aderenza migliorata Fe B 44 K (minimo 12 mm massimo 20 mm), o barre filettate di acciaio AISI 316L, (minimo 14 mm) munite di distanziatori perimetrali al fine di evitare il contatto diretto con la muratura; lo schema distributivo, l'inclinazione, il calibro e la lunghezza delle barre dovranno essere relazionati alle disposizioni di progetto o indicazioni della D.L., ai dissesti riscontrati dall'esame del quadro fessurativo del manufatto o alle variazioni apportate nel corso dei lavori di restauro agli equilibri dei carichi. L'inserimento di detta armatura avrà lo scopo di fornire resistenza a trazione tra le due cortine esterne della muratura, specialmente nei casi in cui l'altezza di libera inflessione sia tale da poter dar luogo al fenomeno del carico di punta. Al fine di realizzare un promotore d'adesione tra le barre e la malta delle iniezioni si potrà spalmare la superficie dell'armatura con boiacca anticarbonatante, reoplastica-pennellabile realizzando uno strato continuo di almeno 1 mm.

Avvertenze

Talvolta potrà essere necessario consolidare preventivamente la muratura mediante semplici iniezioni di boiacca (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto nell'articolo specifico). In ogni caso questa procedura dovrebbe essere messa in opera, preferibilmente, su murature di buona qualità, in un discreto stato di conservazione prive, però, d'adeguate ammorsature tra le pareti ortogonali. Nei muri di modeste sezioni (30-50 cm) le chiodature non avranno alcun effetto benefico nei confronti del setto murario, in quanto la ridotta lunghezza della barra non permetterà il trasferimento per aderenza degli sforzi tra malta d'inghisaggio ed il ferro. Affinché questo trasferimento avvenga sarà necessario che la barra presenti una lunghezza minima di 40 o, in alternativa, che sia ancorata risvoltandola all'esterno della muratura ed, eventualmente, collegandola con l'armatura di paretine di malta a ritiro compensato realizzate su una o entrambe le facce del pannello murario (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto nell'articolo specifico).

Specifiche sui materiali

Le miscele leganti da utilizzare saranno uguali a quelle esaminate per le iniezioni non armate, con l'ulteriore specifica che, in questo caso, dovranno, necessariamente, presentare maggiore capacità di aderenza, antiritiro e resistenza, così da garantire la collaborazione tra armature e muratura, localizzandosi nelle zone più sollecitate.

In alternativa alle barre in acciaio si potranno utilizzare barre pultruse in fibra di aramide, vetro o carbonio con diametro circolare da 5 a 10 mm. Le suddette barre in FRP potranno presentare, se richiesto dagli elaborati di progetto, un'aderenza migliorata ottenuta mediante sabbiatura superficiale di quarzo sferoidale e spiralatura esterna. Questo tipo di prodotto dovrà, inoltre, presentare un'elevata durabilità nei confronti di tutti gli aggressivi chimici eventualmente presenti nella muratura o nella malta da iniezione (quali, ad es., idrossidi alcalini, cloruri e solfati). Se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, dovranno essere preferite barre in fibra di vetro o di aramide poiché presentano un modulo elastico più vicino a quello delle murature. Si veda specifiche sui materiali dell'articolo CN am. 6. "Consolidamento mediante placcaggio con materiali compositi (FRP)".

5. Consolidamento mediante placcaggio di superficie (betoncino armato)

L'intervento si realizzerà con l'apposizione, su una o possibilmente su entrambe le facce del muro, di lastre verticali di materiale a base idraulica, realizzate in cantiere, opportunamente armate da rete metallica elettrosaldata e rese solidali alla muratura originale con ferri trasversali passanti nel muro.

5.1. Lesioni diffuse

Questa procedura consentirà di migliorare le caratteristiche di resistenza del maschio murario, grazie all'incremento della sezione resistente apportato dalle paretine e dall'effetto di confinamento esercitato sulla muratura degradata. Questa tecnica potrà risultare adatta unicamente su murature particolarmente dissestate (e comunque non caratterizzate da particolari valenze storico-architettoniche) con quadri fessurativi estesi e complessi, e quindi non più in grado di eseguire a pieno la loro funzione statica, ma che in ogni modo dovranno essere mantenute parzialmente o integralmente. Questo sistema di consolidamento, pertanto, dovrà essere utilizzato con le dovute cautele, mai in maniera generalizzata, dietro specifiche prescrizioni di progetto o indicazioni della D.L. e, con il benestare degli organi preposti alla tutela del bene oggetto d'intervento. La procedura operativa consterà delle seguenti fasi esecutive.

Preparazione del supporto

Dietro specifica autorizzazione della D.L., si procederà alla rimozione dell'eventuale intonaco, dei rivestimenti parietali, delle parti incoerenti ed in fase di distacco, e della malta dei giunti tra gli elementi lapidei o laterizi per una profondità minima di 2-3 cm, fino a raggiungere la parte sana della struttura (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto negli articoli specifici). Le eventuali lesioni andranno ripulite, allargate e spolverate con l'ausilio di aria compressa e strumento aspiratore, nonché stuccate con idonea malta a presa rapida (sarà sufficiente utilizzare un impasto a base di calce idraulica naturale e pozzolana simile a quello utilizzato nelle procedure di stuccature dei materiali lapidei diminuendo però il quantitativo d'acqua nell'impasto). Successivamente la parete dovrà essere spazzolata e lavata con acqua pulita al fine di rimuovere polveri e depositi incoerenti.

Armatura parete

Al fine di inserire i connettori trasversali si dovranno eseguire perforazioni, (con strumento a sola rotazione) passanti in senso obliquo se l'intervento riguarderà entrambe le facce, per 3/4 dello spessore del muro qualora la muratura venga trattata su una sola superficie (esterna o interna); il numero dei tiranti potrà variare in relazione alle disposizioni di progetto, tuttavia sarà opportuno non scendere al di sotto dei 2 tiranti al metro quadrato di parete (di norma si utilizzeranno 4-6 spillature al metro quadrato). All'interno di queste perforazioni si collocheranno i tondini di acciaio, lasciandoli sporgere dalla struttura per almeno 10 cm da ogni lato. Le barre saranno del tipo e del diametro indicati dagli elaborati di progetto ovvero ordinati dalla D.L. con un diametro minimo di 4-8 mm; in assenza di specifiche potranno essere utilizzate barre di acciaio inossidabile ad aderenza migliorata Fe B 44 K (in alternativa si potrà utilizzare acciaio zincato o acciaio precedentemente trattato con boiacca passivante anticarbonatante per uno spessore minimo di 1 mm). In corrispondenza delle aperture potrà essere omessa la formazione della lastra al fine di non ridurre la luce delle medesime, avendo cura, però, di raddoppiare le legature perpendicolari al piano del muro, disponendole a quinconce.

Una volta stuccate l'eventuali lesioni, fessure o parti di struttura situate sotto i fori con la malta prescritta, si potranno posizionare reti metalliche elettrosaldate (preferibilmente in acciaio inossidabile) su entrambi i lati del muro. Le reti avranno diametro e maglia come specificato negli elaborati di progetto o come ordinato dalla D.L., diversamente potranno essere formate da tondini di diametro 6-8 mm con maglie 100x100 o 150x150 mm risvoltate per almeno 50-100 cm in corrispondenza degli spigoli laterali così da collegare ortogonalmente le nuove paretine armate con le altre strutture portanti. Le eventuali sovrapposizioni di reti dovranno interessare almeno 20 cm ed in ogni caso non meno di due maglie. Una volta posizionata la rete, e fissata con chiodi in acciaio ad "U" o a "J" (4 mm per una lunghezza minima di 18 cm), le barre saranno ripiegate ad uncino di 90° al fine di connetterle alle maglie della rete e realizzare in tal modo il collegamento tra le paretine ed il nucleo della muratura. In alternativa alla rete metallica si potrà posizionare, dietro specifica indicazione di progetto, una rete in polipropilene (PP) bi-orientata a maglia quadrangolare prodotta per estrusione e sottoposta a processo di stiro a temperatura controllata nelle due direzioni (caratteristiche medie: totale inerzia chimica, maglia 40x30 mm, peso unitario 650 g/m², resistenza a trazione nelle due direzioni 40 kN/m, allungamento > 10%);

L'accurata sistemazione dell'armatura dell'intonaco risulterà, per la buona riuscita della procedura, un elemento di particolare importanza, essa, infatti, dovrà essere tenuta separata dal supporto murario per almeno 2 cm, ricorrendo ad idonei distanziatori, in modo da evitare la manifestazione di fenomeni d'instabilità flessionale; per questo motivo sarà necessario disporre la rete in modo che possa trasmettere correttamente gli sforzi alle spillature praticate nel pannello murario.

Messa in opera intonaco

Sul setto murario, preventivamente, bagnato abbondantemente con acqua pulita fino a saturazione, così da evitare ogni possibile sottrazione d'acqua al nuovo materiale, verrà applicato uno strato di malta anche in più riprese, (fino a raggiungimento della quota prevista) del tipo prescritto dal progetto o indicato dalla D.L., avendo cura di riempire eventuali vuoti emersi dietro l'armatura metallica, e battendo con frattazzo la superficie trattata prima del tiraggio a liscio con la staggia.

In ogni caso, salve diverse indicazioni di progetto, si dovrà tenere presente che:

– per realizzare spessori inferiori ai 3 cm sarà consigliabile mettere in opera la malta a spruzzo, armata con rete metallica di diametro 4-6 mm con maglia 100x100 mm;
– per realizzare spessori intorno ai 3-5 cm si potrà applicare la malta manualmente, armata con rete metallica di diametro 6-8 mm con maglie 100x100 o 150x150 mm;
– per realizzare spessori superiori ai 5 cm fino ad un massimo di 8-10 cm si dovrà, necessariamente, ricorrere al getto in casseforme armate con rete metallica di diametro 8-10 mm con maglia 100x100 o 200x200 mm.

Lo spessore e la metodologia di posa in opera dovranno essere comparati e pensati in base al degrado della struttura ed al tipo di sollecitazioni cui è stata, e sarà sottoposta la struttura; in ogni caso, potrà essere opportuno eseguire intonaci per uno spessore di circa 4-5 cm.

Al fine di evitare la formazione di fessure e cavillature dovute alla troppo rapida evaporazione dell'acqua d'impasto le paretine dovranno essere tenute umide per almeno 48 ore e protette da vento e/o irraggiamento solare diretto.

Specifiche sulle malte

La malta o betoncino da utilizzare dovrà presentare un modulo elastico basso così da limitare eventuali inconvenienti legati all'instabilizzazione per carico di punta. A tal fine si potranno utilizzare malte a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 (o calce naturale eminentemente idraulica NHL 5) caricata con inerti a comportamento pozzolanico (ad es. pozzolana, metacaolino, cocciopesto ecc.), sabbie silicee naturali (granulometria 0,1-2 mm) con l'eventuale aggiunta d'additivi aeranti naturali, fibre minerali inorganiche atossiche (così da ridurre le tensioni generate dall'evaporazione dell'acqua e limitare le fessurazioni da ritiro plastico) ed espansivi minerali (così da controllare il ritiro igronometrico). Le malte (rapporto legante-inerte 1:3) ed i betoncini (rapporto legante-inerte 1:4) a ritiro compensato da utilizzare dovranno, in ogni caso, presentare le seguenti caratteristiche:

– resistenza a compressione a 28 giorni > 18 N/mm²;
– modulo elastico a 28 giorni <15000 N/mm²;
– espansione contrastata a 7 giorni > 300 mm/m;
– coefficiente di permeabilità al vapore < 150 □.

L'utilizzo della calce idraulica naturale o idraulica pozzolanica (calce aerea miscelata a cariche con reattività pozzolaniche), rispetto all'uso del cemento presenterà il vantaggio di ottenere un impasto più plastico e maggiormente lavorabile, inoltre l'uso della calce idraulica garantirà capacità di traspirazione delle pareti.

5.2. Lesione isolata

Per interventi su lesioni passanti isolate, anche di spessori consistenti, la procedura si potrà limitare esclusivamente alle fasce limitrofe alla lesione (circa 60-80 cm a cavallo della lesione). Le fasi esecutive saranno le stesse enunciate nell'articolo riguardante il placcaggio dell'intera parete ad eccezione di qualche precisazione.

La rete elettrosaldata zincata (□ 4-5 mm maglia 100x100 mm) dovrà essere messa in opera in strisce di 60-80 cm, posizionate a cavallo della lesione, su entrambi i lati della muratura, tramite chiodatura e collegata con tondini in acciaio inossidabile ad aderenza migliorata (□ 6-8 mm intervallati da circa 40-50 cm) passanti attraverso la lesione, precedentemente scarnita e pulita da parti incoerenti. La malta da utilizzare per risarcire la lesione, salvo diverse prescrizioni della D.L., dovrà essere a base di calce idraulica e, preferibilmente, di tipo espansivo (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto negli articoli specifici). L'esecuzione dell'intonaco dovrà seguire sia le prescrizioni enunciate nell'articolo sul placcaggio di superficie sia quelle inerenti il rappezzo di intonaco, ovverosia al fine di non creare discontinuità materiche superficiali si ricorrerà, se non diversamente specificato, ad una rasatura finale utilizzando impasti similari a quelli esistenti (per uno spessore totale non inferiore ai 3 cm).

5.3. Lesione d'angolo

Per interventi su lesioni d'angolo, sia ad "L" sia a "T", anche di spessori consistenti, la procedura si potrà limitare esclusivamente alle fasce limitrofe la lesione (minimo 60 cm oltre la lesione per una fascia minima di 80-100 cm). Le fasi esecutive saranno le stesse enunciate nell'articolo riguardante il placcaggio dell'intera parete ad eccezione di qualche precisazione.

Previa esecuzione delle perforazioni nella parete al fine di alloggiare le barre trasversali di collegamento, si posizionerà la rete elettrosaldata zincata (□ 5-6 mm maglia 150x150 mm), su entrambe le facce del muro, con adeguata sovrapposizione e risvolto minimo di 50 cm in corrispondenza di spigoli verticali. La rete verrà fissata tramite chiodatura e collegata con tondini in acciaio inossidabile ad aderenza migliorata (□ 6-8 mm disposti in maniera più ravvicinata, 35-40 cm, per il primo metro verso il basso e verso l'alto per poi diradarsi, 70-80 cm, verso il centro della rete) inghisati nei perfori e passanti attraverso le lesioni precedentemente scarnite e pulite da parti incoerenti. La malta da utilizzare per risarcire le lesioni, salvo diverse prescrizioni della D.L., dovrà essere a base di calce idraulica e, preferibilmente, di tipo espansivo (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto negli articoli specifici). L'esecuzione dell'intonaco dovrà seguire sia le prescrizioni enunciate nell'articolo sul placcaggio di superficie sia quelle inerenti il rappezzo di intonaco ovverosia, al fine di non creare discontinuità materiche superficiali si ricorrerà, se non diversamente specificato, ad una rasatura finale utilizzando impasti similari a quelli esistenti (per uno spessore totale non inferiore ai 3 cm).

5.4. Lesioni in corrispondenza di aperture

Per interventi su lesioni nelle vicinanze di aperture (porte o finestre), anche di spessori consistenti, la procedura potrà limitarsi, esclusivamente, alle zone limitrofe le lesioni (generalmente circa 60-80 cm a destra e a sinistra dell'apertura e per un'altezza minima pari a 40 cm al di sopra dell'architrave). Le fasi esecutive saranno le stesse enunciate nell'articolo riguardante il placcaggio dell'intera parete ad eccezione di qualche precisazione.

Previa esecuzione delle perforazioni nella parete, al fine di alloggiare le barre trasversali di collegamento, si posizionerà la rete elettrosaldata zincata (5-6 mm maglia 150x150 mm) su una o entrambe le facce del muro con adeguata sovrapposizione e risvolto minimo di 50 cm in corrispondenza di spigoli verticali. La rete verrà fissata tramite chiodatura e collegata con tondini in acciaio inossidabile, ad aderenza migliorata (6-8 mm in ragione di almeno 4 al metro quadrato), inghisati nei perfori e passanti attraverso le lesioni precedentemente scarnite e pulite da parti incoerenti. La malta da utilizzare per risarcire le lesioni, salvo diverse prescrizioni della D.L., dovrà essere a base di calce idraulica e, preferibilmente, di tipo espansivo (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto negli articoli specifici). L'esecuzione dell'intonaco dovrà seguire sia le prescrizioni enunciate nell'articolo sul placcaggio di superficie sia quelle inerenti il rappezzo di intonaco, ovverosia al fine di non creare discontinuità materiche superficiali si ricorrerà, se non diversamente specificato, ad una rasatura finale utilizzando impasti similari a quelli esistenti (per uno spessore totale non inferiore ai 3 cm).

6. Consolidamento mediante placcaggio con materiali compositi (FRP)

La procedura si pone l'obiettivo di conservare la funzione resistente degli elementi murari, dando loro un'opportuna resistenza a trazione e fornendoli di uno stadio, più o meno elevato, di duttilità sia nel comportamento a piastra, sia in quello a parete di taglio.

L'operazione prevederà la fasciatura, o meglio il placcaggio esterno ovvero interno della struttura con nastri di materiale composito, da calibrare in funzione delle condizioni statiche, ancorati direttamente alla muratura da rinforzare mediante l'utilizzo di resine adesive (generalmente epossidiche). Il placcaggio con i materiali FRP consentirà un'efficace incremento, sia del carico ultimo, sia della duttilità così da costituire una più che valida alternativa rispetto alle tecniche più tradizionali come ad esempio le cerchiature rigide. Questa tecnica potrà essere messa in opera, sia per il rinforzo su pannello resistente con lesioni diffuse, sia per ripristinare situazioni di dissesto localizzato come ad esempio risarciture di lesioni d'angolo, lesioni in corrispondenza di aperture, confinamento di pilastri ecc. I nastri di composito forniranno prestazioni superiori a quelle dell'acciaio armonico, un'adesione perfetta al supporto e spessori ridotti così da potersi mascherare facilmente al di sotto di un semplice strato d'intonaco; inoltre, questa tecnica risulterà completamente reversibile, in quanto i nastri saranno semplicemente incollati alla superficie e potranno essere rimossi mediante trattamento termico.

Le prescrizioni sulla procedura operativa seguiranno quelle previste nell'articolo sul consolidamento di volte, coperture e strutture in c.a. mediante materiali compositi.

Avvertenze

Questo protocollo operativo dovrà essere eseguito esclusivamente da operatori specializzati.

7. Consolidamento mediante tiranti metallici

Il consolidamento mediante la messa in opera di tiranti metallici (elementi costruttivi a sviluppo lineare) consentirà di realizzare un collegamento ed irrigidimento delle murature così da riuscire a contrastare rischi di traslazione, crolli e distacchi; la cerchiatura per mezzo dei tiranti permetterà di rendere solidali le strutture murarie tanto da garantire un comportamento di tipo scatolare, soprattutto, in caso di azione sismica. I tiranti (realizzati prevalentemente in acciaio inossidabile) potranno essere inseriti all'interno delle strutture da consolidare (murature, strutture lignee di solai e di copertura, pilastri murari e fondazioni) o all'esterno; la loro messa in opera potrà essere verticale, orizzontale od inclinata secondo le necessità specifiche richieste dal singolo caso e in base agli sforzi che dovranno assolvere. Il bloccaggio all'estremità delle strutture sarà garantito da chiavarde o capichiave (che potranno essere a paletto o a piastra) posti su piastre (realizzate in acciaio inossidabile di forma e dimensioni tali da consentire una ripartizione omogenea degli sforzi) necessarie per assicurare l'adeguata ripartizione dei carichi; le piastre potranno essere realizzate in acciaio, con la presenza dei fori per consentire il passaggio dei cavi e delle guaine oppure in calcestruzzo armato. I paletti dei capichiave andranno orientati a 45° con il braccio superiore rivolto contro il muro trasversale su cui insiste il solaio. Indipendentemente dalla messa in opera (esterna o interna, orizzontale o inclinata), prima di procedere con l'operazione dovrà essere appurato il grado di consistenza delle strutture, lo stato di conservazione e, soprattutto, la loro stabilità; a tale riguardo prima di effettuare l'intervento potrà essere utile, dove si renderà necessario, operare un consolidamento (scuci e cuci, iniezioni di boiacca, rincocciature, rinforzi delle fondazioni ecc.) delle parti interessate ed influenzate dal successivo stato tensionale indotto dal tirante. L'operazione inizierà con la localizzazione esatta dei punti di perforazione per il passaggio del tirante, della sua collocazione e del relativo sistema d'ancoraggio, che dovrà essere saldo ed efficace dal momento che la risoluzione avrà effetto solo se sarà garantita la trazione del tirante, costante nel tempo, capace di contrastare le sollecitazioni in atto. I tiranti potranno essere messi in opera anche binati: uno da una parte e uno dall'altra dello stesso muro trasversale. Il tiraggio del tirante potrà essere fatto a freddo o a caldo.

Specifiche sui materiali

In alternativa ai tiranti metallici si potranno utilizzare barre pultruse in fibra di carbonio o aramide, con diametro circolare (da 5 a 10 mm) o rettangolare di varie sezioni (da 1,5 x 5 mm a 30 x 40 mm). Le suddette barre potranno essere messe in tensione

attraverso apposito sistema di pretensione ed opportuna piastra di ripartizione. Il sistema di ancoraggio sarà caratterizzato da una testa di acciaio inox AISI 304, diametro esterno circa 50 mm, lunghezza circa 200-250 mm, filettatura esterna completa di sede per chiavella antitorsione. Rispetto alle tradizionali catene in acciaio, la fibra di carbonio riduce drasticamente i problemi legati alla corrosione essendo esse stesse non soggette a tale fenomeno.

7.1. Consolidamento con tiranti trivellati inseriti nella muratura

Il dimensionamento dei tiranti, definito dagli elaborati di progetto, dovrà essere relazionato alla resistenza a trazione del materiale utilizzato e quella a taglio del muro su cui verrà posizionato il capochiave (potranno essere messi in opera tiranti in acciaio inossidabile zincati Fe 360 opportunamente dimensionati e, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, potranno essere utilizzati tiranti □ 26 mm o □ 32 mm).

Tiranti trivellati inseriti nella muratura orizzontalmente

Il tirante orizzontale dovrà essere posizionato in corrispondenza del solaio (al di sotto del pavimento) il più possibile in aderenza al muro ortogonale su cui verrà collocato il capochiave; dopo aver localizzato il percorso del tirante e i punti di perforazione sulla muratura, si procederà alla realizzazione dell'alloggiamento mediante l'utilizzo di trapani esclusivamente rotativi in modo da evitare ulteriori sconnessioni della struttura dissestata, realizzando uno scasso che, se non diversamente indicato dagli elaborati di progetto, potrà essere di circa 25 mm di diametro, profondo 40 mm. L'intervento procederà con il posizionamento degli ancoraggi (angolari o intermedi fissati mediante malta di calce idraulica naturale NHL 5) previa preparazione della parte di muratura interessata mediante l'eventuale asportazione d'intonaco e, se necessario, consolidamento; la piastra di ripartizione dei carichi, se non diversamente indicato dagli elaborati di progetto, potrà avere dimensioni di 25x25 cm o 30x30 cm spessa 15 mm. Sulla muratura verranno eseguiti i fori di passaggio del tirante, il cui dimensionamento si relazionerà alla sezione del tirante, ricorrendo ad un trapano a rotazione. Realizzato l'alloggiamento, il cavo dovrà essere fissato alle piastre precedentemente forate; all'interno dei fori (□ 50-80 mm) dovrà essere posizionata una guaina protettiva fissata alla parete mediante l'utilizzo di malta o resina. Dopo aver tagliato il tirante a misura d'impiego (pari alla lunghezza della parete più lo spessore del muro e maggiorato di 30 cm, 15 cm per parte, necessari per l'ancoraggio) e provveduto alla filettatura delle estremità indispensabili per il tiraggio a freddo (15 cm per ogni estremità utilizzando filettatrici) si procederà alla relativa messa in opera. Il tirante passerà dalla guaina prolungandosi qualche centimetro all'esterno della piastra di ripartizione così da facilitare il tiraggio e l'ancoraggio; verranno posizionati i capochiave (forati se il tiraggio avverrà a freddo) i sistemi di fissaggio ed ancoraggio (dado e controdado, manicotto di collegamento e tiraggio ecc.). Avvenuta la presa del bulbo di ancoraggio (3 o 4 giorni), il tirante verrà messo in tensione (se teso a mano si ricorrerà ad una chiave dinamometrica che serrerà i dadi sino ad ottenere una tensione di circa 150-200 kg) con gradualità ed a più riprese, fino alla tensione di calcolo (la tensione applicata non dovrebbe superare il 50% di quella ammissibile dal cavo di acciaio utilizzato), controllando eventuali diminuzioni di tensione (causate o dal tipo di acciaio impiegato o riconducibili ad assestamenti murari improvvisi). La sede di posa dei tiranti ed i fori potrà essere riempita con iniezioni di malta a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 e si potrà solidarizzare la guaina e il cavo mediante l'ausilio di resina sigillante. L'operazione terminerà con la posizione dei cunei di bloccaggio del cavo. Tutte le parti metalliche rimaste a vista dovranno essere protette mediante l'applicazione di vernici di tipo epossidico.

Tiranti trivellati inseriti nella muratura verticalmente

I tiranti potranno essere posti all'interno della muratura anche verticalmente, in questo caso il cavo dovrà penetrare all'interno della muratura in posizione perfettamente baricentrica e dovrà interessare una fascia muraria, mediamente, di circa 2 m. Il tirante verticale sarà formato da un bulbo realizzato al di sotto delle fondazioni del muro e da una testa ancorata alla sommità del muro con una piastra, dadi di bloccaggio e di pretensionamento. La parte sommitale della muratura, che dovrà ospitare la piastra di ripartizione, dovrà essere opportunamente consolidata tramite la messa in opera di una base realizzata con malta di calce eminentemente idraulica così da evitare, soprattutto in murature non perfettamente connesse, danni legati alla precompressione indotta dal tirante su tutta la parete. Per la messa in opera dei tiranti verticali si dovrà ricorrere a delle macchine perforatrici a rotazione potenti, tali da consentire l'esecuzione di fori precisi e di enorme lunghezza. La procedura in questo caso prevedrà: la preparazione dei fori di alloggiamento del tirante tramite sonda a rotazione provvista di punta diamantata per un diametro variabile in ragione della tipologia di muratura, della consistenza del materiale e del tipo di tirante (generalmente sarà sufficiente un diametro di 45-80 mm); messa in opera del tondino e del trefolo in acciaio spingendolo sino al disotto delle fondazioni; iniezione di malta eminentemente idraulica in modo da formare il bulbo di ancoraggio del tirante; messa in opera delle piastre di ancoraggio (a farfalla o a rondella fissate con dadi all'estremità filettata del tirante). Una volta avvenuta la presa del bulbo di ancoraggio si potrà procedere alla messa in tensione del cavo (con martinetto idraulico o a mezzo cavo avvitato alla testa filettata del tirante), la tensione si otterrà mediante chiave dinamometrica applicata sui dadi di serraggio. A tensione avvenuta dovrà essere immessa all'interno del foro che contiene il tirante della boiacca di malta a base di calce idraulica naturale NHL 3,5, così da assicurare una buona aderenza tra il cavo e la muratura.

7.2. Consolidamento con tiranti aderenti alla muratura

Nei casi in cui il tirante orizzontale non potrà essere inserito all'interno del solaio poiché strutturalmente fatiscente, sarà opportuno posizionarlo, sempre al livello del solaio ma sul suo intradosso in adiacenza ai muri trasversali (il tirante potrà

essere inserito in scanalature ricavate nella muratura così da non renderlo visibile). L'intervento procederà con la localizzazione dei fori da realizzare sui setti che dovranno accogliere il capochiave al fine di consentire il passaggio del tirante; il foro dovrà presentare un diametro, se non diversamente indicato dagli elaborati di progetto, di 30-80 mm realizzato con trapano a sola rotazione con corona diamantata, escludendo qualsiasi azione di percussione. Eseguiti i fori si procederà alla messa in opera del tirante (la cui sezione potrà essere circolare, quadrata o piatta) avendo cura di farlo uscire all'estremità per circa 15 cm (anche in questo caso le due parti che fuoriusciranno dovranno presentarsi opportunamente filettate) e delle piastre di ripartizione messe in opera sulle pareti esterne (seguendo le modalità descritte nell'articolo inerente i tiranti trivellati inseriti nella muratura orizzontalmente). L'operazione procederà con la tesatura del tirante tramite i dadi (interposti dalle rosette) che potrà essere realizzata sia a freddo (utilizzando una chiave dinamometrica seguendo la procedura indicata nell'articolo inerente i tiranti trivellati inseriti nella muratura orizzontalmente) che a caldo. Nei casi in cui le piastre esterne, a lavoro ultimato, non potessero essere più ispezionabili (affogate all'interno della muratura, intonacate ecc.) queste dovranno essere rese solidali con il tirante che, in questo caso, si comporrà di due parti unite da un manicotto filettato necessario per effettuare il tiraggio del cavo a freddo. L'utilizzo di manicotti intermedi sarà necessario anche nei casi in cui i tiranti risulteranno particolarmente lunghi.

Specifiche

Il tiraggio dei tiranti potrà essere realizzato anche a caldo ovvero, una volta posto in opera il cavo e forzate leggermente le zeppe di contrasto con i capichiave, si effettuerà un preriscaldamento (mediante l'ausilio di fiamma ossidrica o con una fiaccola a benzina) nel tratto centrale; il cavo si allungherà per effetto termico; una volta raggiunta la lunghezza indicata da progetto, si inserirà il sistema di bloccaggio all'estremità dopodiché, bloccando gli ancoraggi, il tirante svilupperà la sua tensione raffreddandosi.

I tiranti orizzontali messi in opera sulle pareti più lunghe dovranno essere applicati leggermente sopra quelli che corrono sulle pareti più corte; inoltre, in presenza di solai sfalsati, i tiranti orizzontali dovranno essere posizionati a metà tra i due. La piastra di ancoraggio potrà essere sostituita da una piastra armata spessa e larga incassata e ammorsata all'interno della muratura. Per maggiori specifiche riguardanti le miscele da iniezione si rimanda a quanto detto all'articolo specifico sulle iniezioni di miscele leganti.

8. Consolidamento mediante tiranti antiespulsivi

In presenza di pareti caratterizzate da paramenti in parte o totalmente scollegati tra loro (muratura a sacco o a paramenti accostati e non connessi) che presenteranno degli spanciamenti o delle deformazioni, si potrà ricorrere all'uso dei tiranti antiespulsivi. La tecnica d'intervento sarà indirizzata al ripristino della continuità trasversale della muratura, ricorrendo all'inserimento di barre metalliche, passanti, ancorate mediante piccole piastre bullonate alle facce esterne della muratura. L'intervento potrà essere reversibile, poiché non prevedrà l'utilizzo di materiali leganti per fermare la barra ma, allo stesso tempo, per la sua immediata connotazione sulla parete, sarà opportuno limitarlo nella quantità evitando così un'eccessiva alterazione della configurazione superficiale della parete. L'effettiva efficacia dell'intervento sarà strettamente connessa alla natura ed alla qualità della muratura su cui si opererà il consolidamento, così come le singole fasi operative varieranno in relazione al singolo caso specifico. Le fasi esecutive consteranno in: realizzazione dei fori (se non diversamente indicato dagli elaborati di progetto potrà essere sufficiente realizzare una perforazione ogni metro quadrato di parete) mediante l'utilizzo di trapano a sola rotazione e non a percussione poiché potrebbe aggravare il dissesto della struttura, utilizzando una punta da 20-25 mm, i fori dovranno essere eseguiti in punti ottimali per l'ancoraggio dei tiranti (la superficie in quelle zone dovrà presentarsi sufficientemente piana così da consentire la buona aderenza della piastre); asportazione dal foro di eventuali detriti ed introduzione del tirante (16-20 mm) in acciaio inossidabile con le estremità filettate che fuoriescano dalla muratura (circa 4-5 cm) tanto da consentire il facile bloccaggio; inserimento delle piastre (con un diametro dimensionalmente rapportato al tipo di murature sulla quale dovranno insistere, ad esempio, su una muratura mista 80-100 mm) che bloccheranno i tiranti su entrambe le contrapposte pareti; infine, il serraggio della barra avverrà mediante bullonatura in acciaio (utilizzando, se esplicitamente richiesti dalla D.L., bulloni ciechi) allo scopo di riuscire ad attribuire una modesta pre-sollecitazione alla barra.

Avvertenze

Si ricorda che la realizzazione di eventuali piccoli scassi sulla muratura, al fine di nascondere in parte le piastre, saranno sconsigliati poiché potrebbero ridurre l'efficacia dell'intervento.

9. Consolidamento mediante diatoni artificiali

Al fine di consolidare, e legare trasversalmente murature sconnesse, si potrà procedere introducendo all'interno della struttura elementi artificiali (diatoni), di forma cilindrica messi in opera all'interno di fori realizzati mediante l'uso di una carotatrice. La messa in opera di questo tipo di risoluzione potrà essere fatta anche su murature di qualità molto scadente poiché non genera alcuna presollecitazione; la quantità dei diatoni da introdurre all'interno della muratura sarà connessa alla consistenza della muratura stessa. La procedura prevedrà: realizzazione dei fori (15 cm) mediante l'uso di una sonda a rotazione, fissata alla muratura in modo da realizzare forature perfettamente orizzontali localizzate in modo da non arrecare ulteriori danni alla struttura (da evitare parti particolarmente fragili esteriormente); l'armatura del diatono verrà realizzata tramite un traliccio a spirale in acciaio inossidabile (AISI 304L o 316L) o passivato (5-6 barre 8 ed eventuale staffa 4-6 a spiarle) tagliato in base allo spessore della muratura da consolidare, inserito all'interno del foro (ricorrendo all'uso di opportuni distanziatori per meglio posizionarlo) e collegato con il controtappo (munito di foro per garantire l'iniezione della malta e dotato di ferri

longitudinali della lunghezza di 10 cm) tramite legatura o saldatura; su entrambe le pareti, le zone adiacenti al foro dovranno essere sigillate mediante stuccatura in modo da ovviare l'eventuale fuoriuscita della miscela che verrà iniettata, avendo cura di lasciare una piccola fessura nella parete dove avverrà l'immissione della miscela così da consentire il passaggio dell'aria; infine l'intervento terminerà con l'iniezione, tramite una leggera pressione all'interno dell'armatura, di malta fluida (per maggiori delucidazioni al riguardo si rimanda all'articolo inerente le iniezioni di miscele leganti).

Specifiche

Questa tecnica risulterà adatta per sopportare sollecitazioni di origine sismica grazie al collegamento monolitico che si verrà a creare tra le due facce del muro.

10. Cerchiature in acciaio di aperture e vani in murature portanti

La procedura avrà come obiettivo quello di eseguire una cerchiatura con lo scopo di realizzare un'apertura a strappo in una muratura portante senza compromettere la stabilità delle strutture originali. Sarà necessario, in ogni caso, procedere con cautela, considerando l'intervento in modo accurato al fine di evitare possibili lesioni di assestamento.

Dopo aver posto in opera elementi provvisionali, allo scopo di forzare staticamente i solai che si appoggeranno sulla muratura oggetto di intervento, si eseguiranno le aperture verticali in corrispondenza delle mazzette, appoggi della struttura di architrave. All'interno della muratura esistente, saranno inseriti due piedritti costituiti da uno o più profilati metallici (in genere profili a doppio "T" Fe 360 o Fe 430) a seconda dello spessore della muratura ed, in ogni caso scelti seguendo le disposizioni di progetto o indicazioni della D.L. (ad es. HEA 140), ancorati mediante spillature perimetrali sagomate ad "L" e saldati a caldo al montante in oggetto; questi ancoraggi saranno costituiti da barre in acciaio ad aderenza migliorata Fe B 44 K (ad es. 4 □ 14/300 mm) inghisate, (con malta a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 a ritiro compensato e con buone caratteristiche di aderenza), in perfori di diametro 24 mm, eseguiti con strumento a sola rotazione, di lunghezza ed inclinazione variabili (in ogni caso non inferiori ai 200 mm), intervallati ogni 50-60 cm o secondo indicazioni della D.L., constatate sul posto le reali condizioni delle murature.

In alternativa ai piedritti d'acciaio potranno essere messi in opera delle spallette in muratura migliorata (per tutto lo spessore della muratura e di lunghezza minima pari a tre teste) in mattoni pieni allettati con malta a base di leganti idraulici (tipo calce idraulica naturale NHL 5) seguendo la tecnica dello "scuci e cuci" a piccoli tratti fino a sostituire la vecchia struttura con una nuova. Le nuove spallette dovranno essere correttamente ammorsate alla muratura (un adeguato numero di morse sarà di circa una ogni cinque filari) da mantenere e, allo stesso tempo, creare il paramento verticale sui lati interni dell'apertura lungo la quale, procedendo in aderenza, si effettuerà lo strappo della muratura da demolire. I nuovi piedritti dovranno, inoltre, essere fasciati da rete in acciaio elettrosaldata, fissata a mezzo di chiodature, (ad es. □ 5-6 mm con maglia 100x100 mm) per una lunghezza pari a circa 50-60 cm allo scopo di migliorare l'ancoraggio alla muratura esistente.

Di seguito si eseguirà la prima traccia orizzontale sulla muratura (la scelta di utilizzare due profilati accoppiati è dettata, principalmente, da esigenze esecutive) al fine di ospitare il primo profilato metallico (la sezione della trave potrà essere composta, a seconda della luce, del carico e dello spessore del muro di due o più profilati del tipo IPE o HE) che appoggerà su piastra in acciaio, di dimensioni variabili (ad es. con profilato HEA 140 montato su muratura di 45 cm, la piastra avrà dimensioni 140x450x10 mm), saldata sulla sommità dei montanti. Il profilato sarà messo a contrasto con la muratura sovrastante mediante zeppe e/o cunei di ferro o spezzoni di lastre d'ardesia in modo da imprimere al ferro una freccia preventiva. Allorché l'architrave sia di lunghezza notevole e tra l'estradosso del profilato ed il solaio soprastante vi sia sufficiente altezza, la freccia preventiva si potrà ottenere con l'ausilio di un martinetto idraulico (previa interposizione di una piastra metallica tra muratura e martinetto) alloggiato in un opportuno vano ricavato sopra la trave. Effettuata la messa in opera del primo elemento in acciaio s'interverrà, sul lato del muro opposto, seguendo la medesima procedura per mettere in opera il secondo. Eseguita l'architrave si potrà demolire la porzione centrale di muratura e si collegheranno i profilati per mezzo di chiavarde (ad es. □ 16 mm), inserite in fori corrispondenti eseguiti prima della messa in opera, distanziate da circa 140-150 cm una dall'altra partendo dagli appoggi.

Il vuoto tra le due ali esterne dei profilati, riempito con tavelline in cotto murate con malta a base di leganti idraulici, potrà essere colmato, a seconda delle specifiche di progetto o indicazioni della D.L. con muratura di mattoni pieni, o calcestruzzo di cemento confezionato con inerti sottili, utilizzando come cassaforma a perdere un piano di tavelle posate sulle ali inferiori interne; il getto sarà eseguito mediante fori praticati lateralmente al di sopra dell'estradosso delle travi. Successivamente si eseguirà la messa in opera del traverso inferiore costituito da un piatto in acciaio di dimensioni variabili con uno spessore minimo di 10-12 mm (ad es. 2200x450x15 mm) che dovrà essere, anch'esso, saldato a caldo con cordoni angolari al telaio sovrastante.

Specifiche

Al fine di proteggere i profilati metallici sarà consigliabile trattarli con apposita boiacca passivante anticarbonatante (per maggiori dettagli si rimanda agli articoli riguardanti il ripristino di opere in c.a.), inoltre per migliorare l'aggrappaggio dell'intonaco sarà consigliabile fasciare la cerchiatura con rete in acciaio elettrosaldata a maglia stretta (ad es. □ 3-4 mm con maglia 50x50 mm) per una lunghezza pari a circa 60-80 cm.

In caso di cerchiatura mista, ovverosia con spallette in muratura migliorata ed architrave d'acciaio, sarà obbligatorio ammorsare efficacemente i profilati nella muratura esistente pari a circa una volta e mezzo lo spessore del muro. Nel caso l'architrave dovesse sostenere elevati carichi, si inseriranno delle alette di irrigidimento saldate con cordoni d'angolo.

Le aperture a strappo non dovranno essere eseguite in strutture murarie con quadro fessurativo avanzato, in presenza di uno stato conservativo dei materiali pessimo e in quelle che, pur essendo in discrete condizioni, fossero di sostegno ad altre strutture malmesse; fermo restando che non sia previsto un preventivo restauro delle strutture generale quanto accurato. Le sezioni delle architravi dovranno essere scelte calcolando le sollecitazioni a flessione e taglio e le frecce di inflessione di due unità accoppiate e i vincoli di estremità dovranno essere considerati come semplici appoggi.

In presenza di murature di elevato spessore con possibilità di caduta di materiale intermedio fra i paramenti sostenuti dalle travi potranno essere messi in opera, previa esecuzione di fori subito sopra l'estradosso delle stesse, dei monconi di profilati ad "U" appoggiati sulle ali superiori delle travi riempiendo i vuoti con malta a ritiro controllato.

ART. 13 – CONSOLIDAMENTO CEMENTO ARMATO

1. Generalità

Prima di mettere in pratica i protocolli di consolidamento sarà opportuno seguire delle operazioni e delle verifiche indirizzate alla conoscenza dell'unità strutturale oggetto d'intervento (trave, pilastro, soletta ecc.); queste operazioni creeranno le condizioni atte a garantire la corretta esecuzione e la conseguente efficacia dell'operazione di ripristino. L'adesione tra la superficie originale e quella di apporto dipenderà molto dall'adeguata preparazione del supporto, operazione alla quale si dovrà porre molta attenzione dal momento che si rivela fondamentale per assicurare l'efficacia e la durabilità del ripristino degli elementi in c.a. L'esecuzione delle operazioni preliminari si suddivide nelle seguenti fasi operative.

Asportazione del calcestruzzo degradato

Rimozione di tutto il calcestruzzo degradato e privo di coerenza con il sottofondo asportandolo accuratamente per una profondità che consenta un ripristino di malta di almeno 10 mm di spessore; irruvidimento della superficie dell'intervento (un irruvidimento ideale del sottofondo corrisponde ad una superficie con asperità di circa 5 mm) mediante martellinatura o scalpellatura fino al raggiungimento della parte sana e compatta, meccanicamente resistente; messa a nudo dei ferri d'armatura liberandoli dal calcestruzzo carbonatato. Lo spessore di cls che andrà rimosso dovrà essere pari a quello che, in base alle indagini diagnostiche precedentemente eseguite, risulterà essere ormai penetrato dagli agenti aggressivi, (ad es. cloruro, solfato ecc.) anche se ancora non completamente danneggiato. La superficie in cls dovrà poi essere pulita ricorrendo a sabbiatura a secco, idrosabbiatura, bocciardatura, spazzolatura con spazzola metallica oppure con un getto di vapore d'acqua a 100 °C ad una pressione di 7-8 atm (per specifiche sulle procedure di pulitura si rimanda a quanto descritto negli articoli inerenti le puliture sui materiali lapidei) così da asportare gli eventuali residui di precedenti interventi non perfettamente aderenti come tracce di grassi, oli, vernici superficiali, polvere ed ogni tipo d'impurità.

Pulizia dei ferri di armatura

I ferri d'armatura a vista dovranno essere puliti allo scopo di asportare polvere e ruggine; l'operazione potrà essere eseguita mediante spazzolatura con spazzole metalliche o sabbiatura in funzione del livello di degrado raggiunto e, comunque, fino ad ottenere una superficie perfettamente pulita e lucida, cioè fino a "metallo bianco".

Specifiche sul copriferro

La superficie dell'armatura resistente dovrà distare dalle facce esterne del conglomerato di almeno 8 mm nel caso di solette, setti e pareti e, di almeno 20 mm, nel caso di travi e pilastri. Le suddette misure dovranno essere incrementate e portate fino ad un massimo di 20 mm per le solette e 40 mm per travi e pilastri, in presenza di salsedine marina ed altri agenti particolarmente aggressivi. Copriferri maggiori richiederanno opportuni provvedimenti intesi ad evitare il distacco dal supporto (ad es. reti metalliche zincate a maglia stretta □ 3/50x50 mm). Le superfici delle barre dovranno essere mutamente distanziate in ogni direzione di almeno un diametro delle barre medesime e, in ogni caso, non meno di 20 mm. Per le eventuali barre non circolari si dovrà considerare il diametro del cerchio circoscritto.

2. Ricostruzione di copriferro

La procedura di restauro corticale sarà rivolta a strutture in elevazione, frontalini, sottobalconi, aggetti di gronda, marcapiani, parapetti ecc. ed, in genere, avrà come obiettivo, la ricostruzione del copriferro (dovuto al distacco di materiali causato da lesioni capillari, fessure, sbrecciature, ossidazione delle armature ecc.) con il conseguente ripristino della sezione resistente originaria. Previa esecuzione delle operazioni preliminari il protocollo d'intervento si suddividerà nelle seguenti fasi operative:

Eventuale posizionamento di rete elettrosaldata

Ove richiesto da specifiche di progetto od indicazioni della D.L., si procederà alla messa in opera di rete in acciaio elettrosaldata Fe B 38 K in acciaio zincato (per spessori di malta fino a ca. 25 mm) applicata direttamente sul sottofondo ed ancorata con chiodi, ovvero connettori (in caso di ripristino di superfici ampie minimo 6 □ 6/m²) in modo da garantire un copriferro di almeno 10 mm. Nel caso di spessori di malta maggiori di 50 mm (fermo restando il copriferro di almeno 10 mm) la rete dovrà essere applicata mediante connettori-distanziatori, in modo che non sia a diretto contatto con il sottofondo (ma disposta simmetricamente nello strato di malta) così da consentire di "utilizzare" al massimo l'azione di contrasto della stessa nei confronti dell'espansione della malta. In alternativa alla rete elettrosaldata si potrà utilizzare una rete in polipropilene (PP) bi-orientata a maglia quadrangolare prodotta per estrusione e sottoposta a processo di stiro a temperatura controllata nelle due direzioni (caratteristiche medie: totale inerzia chimica, maglia 30x40 o 50-70 mm, peso unitario 140-250 g/m², resistenza a trazione long. 9,3-15 kN/m, resistenza a trazione trasv. 17-22 kN/m, allungamento > al 10% in entrambe le direzioni). Spessori di malta inferiori ai 15 mm potranno essere applicati anche senza rete elettrosaldata, purché il contrasto all'espansione della malta sia assicurato dalle asperità (ca. 5 mm) del sottofondo in calcestruzzo.

Il diametro e la maglia della rete, saranno stabiliti dagli elaborati di progetto, in ogni caso sarà preferibile utilizzare reti con diametro ridotto (2-3 mm) a maglie strette (massimo 50 mm). Per quanto riguarda i connettori dovranno essere evitati quelli a fissaggio meccanico con espansione se non in presenza di calcestruzzo di elevata qualità.

Bagnatura del supporto

Prima dell'applicazione dei prodotti per il ripristino e solo nel caso in cui non sia stato impiegato il vapore per la pulizia del sottofondo, questo dovrà essere bagnato fino a saturazione, evitando comunque veli o ristagni di acqua sulla superficie che potranno essere rimossi mediante aria compressa o stracci; lo scopo sarà quello di ottenere un sottofondo saturo di acqua a superficie asciutta.

Protezione dei ferri dell'armatura

La protezione dell'armatura avverrà mediante l'applicazione a pennello di una mano di boiacca passivante anticarbonatante, reoplastica-pennellabile realizzando uno strato continuo di almeno 1 mm. Il prodotto potrà essere monocomponente, esente da nitrati, da miscelare con sola acqua (quantità variabile tra 0,3 e 0,5 l/kg), o bicomponente (A = miscela di cemento, polveri silicee e inibitori di corrosione, B = polimeri in dispersione acquosa; rapporto tra A e B variabile da 2:1 a 3:1); in ogni caso le caratteristiche minime della boiacca dovranno essere: adesione all'armatura ed al cls > 2,5 N/mm²; resistenza alla nebbia salina dopo 120 h nessuna corrosione, pH > 12; tempo di lavorabilità a 20 °C e 50% U.R. circa 40-60 min, temperatura limite di applicazione tra +5 °C e +35 °C, classe 0 di reazione al fuoco.

Passate minimo 2-3 ore dall'applicazione si procederà alla stesura di una seconda mano per uno spessore di circa 2 mm. L'estensione del trattamento a tutta la superficie in calcestruzzo da ripristinare consentirà di realizzare un promotore d'adesione per la malta da ripristino da applicare successivamente.

Ripristino sezione originaria mediante cazzuola

Passato un minimo di 24 ore dalla posa della seconda mano della boiacca passivante antiruggine e previa scrupolosa bagnatura delle parti di calcestruzzo si applicherà, (premendolo bene sul supporto, cercando di compattare il sottofondo con l'aiuto della cazzuola, spatola od anche di tavolette di legno per gli spigoli più difficili) uno strato (in spessori fino a 25-30 mm in una sola mano) di malta a base di leganti idraulici, fibrorinforzata, a consistenza tissotropica, a ritiro controllato, ad alta adesione con inibitori di corrosione organici, impastata con sola acqua (in ragione di ca. 3,5-4 l di acqua pulita ogni sacco di 25 kg), senza far uso di casseforme fisse (caratteristiche meccaniche minime della malta da ripristino: adesione al cls > 2 N/mm², impermeabilità all'acqua < 15 mm; modulo elastico < 25000 N/mm²; resistenza a compressione dopo 7 giorni > 35 N/mm²; dopo 28 giorni > 40 N/mm²; resistenza a flessione dopo 7 giorni > 4,5 N/mm²; dopo 28 giorni > 7 N/mm²; tempo di lavorabilità a 20 °C e 50% U.R. circa 30-40 min; temperatura limite di applicazione tra +8 °C e +35 °C, classe 0 di reazione al fuoco, inerti costituiti da sabbia silicea con granulometria massima di 2 mm).

In caso di necessità si potrà procedere all'applicazione di strati successivi al primo, (nello spessore massimo di 30 mm per strato), fino al raggiungimento dello spessore necessario comunque non superiore a 100 mm. A posa ultimata, la superficie della malta sarà mantenuta umida per almeno 24 ore irrorandola, se necessario, con acqua nebulizzata, al fine di garantire l'assestamento.

Al fine di regolarizzare eventuali superfici non planari e per ottenere un sottofondo omogeneo per la successiva protezione finale si procederà, a presa avvenuta del materiale per il ripristino, alla rasatura della superficie con idoneo rasante a base di leganti idraulici ed inerti silicei selezionati (granulometria massima di 0,4 mm), da impastare con sola acqua, (in ragione di 1,4 kg/m² per mm di spessore), applicabile con cazzuola americana, in spessori fino a 3 mm per mano. La rifinitura si eseguirà con frattazzo di spugna qualche minuto dopo l'applicazione (caratteristiche meccaniche minime della malta rasante: adesione al cls > 1,5 N/mm²; modulo elastico < 18000 N/mm²; resistenza a compressione dopo 7 giorni > 25 N/mm²; dopo 28 giorni 30 N/mm²; resistenza a flessione dopo 7 giorni > 2 N/mm²; dopo 28 giorni > 5 N/mm²; tempo di lavorabilità a 20 °C e 50% U.R. circa 40-60 min; temperatura limite di applicazione tra +5 °C e +35 °C, classe 0 di reazione al fuoco).

Ripristino sezione originaria mediante spruzzo

In alternativa alla stesura con cazzuola si potrà applicare la malta (con caratteristiche uguali a quelle utilizzata per l'applicazione manuale) a spruzzo con idonea macchina intonacatrice (operazione sicuramente più produttiva ed efficace, soprattutto per il ripristino d'ampie zone) procedendo, immediatamente dopo, con apposita staggia, in modo di rendere più o meno planare la superficie rimuovendo la malta dalle zone di maggior accumulo. Il cls dato a spruzzo (detto anche "gunite" o "spritzbeton") non richiederà aggrappante in quanto l'arricciamento della superficie di contatto sarà garantito automaticamente come effetto del rimbalzo selettivo degli inerti dello stesso materiale spruzzato. Per la buona riuscita della procedura sarà fondamentale un buon grado di rugosità del supporto che sarà stato precedentemente preparato seguendo le procedure descritte nell'articolo specifico.

La malta verrà spruzzata in strati successivi omogenei e sovrapposti dal basso verso l'alto (spessore minimo ca. 20 mm, spessore massimo complessivo ca. 80 mm, spessore massimo per mano ca. 30-35 mm) dopo che lo strato precedente abbia raggiunto un sufficiente grado di maturazione (almeno 60 minuti). In caso di presenza di armatura (si veda il paragrafo specifico) il calcestruzzo sarà spruzzato in due strati successivi, con il primo che non dovrà ricoprire completamente l'armatura. Al fine di evitare la formazione di fessure nel cls, dovute alla troppo rapida essiccazione, si dovrà, necessariamente, mantenere umida la superficie d'intervento mediante l'irrorazione con acqua nebulizzata ovvero coprendola con teli umidi per almeno 48 ore.

Protezione

La protezione finale sarà garantita da una pittura protettiva anticarbonatazione del calcestruzzo (con colore scelto dalla D.L.), a base di copolimeri acrilici e resine sintetiche insaponificabili, con buona permeabilità al vapore acqueo, diluita con acqua (0,4 l di acqua ogni l di prodotto per la prima mano, 0,2 l di acqua per la seconda). Il protettivo dovrà essere applicato su superfici perfettamente asciutte, con due mani, a distanza di non più di 24 ore l'una dall'altra; potrà essere applicato a pennello, o rullo, od irroratrice a bassa pressione in ragione di 0,200 l/m² nelle due passate.

Nel caso in cui le prescrizioni di progetto prevedono il trattamento di protezione anche su superfici non oggetto di ripristino sarà consigliabile, al fine di migliorare l'adesione della "verniciatura" sul supporto di cls, applicare una mano di *primer* specifico utile a garantire l'uniformità d'assorbenza del supporto e maggior durata della protezione finale.

Se gli elaborati di progetto prevedono di lasciare "a vista" la superficie di cemento armato si potrà utilizzare un protettivo (da stendere a pennello od a rullo) impregnante incolore idrorepellente, trasparente a base di miscele di silossani oligomerici in solvente (in ragione di 0,300-0,600 l/m² in funzione dell'assorbimento del supporto). Al fine di determinare il consumo ed allo stesso tempo controllare l'efficacia del prodotto si renderà necessario eseguire un'impregnazione di prova su un campione di superficie di circa 1 m². Il trattamento indurito ridurrà fino al 94% l'assorbimento d'acqua, non altererà significativamente l'aspetto estetico, né la permeabilità al vapore delle superfici trattate conferendo, contemporaneamente, protezione ed insensibilità ai cicli di gelo e disgelo.

Per tutta la durata delle operazioni di restauro e fino ad almeno 72 ore dopo il trattamento di protezione si dovrà proteggere, mediante idonee barriere scelte dalla D.L., la zona d'intervento da eventuali correnti d'aria, piogge, gelo o da irraggiamento solare diretto.

3. Ricostruzione della sezione resistente

L'intervento sarà rivolto ad elementi con funzione strutturale portante come travi, pilastri, architravi ecc. ed avrà, come obiettivo, la ricostruzione della sezione resistente (senza alterarne lo spessore) venuta a mancare a causa del distacco di materiali causato da lesioni capillari, fessure, sbrecciature, svergolamento ed ossidazione delle armature. Con questa procedura si otterrà un efficace recupero della struttura con il solo apporto di malta a ritiro controllato fibrorinforzata.

Previa esecuzione delle operazioni preliminari, compreso il puntellamento dell'elemento strutturale mediante idonei sostegni e ritti regolabili da cantiere ("cristi") l'intervento seguirà il protocollo per il ripristino del copriferro ad eccezione di qualche precisazione.

Rimozione calcestruzzo

Si effettuerà la rimozione del calcestruzzo lesionato per la superficie necessaria alla messa in opera delle armature liberando gli angoli delle staffe esistenti; l'asportazione del cls dovrà, inoltre, estendersi seguendo le indicazioni della D.L., per una fascia superiore ed inferiore d'altezza sufficiente a consentire un adeguato quanto corretto ancoraggio delle barre aggiuntive (lunghezza consigliata pari al doppio dell'interasse delle staffe presenti).

Ricuciture lesioni

Qualora siano presenti lesioni, non passanti, interne al nucleo (spessori limite 0,3-3 mm) dovranno opportunamente essere risarcite seguendo la procedura descritta nell'articolo specifico.

Eventuale posizionamento di nuova armatura

Previo eventuale raddrizzamento delle barre presenti ovvero eliminazione dei ferri longitudinali oramai elasticizzati si procederà, se previsto dalle disposizioni di progetto, alla messa in opera di barre nervate aggiuntive in acciaio inossidabile o zincato Fe B 44 K e ad eventuali staffe sagomate in opera di dimensione e passo (si consiglia ridotto nelle vicinanze delle giunture o dei nodi strutturali) dettate da prescrizioni di progetto (in ogni caso, ad esempio, per le barre dei pilastri non si scenderà al di sotto di un diametro di 12 mm e per le staffe, al di sotto di un diametro di 8 mm). Le barre da giunture non dovranno essere distanti tra loro più di 2 diametri con un minimo di 20 mm; la lunghezza di sovrapposizione dovrà essere almeno (meglio se superiore) di 2 interassi delle staffe, ovvero circa 35-40 volte il diametro della barra posizionata.

Nelle vicinanze dei nodi sarà opportuno che i ferri aggiunti siano passanti da parte a parte; a tal fine sarà necessario effettuare dei perfori di passaggio che successivamente, saranno riempiti con malta priva di ritiro. Sarà, inoltre, opportuno sfalsare gli ancoraggi, ed al fine di migliorare l'efficacia della sovrapposizione, si procederà a "legare" le barre sovrapposte mediante fasciatura, con filo in acciaio di diametro 1-2 mm, lungo la giuntura. Si ricorda che, per migliorare le giunzioni, si potrà ricorrere al confinamento mediante una fitta armatura trasversale (staffe) che avvolga la zona trattata. Saranno da evitare le saldature che, pur presentando un'elevata resistenza, potranno produrre elementi di fragilità puntuale; comunque se si sceglierà questa soluzione (in ragione anche della reale saldabilità dei ferri esistenti con quelli aggiuntivi) si dovranno realizzare saldature a cordoni d'angolo tra i monconi di armature sovrapposte; non si dovranno in ogni caso eseguire saldature di testa.

Nei casi in cui la sezione da recuperare sia superiore ai 40-50 mm sarà consigliabile posizionare una leggera rete elettrosaldata Fe B 38 K in acciaio zincato adeguatamente dimensionata (ad es. 3-4/50x50 mm), in alternativa si potranno utilizzare idonee reti in polipropilene (PP) bi-orientate prodotte per estrusione (caratteristiche medie: maglia 40x30 mm, peso unitario 650 g/m², resistenza a trazione nelle due direzioni 40 kN/m², allungamento > 10%); questa "armatura superficiale" avrà il duplice scopo di "legare" la nuova armatura e fornire un valido supporto al riporto di malta.

In caso di ripristino di parete in cls sarà opportuno armare la nuova camicia con doppia rete in acciaio elettrosaldata Fe B 38 K zincata; il diametro e la maglia della rete saranno stabiliti dagli elaborati di progetto, in ogni caso l'armatura minima sarà composta di reti con diametro 8/300x300 mm e reti con diametro 5/150x150 mm ben ancorate al supporto mediante spillature ad "L" (minimo 6/m²) costituite da barre in acciaio ad aderenza migliorata Fe B 38 K zincato (minimo 6 mm) inghisate in fori (per es., 8 mm) con adesivo epossidico (bicomponente) a ritiro compensato.

Ripristino della sezione

Previa applicazione a pennello di due mani di boiacca passivante anticarbonatante, reoplastica-pennellabile si procederà al ripristino della sezione mediante malta a base di leganti idraulici, fibrorinforzata, a consistenza tissotropica, a ritiro compensato (per le specifiche si rimanda all'articolo precedente).

In caso di restauro d'ampie superfici (spessori compresi tra i 50 e i 100 mm) sarà preferibile sostituire l'applicazione a cazzuola od a spruzzo con getto in cassaforma di betoncino a ritiro compensato (fino allo spessore previsto dalle disposizioni di progetto o indicazioni della D.L.). Prima di effettuare il getto si dovrà spalmare (per uno spessore pari a 1-3 mm) la superficie originale (perfettamente pulita ed asciutta) con apposito aggrappante a base di resina epossidica bicomponente esente da solventi, pennellabile a consistenza limitatamente tissotropica, caratterizzata da un elevato potere adesivo collante (> 3,5 MPa) e da elevate caratteristiche meccaniche a flesso-trazione (> 45 MPa), così da garantire la perfetta continuità strutturale in corrispondenza della ripresa del getto.

Entro le 3 ore successive dalla spalmatura (ovverosia prima che l'adesivo abbia iniziato la polimerizzazione) si eseguirà il getto di betoncino a base di leganti idraulici a ritiro compensato, fibrorinforzato reodinamico (così da essere in grado di costiparsi da solo senza necessitare di vibrazioni); caratteristiche meccaniche medie del betoncino: modulo elastico 27000 N/mm²; resistenza a flessione dopo 28 giorni > 7 N/mm²; resistenza a compressione dopo 28 giorni > 70 N/mm²; tempo di lavorabilità a 20 °C circa 40-60 min; tempi di presa a 20 °C inizio 210-240 min fine 360-390 min. Il getto verrà versato nei casseri, attraverso apposito vano di invito, in modo regolare e, possibilmente, da un solo lato favorendone la fuoriuscita da quello opposto; in ogni caso sarà da evitare l'eventuale getto simultaneo su due lati opposti in modo da impedire che l'aria (sotto forma di macrobolle) venga intrappolata dai due flussi in controcorrente. Il getto dovrà essere casserato per almeno 48 ore. Al fine di ottenere una perfetta stagionatura eludendo la formazione di fessure dovute alla troppo rapida evaporazione dell'acqua d'impatto si potrà ricorrere, a lisciatura terminata (dopo circa 15-30 minuti a seconda delle condizioni ambientali), a specifici agenti anti-evaporanti, da stendere a pennello, rullo o spruzzo a base di resine acriliche in dispersione acquosa ovvero a base di elastomeri poliuretanici a seconda del tipo di protezione prevista dagli elaborati di progetto. Entrambi gli stagionanti serviranno da *primer* per il trattamento protettivo finale che potrà essere steso minimo dopo tre giorni, comunque seguendo le indicazioni di progetto e le specifiche tecniche dei prodotti applicati.

Specifiche sulle casseforme

Le casseforme dovranno essere d'adeguata resistenza, impermeabili, ben ancorate, contrastate (al fine di resistere alla pressione idraulica dell'impasto fluido) e sigillate (con materiali collanti o con stessa malta a consistenza plastica) per evitare perdite di boiacca. Le casserature in legno dovranno, inoltre, essere saturate (specialmente con climi caldi e asciutti) con

acqua per evitare che, per assorbimento, il liquido venga sottratto all'impasto; infine, prima del getto sarà necessario applicare il disarmante per facilitare l'operazione di disarmo del cassero.

4. Iniezioni di resine per sigillatura lesioni

L'intervento sarà mosso dalla necessità di ripristinare un quadro fessurativo di dimensioni medie, non risarcibile con le malte, mediante iniezioni a bassa pressione di materiali (miscele cementizie ovvero resine a base epossidica o poliuretanica) di opportuno modulo elastico e con eccellenti proprietà di aderenza al calcestruzzo ed all'acciaio.

L'impiego di resine, al posto di boiacca cementizia, sarà da preferire in presenza di lesioni localizzate e di modesta entità, in quanto un consolidamento con liquidi polverizzabili si rivelerà più penetrabile e, quindi, più efficiente. In caso di lesioni più consistenti si potrà caricare la resina con micro inerti selezionati (farina di quarzo granulometria 10 mm) con un rapporto massimo di 1:1. Dal momento che le caratteristiche finali delle resine dipenderanno sensibilmente dalle condizioni ambientali (temperatura ed umidità) si renderà necessaria, prima di scegliere la modalità di preparazione, l'analisi delle effettive condizioni ambientali prevedibili nonché, in sede di messa in opera, il continuo controllo delle condizioni stesse.

Previa esecuzione delle procedure preliminari (pulitura superficiale e scarnificatura della lesione) si procederà alla stuccatura superficiale della lesione con pasta a rapido indurimento (al fine di evitare le possibili vie di fuga) e al posizionamento di tubicini in rame o in polipropilene (6-8 mm). Successivamente si procederà all'esecuzione di iniezioni a bassa pressione (2-4 atm) di resine epossidiche (bicomponente) a consistenza fluida, esenti da solventi, a bassa viscosità, (resistenza a compressione 70-80 N/mm²; resistenza a flesso-trazione 90-100 N/mm²; resistenza a trazione diretta 35-40 N/mm²; adesione al cls 3 N/mm²; adesione al ferro 10-15 N/mm²; modulo elastico 3500-4000 N/mm²; tempo di lavorabilità a 20 °C circa 20 min; temperatura limite di applicazione tra +8 °C e +30 °C). L'iniezione avverrà procedendo dal basso verso l'alto (al fine di non creare squilibri nella struttura) fino alla fuoriuscita di resina dal boccaglio appena soprastante, dopodiché si sigillerà il boccaglio inferiore e si continuerà con quello superiore progressivamente fino a che tutta la rete d'iniezione sarà intasata di resina. Tale operazione dovrà avvenire su sottofondo perfettamente pulito ed asciutto, per tale motivo sarà necessario, preventivamente all'iniezione ma successivamente alla perforazione per il posizionamento delle cannule di immissione, pulire in profondità la lesione mediante getto di aria compressa. Le perforazioni (consigliato 8-10 mm con interasse circa 200 mm, potranno essere orizzontali o inclinate), eseguite con sonde a sola rotazione, dovranno essere effettuate lungo l'asse della fessura, interessare gli eventuali nodi delle varie ramificazioni e non dovranno interferire sia con le armature esistenti, sia con eventuali nervature del solaio.

A presa avvenuta (le resistenze finali si ottengono dopo 7 giorni, ma già dopo 24 ore a 20 °C si raggiungono valori pari al 60-70% di quelli finali) si provvederà, secondo le indicazioni della D.L., a rimuovere od a tagliare a filo superficiale i tubicini di iniezione. In presenza di lesioni ramificate si dovrà posizionare il tubicino di immissione in corrispondenza degli incroci delle stesse.

Avvertenze

La tecnica descritta potrà essere utilizzata solo per lesioni di una certa consistenza (circa 3-4 mm); sarà da evitare per micro-lesioni dell'ordine del decimo di millimetro, in quanto l'iniezione potrebbe diventare difficoltosa e richiedere pressioni di esercizio elevate con conseguente esito incerto e possibilità di effetti negativi difficilmente controllabili sulle zone di struttura fessurate. In questi casi, pertanto, sarà consigliabile non fare affidamento sul completo ripristino della continuità del manufatto lesionato ma solo su una percentuale cautelativa che tenga presente questo "difetto".

5. Consolidamento con materiali compositi (FRP)

L'intervento sarà rivolto a tutte quelle strutture in elevazione (travi, pilastri, solai ecc.) che non risultino essere più idonee a sopportare gli sforzi di trazione o di taglio per cui sono state progettate. L'intervento avrà, pertanto, come obiettivo quello di incrementare la sezione resistente mediante placcaggio o fasciatura esterna con lamine o nastri di materiale composito così da ottenere un incremento della capacità ultima.

Questa tecnica è, in qualche modo, analoga a quella del *béton-plaqué* ma presenta, in confronto a questa, numerosi vantaggi:

- alte prestazioni meccaniche in rapporto al modesto peso;
- grande flessibilità con conseguente facilità di messa in opera anche su superfici sagomate;
- elevata durabilità, resistenza agli alcali ed agli agenti atmosferici;
- a parità di prestazione i materiali FRP richiedono spessori ridotti (spessore circa 1-2 mm);
- l'anisotropia del materiale consente di dosare ed indirizzare il rinforzo solo dove realmente richiesto.

5.1. Placcaggio mediante lamine in FRP

L'intervento, che utilizzerà lamine pultruse in fibra di carbonio (di dimensioni variabili da un minimo di 50x1,2 mm a 120x2 mm) inglobate in una matrice epossidica con superficie di incollaggio ad aderenza migliorata, sarà applicabile allorché occorra

effettuare un rinforzo strutturale di unità inflesse (per es. travi, solai, elementi a sbalzo ecc.), la riduzione delle deformazioni (frecce) sotto carico, l'aumento della portanza, o, nel caso di insufficiente capacità portante dovuta a nuova destinazione d'uso ed, infine, per il rinnovo della trasmissione delle tensioni arrestate da stati fessurativi. La procedura operativa seguirà le seguenti fasi di lavoro:

– pulizia delle superfici in cls oggetto di intervento mediante sabbiatura o energica spazzolatura con spazzole metalliche;
– eventuale ricostruzioni di volumetrie mancanti mediante malta a consistenza tissotropica, a ritiro compensato, ad alta resistenza;
– applicazione di *primer* a base di resina epossidica fluida a bassa viscosità esente da solventi da stendere a pennello od a rullo (lavorabilità a 20 °C 480 min, temperatura minima di applicazione 10-12 °C, indurimento al tatto a 20 °C 16-18 h) al fine di migliorare l'efficacia d'aggrappaggio al supporto del sistema FRP;
– stesura, mediante spatola dentata, di adesivo a base di resina epossidica, bicomponente, a consistenza tissotropica, priva di solventi da applicare su supporti con umidità inferiore 4% e temperature tra +10 °C e 35 °C (adesione al cls > 5 MPa, resistenza a trazione 31 MPa, modulo elastico 6500 MPa, lavorabilità a 20 °C ca. 60 min) sulla faccia della lamina (precedentemente pulita con apposito solvente o, in alternativa, con acetone o diluente al nitro) e sul supporto a spessore millimetrico (consigliato 1-3 mm);
– posizionare la lamina (modulo elastico 120-300 GPa, resistenza a trazione 2500-3000 MPa, allungamento a rottura 1,2-1,7%) sulla superficie e premere con rullo di gomma esercitando una pressione costante, muovendo lo strumento nei due versi al fine di permettere la fuoriuscita, lungo i bordi della lastra, dell'adesivo in eccesso;
– asportare la resina in eccesso, pulire la lamina e, se necessario, "puntellarla" fino a completa polimerizzazione dell'adesivo. Evitare assolutamente l'irraggiamento diretto delle lamine in esercizio, in tal caso proteggere la lamina, una volta completata la fase di indurimento iniziale della resina, con applicazione a rullo o a pennello di protettivo pellicolare, a base di elastomeri puliuretanici, resistente ai raggi UV.

Nel caso di placcaggi d'elementi soggetti a sollecitazioni flessionali (ad es. placcaggio di trave in zona tesa) si dovrà porre particolare attenzione all'eventuale fenomeno di distacco delle lamine che dovrà essere impedito mediante idonei dispositivi di ancoraggio posizionati all'estremità delle stesse. Questi ulteriori rinforzi potranno essere realizzati, se non altrimenti specificato dagli elaborati di progetto, tramite fasciature trasversali con nastri in FRP i quali aumenteranno la resistenza a taglio dell'elemento inflesso.

Per maggiori dettagli sulle fasi operative e/o su specifiche tecniche inerenti l'applicazione dei materiali compositi si rimanda alle procedure descritte agli articoli sul consolidamento di volte in un tessuto o in bassa muratura con FRP e sulla cordolatura mediante applicazione degli stessi.

ART. 14 – CONSOLIDAMENTO SOLAI

Premessa metodologica

La peculiarità di ogni intervento indirizzato alla conservazione di un manufatto deve essere quella di riuscire ad "armonizzarsi" con l'esistente. Deve correlarsi, relazionandosi strettamente all'unicità e particolarità dello stato di fatto e, per questo, quando si tratta di adottare la risoluzione tecnologica è opportuno tenere presente due fattori predominanti: la comprensione della struttura e l'obiettivo finale prefisso. Nel caso di recuperi di strutture lignee "ordinarie" le tipologie di intervento sono diverse e si distinguono, per metodologia, da quelle indirizzate al restauro di strutture lignee di elevato valore storico-culturale.

Il valore relativo attribuito alle prime rende difficile delineare i tratti salienti dell'intervento che, in conformità a quanto è stato enunciato, dovrà escludere sia operazioni sommarie, od eccessivamente drastiche, sia operazioni troppo sofisticate che richiederebbero un considerevole supporto tecnico ed economico. Con l'intenzione di agevolare la scelta della risoluzione più appropriata verranno di seguito illustrate una gamma di metodologie operative esclusivamente pensate, nello specifico, per il recupero di solai lignei presenti in manufatti appartenenti all'edilizia storica minore.

Le procedure elencate mirano a restituire alla struttura la sua effettiva efficienza statica ricorrendo, se necessario, anche all'apporto di congegni aggiuntivi. I criteri e gli obiettivi da raggiungere sono quelli di rispetto e conservazione della struttura originaria, dei materiali e dell'apparecchio murario pur nell'inevitabile mutazione costruttiva e manutentiva. Il restauro-consolidamento di un orizzontamento si compie riparando le orditure principali e secondarie, eventualmente ammalorate, recuperando le capacità residue nei limiti indicati dal progetto, di resistenza e di rigidezza, affinando le connessioni tra le parti componenti il solaio e quelle relative dell'unità costruttiva, aumentando la resistenza e la rigidezza residue della struttura con nuovi dispositivi opportunamente applicati, riattivando o migliorando i collegamenti originari, ricercando una più valida connessione con gli altri sistemi strutturali presenti, nell'economia generale dell'edificio. L'aumento performante potrà risultare efficiente solo se i dispositivi aggiunti e la struttura originaria del solaio, nella complessa articolazione dei suoi vari componenti, sono realmente resi solidali e collaboranti.

Le diverse soluzioni menzionate (acciaio e laterizio) sono circoscritte alla categoria di solai lignei e di quelli a voltine; sono tutte in grado di rispondere ad esigenze specifiche tra le quali: capacità di irrigidire la struttura consolidandola evitando sostituzioni arbitrarie, non essere eccessivamente invasive rispettando la conformazione esistente, facilità di comprensione ed esecuzione da parte delle maestranze e costi consoni al caso. Dovrà essere incoraggiata la pratica per cui ogni tipologia di

intervento sia sempre preceduta e supportata da tutta una serie di verifiche preliminari sulla resistenza meccanica del materiale ed il suo relativo stato conservativo.

Se queste analisi dovessero rilevare che le membrature lignee, a causa delle esigue e/o insufficienti sezioni o del sopraggiunto degrado (e relativa debilitazione) del materiale, non risultassero più in grado di assolvere il loro compito e le notevoli deformazioni o frecce di inflessione non permettessero più un recupero dell'unità strutturale, non resterà che la sostituzione integrale. Si ricorda che in caso di sostituzione questa dovrà essere operata in riferimento ad analisi accertate e non, come spesso accade nella pratica, su sommarie considerazioni visive, in modo così da ovviare l'ingiustificata rimozione di componenti strutturali di interesse architettonico ancora efficienti. La sostituzione degli orizzontamenti lignei, a favore di equivalenti strutture in acciaio o latero-cementizie può implicare (a causa di un diverso peso proprio e di un diverso comportamento statico) gravi sbilanciamenti dell'assetto strutturale globale strettamente connessi, come sovente accade, alla carenza di verifiche strutturali che prendono in esame il comportamento dell'intero organismo.

Le procedure operative di seguito descritte hanno come fine ultimo il consolidamento della struttura mediante accorgimenti di rinforzo che consentono di irrigidirla e, allo stesso tempo, collegarla alle murature perimetrali; il tutto operando in sito, così da non alterare l'assetto statico esistente tra i diversi elementi che compongono il solaio. Lo smontaggio del solaio per eseguirne il consolidamento può implicare il venir meno di un equilibrio strutturale intrinseco esistente tra i singoli elementi assestatisi nel tempo e, per questo, possono insorgere delle complicazioni statiche al momento del rimontaggio perciò gli interventi proposti, al fine di poter ovviare l'insorgenza di simile inconveniente, non prevedono questa operazione.

La comprensione e la conseguente identificazione delle cause intrinseche ed estrinseche del dissesto della struttura, agevola la scelta della tipologia di intervento più consona e, se necessario, consentono di poterla modificare per meglio adeguarla alle problematiche strettamente correlate al caso specifico.

È opportuno tenere sempre presente che gli interventi su strutture lignee presuppongono una vasta conoscenza di tecniche costruttive passate, di leggi della statica e della resistenza dei materiali lignei (che variano secondo le diverse essenze) pertanto, un'attenta analisi dell'oggetto all'interno del suo contesto può agevolare il progettista nella scelta del lavoro da eseguire. Indipendentemente dal protocollo operativo adottato esistono tutta una serie di operazioni preliminari, necessarie ed obbligatorie, che occorre attuare prima di iniziare qualsiasi procedura di consolidamento di strutture lignee.

ART. 14.1 – OPERAZIONI DI CONSOLIDAMENTO SOLAIO IN LEGNO

1. Generalità

Le operazioni preliminari, necessarie ed obbligatorie, che l'operatore dovrà compiere prima di iniziare qualsiasi procedura di consolidamento di strutture lignee orizzontali, sono:

- puntellamento in contromonta (L/300-400) della struttura gravante sugli elementi oggetto di intervento mediante sostegno centrale eseguito con ritti regolabili da cantiere ("cristi");
- rimozione dell'eventuale intonaco dalla fascia delle murature interessate all'intervento, successiva rimozione del pavimento e del relativo sottofondo; accurata pulizia degli elementi lignei da consolidare seguendo le indicazioni fornite dal progetto o prescrizioni della D.L. (pulitura manuale con scopinetti, spazzole di saggina, aria compressa, impacchi evitando, in ogni caso, operazioni troppo aggressive per il materiale), al fine di asportare gli eventuali strati di pittura, vernici, cere, grassi e polveri presenti sulle parti da trattare;
- identificazione delle cause intrinseche ed estrinseche del dissesto della struttura;
- precisa verifica del quadro patologico dei manufatti lignei.

2. Appoggi

Allorché si renda necessario conferire una miglior ripartizione del carico che le travi scaricano sulla muratura si potrà inserire un cuscino di appoggio denominato comunemente dormiente, (o banchina) di base più ampia di quella della trave; potrà essere costituito, a seconda dei casi e delle disposizioni di progetto da: tavola singola (o sovrapposizione di due tavole) di legno massiccio di specie particolarmente dura (es. legno di quercia) spessore minimo 100 mm (larghezza minima = h della trave, lunghezza minima = h trave + 10 cm per parte), uno o più mattoni pieni (spessore 55 mm) disposti per piano o un piatto di acciaio inossidabile Fe 430 di spessore minimo 10 mm. Quest'ultima soluzione è spesso la più utilizzata grazie alla modesta demolizione necessaria per inserire la piastra, è sempre consigliabile inserire tra la trave e la piastra un cuscinetto di neoprene.

3. Irrigidimento mediante doppio tavolato

L'intervento è rivolto ad aumentare l'inerzia della struttura contenendo la freccia elastica; viene, sovente, utilizzato in presenza di strutture complessivamente affidabili dal punto di vista della conservazione dei materiali (tavolato) e del dimensionamento delle parti strutturali (travi) ma che necessitano di un intervento di irrigidimento del piano e del conseguente miglioramento delle caratteristiche di rigidezza. Tecnologia utilizzabile anche in zona sismica unitamente ad altri accorgimenti atti a garantire il collegamento tra solaio e muri perimetrali.

Dopo aver eseguito uno scrupoloso controllo dello stato di conservazione dell'assito preesistente, integrando le eventuali parti deteriorate ed effettuando un'operazione di chiodatura per fermare le parti distaccate, si procederà, previo posizionamento di telo o foglio di materiale isolante e traspirante, a disporre il nuovo tavolato di irrigidimento dello spessore minimo di 30-40 mm, eventualmente ammorsato con incastro a linguetta, tenone o a battuta semplice; si dovrà utilizzare un'essenza meno deformabile di quella originale, ed il materiale dovrà essere perfettamente stagionato (a seconda delle scelte di progetto si potranno utilizzare tavolati di legno di abete o di douglas). Il tavolato dovrà essere aderente a quello esistente ed ordito rispetto a questo in senso ortogonale od incrociato (in diagonale) e collegato (sempre ortogonalmente) con viti autofilettanti di acciaio inossidabile o chiodi inox filettati o scanalati (il diametro e la lunghezza saranno in funzione della specie e dello spessore del legno; in ogni caso la lunghezza varierà dai 150 ai 400 mm e il diametro non sarà inferiore ai 4 mm) e con collanti resistenti all'umidità. In assenza di altre specifiche di progetto la chiodatura sarà eseguita ad angolo retto rispetto al piano (mediante trapani per chiodature oppure manualmente) e fino ad una profondità tale che la testa dei chiodi (di norma pari a 2,5 volte il diametro del chiodo) sia al livello della superficie del nuovo tavolato. La spaziatura minima tra i chiodi, senza preforatura nel singolo elemento ligneo, sarà di 10 □ per chiodi □ inferiore od uguale a 4 mm o di 12 □ per chiodi □ maggiore a 4 mm per chiodature parallele alle fibre del legno, 5 □ per chiodature ortogonali alle fibre del legno (l'interasse massimo tra i chiodi posti parallelamente alla fibratura sarà di 40 □ mentre, per quelli infissi ortogonalmente alla fibratura, sarà di 20 □).

I chiodi con diametro inferiore a 6 mm verranno infissi nel legno senza preparazione del foro; per diametri maggiori è opportuno preparare il foro con trapano munito di punta inferiore al diametro del chiodo stesso; per tale motivo è consigliabile utilizzare chiodi con diametro intorno ai 4-5 mm.

In alternativa alle tavole potranno essere utilizzati pannelli di compensato multistrato (dimensioni massime pannello 350x350 cm, spessore minimo consigliato 22 mm, con struttura simmetrica composta da almeno 7 fogli di impiallaccio in pino europeo e abete rosso) per usi strutturali (del tipo bilanciato, ovverosia le direzioni delle fibre saranno ruotate reciprocamente in modo perpendicolare), questi pannelli si collegheranno facilmente ed efficacemente con bordi sagomati a becco di flauto. Il tavolato sarà, infine, ammorsato alle murature perimetrali demolendo l'intonaco corrispondente alla sezione di contatto ed interponendovi cunei di legno duro od altri dispositivi previsti dal progetto. Si dovrà provvedere a livellare perfettamente il nuovo piano, recuperando le eventuali differenze con l'aiuto di idonei spessori, prima della posa in opera della nuova pavimentazione che verrà, preferibilmente, fissata a colla per avere un'efficace posa sull'assito e, allo stesso tempo, evitare la presenza di massetto.

4. Consolidamento mediante sezioni miste

Il dimensionamento e la verifica dei solai misti legno-cls dovrà essere eseguito seguendo un criterio di calcolo che tenga conto della deformabilità della connessione (Eurocodice 5, UNI ENV 1995 e norma DIN 1052 teoria di Möhler).

Nel caso in cui i solai lignei non siano più nelle condizioni di assicurare la portata minima di esercizio, si potranno impiegare tecniche a sezione mista (legno-acciaio-calcestruzzo). Lo scopo principale, oltre a quello di irrigidire ed accrescere la resistenza del solaio, sarà quello di effettuare la coesione legno calcestruzzo in modo tale che la sezione mista, in fase di esercizio, non presenti scorrimenti ed agisca uniformemente. Nel caso in cui il cls e il legno siano a diretto contatto, il connettore (acciaio) lavorerà principalmente a taglio dando vita ad un collegamento molto rigido che potrà trovare il suo limite nell'inevitabile fenomeno di rifollamento del foro. Se, invece, non esisterà un contatto diretto (ad esempio il tavolato sovrastante la trave non viene rimosso) il connettore lavorerà a taglio e a flessione e si realizzerà un collegamento meno rigido dove non saranno esclusi scorrimenti di una certa natura.

Durante le fasi di lavoro e fino a maturazione dei getti di calcestruzzo, sia per la sicurezza sia per ottenere la massima funzionalità, si renderà indispensabile puntellare opportunamente le travi di legno: in tal modo anche i pesi propri verranno sopportati dalla trave composta; sarà, altrettanto, opportuno, quando possibile, imporre alle travi una controfreccia iniziale mediante puntelli supplementari.

Il calcestruzzo utilizzato dovrà obbligatoriamente essere di tipo strutturale, utilizzando come leganti solo ed esclusivamente cementi (ad es. R 32,5 o R 42,5) con Attestato di Conformità (DM 12 luglio 1999 n. 314) ed aggregati silicei; potrà essere alleggerito con argilla espansa o vermiculite espansa di granulometria 1-8 mm (impasto tipo: 3 q cemento R 32,5; 0,40 m³ di sabbia; 1 m³ di argilla espansa), peso massimo asciutto in opera di 1600 kg/m³ (comunque non inferiore a 1400 kg/m³), resistenza media a compressione di 30 N/mm² (in ogni caso non inferiore a 25 N/mm²), classe di lavorabilità (slump) S3 (semifluido) rapporto acqua-cemento □ 0,65, classe 0 di resistenza al fuoco, conducibilità termica media 0,54 W/mK (comunque non inferiore a 0,42 W/mK valore secondo UNI 10351), modulo elastico medio 20000 N/mm² (in ogni caso non inferiore a 15000 N/mm²).

4.1. Connettore inghisato a piolo o a traliccio

Previa verifica sullo stato di conservazione del legname oggetto di intervento il rinforzo della struttura avverrà mediante connettori metallici (tecnica "Turrini Piazza") costituiti da barre tonde di acciaio inossidabile o zincato (quando non specificamente indicato, sarà sufficiente utilizzare Fe B 38 K altrimenti si utilizzerà Fe B 44 K) ad aderenza migliorata per c.a., piegate ad "L" con l'ala (disposta sull'estradosso di lunghezza di circa 60-80 mm) rivolta verso l'appoggio più vicino al fine di contrastare, con la propria resistenza a trazione, le sollecitazioni tangenziali causate dallo scorrimento longitudinale che opera nel piano di contatto legno-cls. In alternativa si potranno utilizzare vitoni tirafondi da legno (DIN 571) di lunghezza di circa 200-300 mm e diametro 10-12 mm da utilizzare da soli o con saldati, ortogonalmente, degli spezzoni di tondo liscio da cemento armato lungo circa 100-150 mm.

La prima operazione sarà quella di regolarizzare i travicelli ovverosia si taglieranno le loro estremità poggianti sulla trave lasciandone l'appoggio di 3-4 cm per ogni lato della trave dopodiché si procederà all'eventuale nuova chiodatura della struttura secondaria alla trave ed infine, per contenere lateralmente la fuoriuscita del getto, se il soffitto non è munito di apposite bussole (copripolvere o metope), si provvederà mettendo in opera delle tavolette verticali ovvero delle mezzane in cotto tra gli elementi dell'ordito secondario fino alla quota dell'estradosso del tavolato o dello scempiato di pianelle.

Compiute le operazioni preliminari si procederà, tramite un trapano, a praticare dei fori secondo le profondità (di norma circa i 2/3 della altezza della trave e comunque non inferiori a 10 □ mm del connettore scelto); le inclinazioni (di norma perpendicolari all'asse della trave ma sarà possibile compiere anche perforazioni inclinate), il numero e le posizioni saranno quelle prescritte dagli elaborati di progetto. Seguirà l'aspirazione dei trucioli dal foro, l'iniezione con resina e l'inserimento immediato del connettore. I fori di diametro di circa 14-18 mm (□ consigliato = □ connettore + 2-4 mm) e i conseguenti connettori (□ 10-12-14 mm) dovranno essere disposti più ravvicinati nelle sezioni limitrofe agli appoggi, dove gli scorrimenti sono maggiori, e più distanziati nella mezzeria delle travi. Si dovrà tenere presente che, laddove occorrerà inserire connettori molto ravvicinati, (l'interasse consigliato tra i connettori sarà compreso tra gli 8 □ e i 15 □ della barra scelta; tale distanza potrà essere aumentata fino a 30 □ per i connettori autoserranti per ovvi motivi costruttivi) si dovranno posizionare lievemente sfalsati rispetto all'asse longitudinale della travatura per eludere possibili effetti di spacco. Il numero ed il diametro dei connettori dovranno essere calcolati in funzione della forza di taglio, ovvero di scorrimento lungo l'asse geometrico della trave. Se il progetto prevede la possibilità di sollevamento della soletta o si vuole aumentare la rigidezza della connessione è consigliabile posizionare doppi connettori autoserranti (infissi inclinati nei due sensi rispetto al piano longitudinale) così da avere resistenza anche a sforzo normale (*comportamento assiale*).

Dal momento che la pressione del connettore sulla trave, ovverosia di un materiale duro su di uno tenero, può presentare l'inconveniente di allargare ed allentare la sede del connettore (fenomeno di rifollamento) con conseguente diminuzione di solidarietà tra i due elementi i fori di accoglienza dovranno essere sigillati mediante riempimento adesivo epossidico a consistenza tissotropica (caratteristiche meccaniche medie: resistenza a trazione 18-20 N/mm², resistenza a compressione 45-55 N/mm², resistenza a flessione 30-60 N/mm², modulo elastico 4000 N/mm²) costituito da due componenti predosati che dovranno essere miscelati tra loro prima dell'uso (componente A = resina, componente B = indurente). Si ricorda, che, prima di inserire i connettori, dovranno già essere stati posizionati sia la rete in acciaio elettrosaldata Fe B 38 K adeguatamente dimensionata (per es. tondi □ 6 mm e maglia 100x100 mm) sia i teli di polietilene impermeabile all'acqua del cls, ma traspiranti al vapore, per evitare di bagnare il tavolato o le mezzane sottostanti durante il successivo getto. Passate 24 ore dalla sigillatura dei connettori, si effettuerà la gettata della soletta collaborante (seguendo le indicazioni di progetto) per uno spessore minimo di 4 cm. Dal momento che la parte mediana della caldana, tra una nervatura e l'altra, collabora solo per continuità, sarà possibile effettuare un getto con calcestruzzo strutturale alleggerito.

In alternativa al sistema "Turrini Piazza" si potrà utilizzare un connettore continuo (tipo LLEAR®), per tutta la luce della trave, costituito da una barra nervata in acciaio inossidabile o zincato Fe B 44 K, dimensionata seguendo indicazioni di progetto (minimo □ 12 mm), sagomata a zig-zag (con passo di 400 mm) ovvero a greca. Si procederà, prima alla creazione di una scanalatura, (poco profonda sull'estradosso della trave mediante una lama circolare montata su un carrello-guida a doppio binario) successivamente, secondo i disegni di progetto, si approfondirà la fessura (□ circa 14x60 mm) mediante l'utilizzo di sega a catena montata sul medesimo carrello-guida.

Il traliccio (di altezza variabile dai 150 ai 200 mm, con una fuoriuscita superiore di circa 7-10 mm a seconda dell'assito o scempiato presente) sarà inserito all'interno della scanalatura della trave ed a questa solidarizzato mediante una colata di resina epossidica. La procedura si concluderà con il posizionamento di una rete in acciaio elettrosaldata Fe B 38 K adeguatamente dimensionata (per es. tondi □ 6 mm e maglia 100x100 mm) ed il successivo getto della soletta collaborante per uno spessore minimo di 4 cm.

Specifiche sull'acciaio

Per i connettori, in alternativa all'acciaio inossidabile o zincato, si potranno utilizzare barre di acciaio normale preventivamente trattate con boiacca passivante anticarbonatante, reoplastica-pennellabile bicomponente (A = miscela di cemento polveri silicee e inibitori di corrosione, B = polimeri in dispersione acquosa; rapporto tra A e B variabile da 2:1 a 3:1); le caratteristiche minime della boiacca dovranno essere: adesione all'armatura ed al cls > 2,5 N/mm², resistenza alla nebbia salina dopo 120 ore nessuna corrosione, pH > 12, tempo di lavorabilità a 20 °C e 50% U.R. circa 40-60 min.

4.2. Connettore "a secco" avvitato a piolo o a lastra

Al fine di posizionare i connettori a piolo con piastra si potrà procedere tramite due soluzioni: foratura del tavolato esistente tramite una fresa o una sega a tasca (di diametro sufficiente a inserire la piastra, minimo 65 massimo 90 mm), oppure con un taglio del tavolato per creare una fascia continua sull'estradosso della trave; questa seconda soluzione si adotta anche in presenza di scempiato in cotto. Un accorgimento da prendere in caso di solaio a doppia orditura è quello di chiudere, per mezzo di listelli in legno, gli spazi liberi tra i travetti, fino alla quota di estradosso del tavolato, allo scopo di evitare la fuoriuscita del getto.

Il connettore a piolo, che presenta un rigonfiamento della testa per un diametro di circa 18-20 mm, sarà collegato tramite stampaggio e ricalco a freddo alla piastra (spessore circa 4 mm) munita di 4 ramponi agli angoli che si inseriranno nel legno per una decina di millimetri e di 2 fori per il fissaggio alla trave previo posizionamento sul tavolato di telo separatore impermeabile ma traspirante al vapore, (al fine di proteggere il legno dall'assorbimento di acqua ed evitare l'eventuale

percolazione di boiacca nell'intradosso); seguendo le indicazioni prescritte dal progetto o richieste dalla D.L. si posizioneranno i connettori a piolo dal diametro di12 mm in acciaio zincato a freddo (altezza gambo variabile da un minimo di 30 mm ad un massimo di 200 mm), con viti tirafondi (DIN 571) di lunghezza variabile da un minimo di 70 mm ad un massimo di 120 mm ed una rete elettrosaldata di acciaio Fe B 38 k adeguatamente dimensionata (ad es. tondi □ 6 mm e maglia 100x100 mm) munita di distanziatori per consentire il completo avvolgimento della stessa da parte della soletta.

Si procederà, infine, al getto della soletta collaborante con calcestruzzo avente i requisisti richiesti dagli elaborati di progetto ma, in ogni caso, con uno spessore minimo di 4 cm ed una resistenza minima di 250 kg/cm².

In alternativa al connettore a piolo (puntiforme) si potranno adoperare altri connettori (continui) a lastra con profilo ad omega (□) o delta (□) (tipo LPR®) con ali laterali, opportunamente dimensionati come da richiesta dei disegni e calcoli di progetto. Il profilato in acciaio zincato a caldo sarà traforato al fine di permettere la penetrazione del calcestruzzo anche all'interno; come quello a piolo anche questo connettore verrà fissato "a secco" mediante doppie viti mordenti (DIN 571) sull'estradosso della trave (è consigliabile preforare l'arcareccio con punta da 5 mm prima di avvitare le viti); l'operazione di ancoraggio traliccio-trave risulterà, così, estremamente semplice e non necessiterà di manodopera specializzata. Nello spazio libero tra le nervature potranno essere posati pannelli di materiale isolante, con funzione di alleggerimento della caldana in calcestruzzo ed isolamento termoacustico. In caso di messa in opera di tralicci di h 40 mm la soletta avrà un altezza paria a 50-90 mm; se, invece il traliccio sarà di 60 mm la soletta prenderà più consistenza fino ad arrivare ad una altezza di 80-120 mm. Queste lastre dovranno essere alloggiate all'interno di modesti scassi (circa 70-100 mm) eseguiti nella muratura d'ambito; in presenza di solai contigui e complanari si potranno collegare i due orizzontamenti con il medesimo connettore così da garantire, oltre alla resistenza meccanica del singolo, anche la massima continuità strutturale.

Il traliccio con profilo ad omega potrà essere utilizzato anche in presenza di scempiato di pianelle: il traliccio sarà montato a rovescio, gli ancoraggi con viti (DIN 571) saranno più frequenti e verranno posizionati sulla testa del profilo.

5. Consolidamento mediante aumento della sezione portante

Allorché si renda necessario aumentare la sezione portante di una trave in zona compressa è possibile operare mediante il posizionamento, sull'estradosso dei travicelli, di una tavola collaborante, in legno (massiccio, lamellare o multistrato; in caso di utilizzo di legno massiccio si preferiranno essenze più resistenti quali larice e faggio), preferibilmente a tutta luce, di spessore e larghezza dettati da disposizioni di progetto od indicazioni fornite dalla D.L. (in ogni caso non inferiore a 40 mm di spessore per una larghezza minima di 250-300 mm). Questo "piatto ligneo" verrà collegato alla trave principale per mezzo di un'anima costituita da tasselli di legno (massiccio, lamellare o multistrato) di adeguate dimensioni che verranno posizionati nello spazio vuoto tra i travicelli dell'orditura secondaria. La collaborazione tra questi elementi (piatto-anima-trave) verrà fornita da viti autofilettanti di acciaio inossidabile □ 10 mm di lunghezza 250 mm ad interasse di 500-600 mm, o in alternativa da viti □ 8 mm, di lunghezza di 200 mm e disposte su due file.

I vantaggi di un sistema di questo tipo risiedono nei benefici strutturali di una sezione a doppio "T" rispetto a quella rettangolare inoltre, è una soluzione completamente "a secco" la cui messa in opera non produce alterazioni all'intradosso; grazie all'estrema facilità di esecuzione, non necessita di maestranze specializzate (vantaggio di grande importanza con l'aumentare del valore dell'edificio) ed è completamente reversibile.

6. Ancoraggio delle travi alle murature tramite piastre metalliche

L'intervento è consigliabile per strutture di modesta entità.

In linea di massima tutte le travi principali dovranno essere collegate alla muratura, ma in sede di progetto-verifica, si potrà anche stabilire un'alternanza fra travi collegate e quelle che non lo saranno. Si procederà ad eseguire un foro passante, mediante strumento a rotazione, dall'interno verso l'esterno, con asse sul piano, su di una faccia o su di un bordo della trave da ancorare, seguendo le prescrizioni di progetto o indicazioni della D.L.

Il collegamento avverrà per mezzo di piatti di acciaio inossidabile 18/8 AISI 304L dentati, disposti sui bordi o sulle facce per un lato o per entrambi, di sezione (minima 5x80 mm) e lunghezza variabile definite dagli elaborati di progetto. In ogni caso la lunghezza dovrà essere adeguata al fine di poter ottenere un efficace ancoraggio nella muratura e comunque non inferiore agli 80 cm oltre l'estremità della trave d'ancorare. Posizionato l'apparecchio metallico si riempirà il foro mediante calcestruzzo di calce idraulica o altra malta prescritta dal progetto. Le lame potranno essere ancorate all'esterno delle murature tramite delle piastre in acciaio (tenuta in sottoquadro di circa 10-15 cm così da non modificare l'aspetto dell'apparecchio esterno), di dimensioni dettate dai disegni di progetto, comunque non inferiori a 10x200x200 mm (che dovranno poggiare su basi perfettamente spianate con malta di calce idraulica naturale NHL 5), che ospiteranno i capochiavi dei piatti sui quali, precedentemente, sarà stata eseguita un'asola (dim. medie 50x40 mm) di sezione adeguata a ricevere i cunei tenditori (dim. medie 40x50x160 mm).

In alternativa si potrà saldare alle lame una barra filettata, così da poterle ancorare, alle piastre ripartitrici (simili a quelle precedenti) per mezzo di dadi e rosette di acciaio. Il piatto sarà munito, dalla parte della trave, di un rampone da infilare ad incastro nel legno e verrà fissato alla trave tramite tirafondi filettati di acciaio inossidabile □ 10-12 mm, di lunghezza media di 120-150 mm, ad una distanza di circa 150 mm.

Questa tecnica potrà anche essere utilizzata per la controventatura e l'irrigidimento di tutto il piano del solaio. Individuate le diagonali della struttura si procederà all'esecuzione di perforazioni di dimensioni adeguate da permettere il passaggio del tirante. In corrispondenza dei fori di uscita dovrà essere predisposto un piano per l'appoggio della piastra di ancoraggio. Seguendo le indicazioni di progetto il fissaggio dei tiranti alla piastra potrà avvenire o con cunei o con dadi. I tiranti posti in tensione preventivamente saranno collegati a ciascuna trave per mezzo di cravatte metalliche ripiegate ad "U" e bullonate.

7. Ancoraggi dei solai alle murature d'ambito

Il restauro-consolidamento di un solaio dovrà soddisfare, oltre ai requisiti di adeguata resistenza ai carichi previsti dal progetto e di rigidezza trasversale del proprio piano, (al fine di funzionare come diaframma di collegamento e ripartizione tra le strutture verticali) quelli di un efficace ancoraggio e collegamento con le murature perimetrali di supporto del solaio stesso così da poter garantire la corretta trasmissione degli sforzi.

7.1. Cordolo continuo in cemento armato

L'ancoraggio solaio-parete può essere ottenuto in svariate maniere tra le quali citiamo, anche se con numerose riserve, quello che la normativa antisismica prevede, ovverosia l'inserimento di un cordolo continuo in cemento armato adeguatamente dimensionato in ragione della consistenza del muro e delle dimensioni del solaio (di norma 15-20 cm di spessore e altezza non inferiore a quella del solaio) inserito "a strappo" nella muratura. La demolizione potrà essere eseguita tutta in una volta per l'intera lunghezza del muro o per "cantieri" separati a seconda che lo spessore e la tipologia della muratura siano in grado di garantire la relativa stabilità della struttura. Nel caso di un'unica soluzione si metteranno in opera le armature in acciaio nervato Fe B 44 K inossidabile o zincato (di norma 2+2 □ 14-16 mm e staffe □ 8/200-255 mm; in ogni caso l'armatura dovrà essere di almeno 8 cm²) collegandole opportunamente alla rete elettrosaldata della soletta del solaio. Una volta che il calcestruzzo della soletta, precedentemente gettata su tutto lo sviluppo del solaio, avrà raggiunto la necessaria consistenza si provvederà a stendere un'imprimitura nella zona di ripresa del getto e, previo posizionamento di idonea casseratura, si getterà il cordolo.

Nel caso in cui si vorrà realizzare il getto (laddove è consentito) per cantieri alternati si getterà la soletta per tutto lo sviluppo del solaio rimanendo distanti dal perimetro per circa 50 cm; una volta che il calcestruzzo avrà raggiunto la necessaria consistenza si disporrà, nei cantieri aperti (di norma vani di circa 100-150 cm intervallati l'uno dall'altro, comunque, indicati dalle prescrizioni di progetto o dalla D.L.) l'armatura e si effettuerà il getto, nella parte di soletta rimasta, e nei tratti di cordolo; al fine di permettere ai ferri dell'armatura di essere piegati ed inseriti nel cantiere successivo, il getto dovrà essere di circa 30 cm più piccolo rispetto alla lunghezza di ciascun vano. Si ricorda inoltre, che i ferri dovranno avere lunghezza tale da poter essere sovrapposti a quelli del cantiere limitrofo e che l'eventuale rete elettrosaldata della soletta, precedentemente piegata lungo i muri perimetrali, dovrà essere distesa all'interno dei cantieri aperti e collegata alla stessa armatura. Una volta che la resistenza del calcestruzzo lo consentirà, si procederà all'apertura del cantiere adiacente ripetendo la procedura descritta ed effettuando le opportune sovrapposizioni dei ferri. Per le caratteristiche specifiche minime del calcestruzzo si rimanda a quanto già detto per il consolidamento mediante sezioni miste.

Le riserve su questa tecnica fanno riferimento alla tipologia dell'intervento estremamente invasiva nei confronti dell'apparecchio murario che, di fatto, rimuovendo fasce di muratura esistente, introduce un elemento di discontinuità.

7.2. Collegamento discontinuo in cemento armato a coda di rondine

Per le medesime riserve espresse per i cordoli in c.a. saranno poco accettabili anche i collegamenti discontinui in cemento armato (anch'essi ricavati "a strappo" nella muratura) a sezione tronco-conica di altezza generalmente pari a quella del solaio (comunque non inferiore a 25 cm) per una profondità minima di 15-20 cm ed una larghezza, all'estremità della coda, variabile tra i 25 e i 40 cm. Questi cordoli saranno, in ogni modo, dimensionati ed armati seguendo le prescrizioni di progetto; in linea di massima si può indicare un'armatura con tondini nervati Fe B 44 K inossidabili o zincati piegati a "Z" (2+2 □ 14-16 mm e n. 2/3 staffe □ 8-10 mm) sporgenti nella soletta del solaio per una lunghezza minima di 20-25 cm e resi solidali alla stessa mediante saldatura in corrispondenza della rete. L'interasse dei cordoli-ancoraggi potrà variare in relazione alla consistenza ed alla tipologia della muratura, alle dimensioni del solaio ed alle indicazioni di progetto (di norma circa ogni 1,5-2 m). Il getto in calcestruzzo dovrà essere, preferibilmente, eseguito con continuità fra soletta e cordolo, nel caso questo non sia possibile si provvederà a stendere un'imprimitura nella zona di ripresa prima di gettare il cordolo.

7.3. Collegamento mediante lame metalliche a V

Si procede analogamente a quanto detto per l'ancoraggio delle travi alle murature d'ambito ad eccezione di qualche accorgimento:

– le lame di acciaio inossidabile di sezione minima 8x80 mm saranno collegate tramite viti autofilettanti di adeguate dimensioni direttamente sul tavolato per una lunghezza minima di 100 cm;

– i collegamenti saranno più ravvicinati di norma ogni 150-250 cm;

– ogni punto di ancoraggio sarà costituito da due piastre che formeranno tra loro un angolo di 45-60 gradi; queste ultime potranno essere ancorate alle murature esterne o attraverso un tondino metallico filettato saldato all'estremità e fissato con un bullone o attraverso una piastra ripartitrice metallica piegata ed inclinata normalmente alle lame di ancoraggio di dimensioni prescritte dai disegni di progetto (comunque non inferiori a 250x250x200x20 mm).

7.4. Collegamento mediante barre metalliche metodo “grip-round”

L’intervento prevede una spillatura perimetrale con barre di acciaio inossidabile o zincato Fe B 44 K (in alternativa si potrà utilizzare acciaio normale preventivamente trattato con boiacca passivante anticarbonatante) ad aderenza migliorata per c.a. minimo □ 14 mm inghisato in foro □ 24 mm, o □ 16 mm inghisato in □ 36 mm, di lunghezza variabile, intervallate ogni 50-60 cm. La scelta del tipo di armatura sarà in relazione alla consistenza della muratura, alle dimensioni del solaio ed alle disposizioni di progetto. La procedura prevederà la perforazione della muratura con un’inclinazione, rispetto al piano trasversale della muratura, inferiore ai 45°, dopodiché si inseriranno le barre in acciaio nella muratura per una lunghezza minima di 20 cm ed infine si procederà all’iniezione di malta reoplastica a ritiro compensato fibrorinforzata ad alta duttilità o di resina epossidica bicomponente a consistenza colabile, secondo quanto stabilito dagli elaborati di progetto. Si ricorda che la barra dovrà essere sovrapposta alla rete elettrosaldata per una lunghezza non inferiore a 40-60 □ della barra scelta (in ogni caso non inferiore ai 60 cm) e saldata alla rete stessa.

In alternativa alle barre singole si potranno usare anche doppi ferri sagomati ad “U” divaricata (1 +1 □□16 L = 60 cm circa intervallati ogni 2 m) saldati insieme dopo la posa in opera; la base della “U” può essere di circa 30-40 cm mentre, la lunghezza dei bracci è in relazione alla tipologia del muro ed a un’adeguata lunghezza d’ancoraggio. I due gambi della “U” dovranno essere sovrapposti e saldati alla rete elettrosaldata per una lunghezza minima di 40-60 cm. Previa perforazione (con strumento a rotazione) all’altezza dell’estradosso della soletta, con asse sul piano della stessa e per tutto lo spessore della muratura, si posizioneranno i ferri sagomanti, si salderanno insieme e successivamente si sigilleranno con iniezioni di malta reoplastica antiritiro o di resina epossidica bicomponente a consistenza colabile seguendo le prescrizioni di progetto o indicazioni della D.L.

In tutti quei casi dove non verrà messo in opera un cordolo perimetrale continuo, ma solamente collegamenti puntuali dell’orizzontamento lungo la muratura d’ambito, si procederà alla demolizione dell’eventuale intonaco fino al vivo della muratura (per uno spessore minimo di 5 cm) al fine di risvoltare la rete elettrosaldata (per es. tondi □ 6 mm e maglia 100x100 mm) verso l’alto per circa 30-40 cm ed ancorarla alla muratura mediante spillature di acciaio zincato □ 8-10 con lunghezza 50 cm disposte sfalsate; così facendo si realizzerà un “cordolo” di modeste dimensioni (circa 5x30 cm) poco invasivo ma sufficiente a solidarizzare l’armatura del solaio alla muratura.

7.5. Collegamento mediante profilati in ferro

L’intervento prevede l’uso di profilati metallici ad “L” o a “T” Fe 360 o Fe 430 (per es. 60x80x8 mm) di forte spessore (8-10 mm) bullonati a “spilli filettati” da collocare all’intradosso in caso di solai caratterizzati da pavimentazioni di pregio da conservare o, più spesso, in estradosso, nel caso di solaio a cassettoni, travi affrescate o, più semplicemente, in caso di smontaggio dell’estradosso dovuto ad un’operazione di consolidamento “globale” del solaio. In entrambi i casi l’angolare verrà fissato per tutta la muratura d’ambito per mezzo di barre filettate AISI 316L □ 16 mm, inghisate in fori □ 26 mm orizzontali o inclinate a 45° sul piano del muro, alternativamente verso destra e verso sinistra in funzione della dimensione e durezza della muratura per una lunghezza minima di 20 cm. Si sottintende che il profilato, prima della sua messa in opera, sia stato preventivamente forato. La sigillatura delle barre avverrà mediante betoncino reoplastico a ritiro compensato o miscela a base di resina epossidica bicomponente. In caso di profilato da porre nell’intradosso del solaio ogni testa di trave sarà incassata in una gola metallica che verrà saldata al profilato ad “L”. Le travi saranno vincolate alle gole tramite vincolo a cerniere fornito da bullonatura passante □ 10 mm. In alternativa si potrà collegare la trave direttamente al profilato per mezzo di barre filettate in acciaio inossidabile inghisate nel legno con resina epossidica a consistenza tissotropica vincolate al profilato mediante dado cieco in acciaio. In caso di profilato posto sull’estradosso questo verrà più semplicemente saldato alla rete elettrosaldata della soletta in cls.

Questo tipo di intervento sarà possibile e consigliabile solo in presenza di murature costituite da blocchi lapidei squadrati o sbozzati costituiti da pietrame omogeneo di resistenza a compressione media o con murature in laterizio.

In caso di solai complanari e contigui, muniti entrambi di questo tipo di cordolo, sarà conveniente collegare i due cordoli con apposite barre filettate passanti vincolate con doppi dadi, così da garantire anche una continuità strutturale tra le due unità.

8. Collegamenti fra solai complanari e contigui

L’intervento si pone di garantire la massima continuità strutturale fra solai che, pur essendo complanari e contigui, non sono collegati tra loro. La casistica potrà essere semplificata in due gruppi:

a) solai con orditure tra loro parallele (unione sul lato della luce, sul lato della testa delle travi, travi attestate, travi sfalsate);

b) solai con orditure tra loro perpendicolari.

Le procedure d’intervento sono molto simili a quelle utilizzate per le connessioni del solaio con le murature perimetrali, ad eccezione di alcune varianti dettate dalle diverse particolarità.

Nei casi di collegamento sul lato della luce (su solai con orditure parallele) ogni collegamento tra i vari solai avverrà al livello dell’estradosso del tavolato esistente mediante l’ancoraggio (con viti tirafondi) di una coppia di piatti di acciaio inossidabile 18/8 AISI 304L o zincato a caldo (sezione minima 8x80 mm) che si incroceranno ad “X” all’interno della muratura formando un angolo di circa 60°. I collegamenti avverranno ogni 2-2,5 m ovvero seguendo le prescrizioni di progetto o le indicazioni della D.L. Questa soluzione si adotterà anche nei casi di solai con orditure tra loro perpendicolari. In alternativa alle piastre si potranno utilizzare delle barre in acciaio Fe B 44 K inossidabile o zincato (in alternativa si potrà utilizzare acciaio normale

preventivamente trattato con boiacca passivante anticarbonatante) ad aderenza migliorata per c.a. 14 mm da saldare alla rete elettrosaldata della soletta.

Nei casi di collegamento sul lato della testa delle travi con travi attestate l'unione avverrà tramite una staffa metallica di acciaio inossidabile o zincato piatta (sezione minima 5x50 mm) passante nella muratura ed ancorata alle travi sulla faccia superiore o su quella laterale. Di norma, salvo prescrizioni particolari di progetto, l'intervento verrà eseguito su tutte le travi; le piastre dovranno essere collegate ad ogni estremità per una lunghezza non inferiore a 40 cm mediante idonea chiodatura (minimo due viti tirafondi intervallate da 15 cm per ogni testa).

Nei casi di collegamento sul lato della testa delle travi con travi sfalsate si potrà procedere collegando ogni singola trave alla muratura come già illustrato, preferendo l'attacco a piastra per evitare il più possibile le opere di demolizione della muratura; in alternativa, se le travi sono in adiacenza si potranno collegare mediante staffatura metallica (in acciaio inossidabile o zincato sezione minima 5x50 mm) da inserire tra trave e trave fermata, con viti tirafondi distanziate ogni 15 cm, alla trave da una controstaffa di adeguate dimensioni.

9. Rigenerazione di testate di travi

La rigenerazione delle testate delle travi verrà realizzate con l'esecuzione di procedure e tecniche (ricostruzione mediante protesi in legno e ricostruzione mediante concrezioni epossidiche ed elementi di rinforzo) previste e descritte nell'articolo sulla rigenerazione di testate di travi e nodi di incavallature.

ART. 14.2 – OPERAZIONI DI CONSOLIDAMENTO SOLAIO IN FERRO E LATERIZIO

1. Generalità

Prima di effettuare qualsiasi intervento di consolidamento di strutture in ferro dovranno essere effettuate una serie di procedure preliminari simili a quelle previste per i solai in legno. Nel caso si debba ricorrere allo smontaggio dell'estradosso del solaio, sarà buona norma assicurarsi che le putrelle in ferro, che costituiscono la struttura primaria del solaio, non possano spostarsi reciprocamente nel senso orizzontale durante l'operazione. Questo potrà essere ovviato mettendo in opera un sistema di presidio temporaneo molto semplice ma altrettanto efficace che consisterà nel collegare, provvisoriamente, le travi sull'intradosso saldandovi tre barre in acciaio (una in mezzeria e due ai bordi degli appoggi). Una volta assicurata la distanza fissa tra le travi si potrà procedere, allo smontaggio manuale della struttura soprastante le putrelle (pavimento, sottofondo materiale di riempimento) fino al rinvenimento della sua ala e dell'estradosso del piano di laterizio; si demolirà anche una striscia perimetrale di intonaco per una altezza di circa 15-20 cm. Si procederà, quindi, alla pulitura al metallo bianco dei profilati con mola a smeriglio o con sistemi indicati da prescrizioni di progetto, al fine di rimuovere qualsiasi residuo di malta o ruggine.

2. Appoggi

Nel caso in cui si ritenga non sufficiente la lunghezza della trave o si voglia ripartire meglio il carico sulla muratura, si potrà posizionare sotto l'ala inferiore della putrella una robusta piastra metallica (spessore minimo 10 mm) in acciaio inox Fe 430 di dimensioni minime 200x200 mm, fissata alla trave per mezzo di cemento espansivo ad alta resistenza.

3. Consolidamento mediante cappa in cemento armato

L'intervento sarà applicabile in tutti i casi in cui l'orizzontamento, affidabile dal punto di vista del dimensionamento e dello stato di conservazione dei materiali, per esigenze progettuali debba essere ulteriormente irrigidito e rafforzato. La messa in opera di una caldana in cls armata continua e collaborante con i profilati metallici permetterà di ottenere un aumento della sezione resistente del solaio, di migliorarne la rigidezza e la ripartizione dei carichi di esercizio.

La procedura prevedrà la saldatura a caldo sull'estradosso del profilato di un traliccio costituito da una barra di acciaio inossidabile o zincato Fe B 44 K ad aderenza migliorata, dimensionata seguendo indicazioni di progetto (minimo 12 mm), sagomata a zig-zag (con passo di 400 mm) ovvero a greca. In alternativa si potranno saldare dei "cavallotti" sagomati ad omega (□) ricavati con tondini di acciaio inox Fe B 44 K ad aderenza migliorata, (minimo 14 mm) con interasse di circa 10-15 cm. Previo posizionamento di rete in acciaio elettrosaldata Fe B 38 K adeguatamente dimensionata come da indicazioni di progetto (ad es. tondi 6 mm e maglia 100x100 mm), ed abbondante irrorazione con acqua dell'estradosso, si procederà al getto della soletta in cls di altezza tale da ricoprire uniformemente l'ala superiore delle travi (minimo 4 cm). L'impasto di calcestruzzo da utilizzare dovrà avere i requisisti richiesti dagli elaborati di progetto con una resistenza minima di 30 N/mm².

4. Consolidamento mediante piatto metallico

L'intervento si pone l'obiettivo di evitare la genesi di lesioni sulla linea di chiave delle voltine, in laterizio, dissesto sovente causato sia dal profilo estremamente ribassato delle voltine sia dal distanziamento reciproco tra i profilati.

L'intervento prevedrà, pertanto, la messa in opera di un piatto in acciaio inossidabile 18/8 AISI 304L o zincato a caldo (sezione minima 8x80 mm) posto in mezzeria e saldato sull'ala delle travi. Nel caso in cui l'ala si dovesse trovare ad una quota inferiore rispetto alla chiave della voltina si disporranno, sopra la trave, dei distanziatori costituiti da blocchetti in acciaio zincato di adeguata altezza. Il piatto sarà ancorato alla muratura d'ambito attraverso una piastra di acciaio (di dimensioni

dettate dai disegni di progetto, comunque non inferiori a 10x150x150 mm) da annegare nella muratura o in alternativa potranno essere saldati due monconi di acciaio Fe B 44 K inossidabile ad aderenza migliorata per c.a. (minimo □ 14 mm) piegati e divergenti da annegare nella muratura.

5. Miglioramento del collegamento del solaio ai muri d'ambito

L'intervento si pone lo scopo di migliorare le inadeguatezze negli appoggi e negli ancoraggi con le murature. Sovente, infatti, le teste delle travi (in caso di evento sismico, o perché irrisoriamente infisse nelle murature, o per la conseguenza di eventuali dilatazione o di vibrazioni, od infine, per disgregazione del legante) presentano la propensione a sfilarsi non risultando più solidali con le murature; inoltre non di rado risulta essere assente l'unione nei lati paralleli all'orditura, ad eccezione di un appoggio diretto, e spesso instabile, dell'ultimo elemento in laterizio sull'apparecchio appena scanalato per ricavarvi un minimo alloggiamento.

5.1. Collegamento della singola trave

Il protocollo operativo si basa sul metodo del *grip-round* con delle leggere modifiche dovute alla diversa tipologia del solaio. Sarà prevista l'esecuzione di uno scasso nella muratura al fine di liberare la trave per un intorno minimo di 15-20 cm ai lati e all'estradosso. Previa accurata pulitura si salderanno (saldatura a cordone d'angolo Fe 430) all'anima degli spezzoni di tondo di acciaio inox Fe B 44 K ad aderenza migliorata (minimo 4 □ 14/600 mm) opportunamente uncinati che costituiranno il collegamento tra la trave e la muratura perimetrale.

In alternativa si potrà saldare all'ala dei ferri precedentemente piegati ed inghisati (minimo 2 □ 14/1200 mm in □ 34 mm) nella muratura in fori inclinati di 45° rispetto al piano del solaio e sigillati con malta reoplastica antiritiro o di resina epossidica a consistenza tissotropica seguendo le prescrizioni di progetto o indicazioni della D.L.

In entrambi le soluzioni i ferri dovranno sovrapporsi alla trave per non meno di 40 cm oltre l'appoggio; previa abbondante bagnatura e con l'ausilio di eventuale casseratura lignea, si procederà prima al riempimento dello scasso (è consigliabile che questa procedura venga eseguita e completata per ogni singola trave prima di passare alla successiva, onde evitare lesioni sia al solaio che alla muratura di appoggio) e, successivamente, al getto della soletta (spessore minimo 4 cm) seguendo i requisisti richiesti dagli elaborati di progetto.

5.2. Collegamento continuo

In alternativa a collegare ogni singola putrella si potrà procedere ad un ancoraggio continuo perimetrale di tutte le travi con la muratura d'ambito mediante la messa in opera sull'estradosso del solaio (o in presenza di pavimenti di particolare pregio sull'intradosso) di un profilo ad "L" in acciaio inossidabile Fe 360 di forte spessore (minimo 8-10 mm) di dimensioni opportune (ad es. 80x120x10 mm) dettate dai disegni di progetto. L'angolare verrà ancorato alle travi per mezzo di saldature a cordone d'angolo Fe 430 (se sarà necessario si potranno utilizzare spessori in acciaio inox, anch'essi saldati, al fine di eliminare eventuali differenze di quote) e vincolato alla muratura per mezzo di barre filettate AISI 316L □ 16 mm inghisate in fori □ 26 mm seguendo la procedura già esposta negli articoli del consolidamento di solai in legno.

ART. 15 – CONSOLIDAMENTO STRUTTURE VOLTATE

Premessa metodologica

Il consolidamento delle strutture voltate dovrà avvenire in riferimento alle primarie istanze di sicurezza e conservazione; appurata l'efficienza statica dei piedritti di sostegno delle volte l'intervento dovrà essere sostanzialmente localizzato a ristabilire o a consolidare la continuità strutturale dell'elemento e, l'eventuale, contenimento dell'azione spingente sui sostegni verticali. La scelta della metodologia d'intervento su questo tipo di strutture dovrebbe riuscire a coniugare l'esigenza di sicurezza strutturale e, allo stesso tempo, cercare di non stravolgere la configurazione spaziale della struttura voltata. Le opere di consolidamento indirizzate alla ricostruzione della continuità strutturale vengono attuate generalmente quando a causa di dissesti di varia natura e di una certa entità o a causa di mutate condizioni di carico o per eccessivo degrado dei materiali componenti la struttura non risulta più idonea ad adempiere il suo ruolo strutturale manifestandolo, in molti casi, con l'alterazione dello stato di equilibrio originale con l'apparizione di fessurazioni e, in casi limite, anche con il distacco di parti costituenti. Gli interventi, in questo caso, possono essere diversi e la loro applicazione potrà essere fatta attraverso il consolidamento messo in opera nella parte estradossale o intradossale ricorrendo ad opportune ed idonee tecnologie che prevedano la messa in opera di materiali di sostegno e di rinforzo. Le tecniche sviluppate di seguito, non ottempereranno la possibilità di operare un consolidamento attraverso lo smontaggio e la ricomposizione della struttura voltata seguendo la stessa tecnica costruttiva adoperata in origine, sostituendo le parti ammalorate con elementi nuovi similari e compatibili a quelli originali e allo stesso tempo operando il consolidamento dell'intera struttura durante la fase di rimontaggio. Questa risoluzione, per ovvie ragioni, dovrà implicare la perfetta conoscenza delle tecniche antiche ma soprattutto la comprensione profonda delle diverse fasi operative cercando di capire i limiti connaturati con la risoluzione al fine di ovviarli e superarli attraverso accorgimenti consoni al caso.

ART. 15.1 – OPERAZIONI DI CONSOLIDAMENTO DI VOLTE IN MURATURA (LATERIZIO E/O PIETRA)

1. Generalità

Prima di mettere in pratica qualsiasi procedura di consolidamento che di seguito verrà enunciata, sarà opportuno seguire delle procedure e delle verifiche indirizzate alla conoscenza dell'unità voltata oggetto d'intervento; queste operazioni inoltre salvaguarderanno l'integrità di ogni singolo elemento che compone l'unità strutturale e creeranno le condizioni atte a garantire la corretta esecuzione e l'efficacia dell'intervento.

Verifiche preliminari

- Riconoscimento ed identificazione dello schema di funzionamento statico del sistema voltato;
- analisi dei materiali e della funzione strutturale dei singoli elementi;
- accertamento delle caratteristiche fisiche e meccaniche della volta e dei singoli elementi che ne fanno parte;
- analisi del quadro fessurativo e conseguente studio del degrado;
- valutazione complessiva del comportamento dell'unità strutturale.

Stuccature preliminari

Si procederà alla stuccatura con malta idraulica di tutte le eventuali lesioni o soluzioni di continuità localizzate all'intradosso della volta seguendo le prescrizioni della D.L.

Puntellatura

Tutta la volta oggetto d'intervento dovrà essere preventivamente sostenuta da un sistema di centine simile a quello utilizzato per la costruzione; si dovrà, inoltre, provvedere alla messa in opera d'adeguate sbatacchiature al fine di contrastare la spinta di volte contigue. In presenza di porzioni di volte affrescate, ovvero decorate, a contatto con i puntelli, queste dovranno essere protette con i sistemi ritenuti più idonei dalla D.L.; si ricorda, inoltre, che le opere di sostegno dovranno insistere su un piano di appoggio assolutamente sicuro.

Rimozione materiale inerte

Tutto il materiale (pavimento, sottofondo, eventuale piano di posa, materiale di rinfianco) sovrapposto alla volta dovrà essere rimosso; questa operazione dovrà essere effettuare manualmente e dovrà avanzare (per strati paralleli e successivi fino al vivo dell'estradosso della volta) a partire dalla zona di chiave fino ad arrivare all'esterno della volta facendo attenzione di conservare l'integrità dei materiali. Secondo la tipologia di volta la rimozione seguirà direzioni differenti: nelle volte a botte si procederà per tratti di uguale dimensione a partire da entrambi i lati della generatrice superiore fino a raggiungere i rinfianchi; nelle volte a padiglione ed a crociera, si inizierà dal centro proseguendo lungo i quattro fronti, seguendo le generatrici in quella a padiglione, o seguendo la direzione degli anelli in quella a crociera, fino a giungere il livello di imposta (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto nell'articolo specifico sullo smontaggio delle strutture voltate).

Pulizia dell'estradosso

Si eseguirà la pulitura rimuovendo (mediante spazzole di saggina, raschietti, aria compressa aspiratori od altri sistemi ritenuti idonei dalla D.L.) le malte leganti degradate, i detriti che si presenteranno aridi ed inconsistenti e tutto ciò che potrebbe in qualche modo ostacolare le successive operazioni di consolidamento.

2. Consolidamento mediante materiali compositi (FRP)

L'intervento si pone il fine di non modificare i meccanismi resistenti nelle normali condizioni di esercizio; il nuovo sistema muratura-fibra si manifesterà soltanto in caso di particolari sollecitazioni (ad. es. in caso di sisma) per cui saranno richieste prestazioni che la volta non sarà capace di sostenere.

Questo sistema si potrà utilizzare in presenza di superfici voltate in condizioni di avanzato dissesto (in particolare con intradossi affrescati o comunque con decori da tutelare), per cui dovrà essere evitata la bagnatura estradossale (consolidamento "a secco"), sarà opportuno ridurre al minimo l'incremento del peso delle strutture (normalmente i placcaggi delle superfici potranno oscillare tra 4,5-9 kg/m²) e l'eventuale stress al precario organismo strutturale.

Questa tecnica si basa sull'utilizzazione di nastri di tessuto, di varie dimensioni, in fibre secche (carbonio, aramidica, vetro) unidirezionali (fibre orientate secondo un'unica direzione), bidirezionali (fibre orientate secondo direzioni 0° e 90°) o biassiale (fibre inclinate a ±45°) con elevate caratteristiche meccaniche a trazione ed alta resistenza agli alcali, applicati e "laminati"

alla struttura (tecnica "*wet lay up*"); questo consente di costituire un materiale "composito" direttamente in opera, mediante l'impiego di una matrice a base di resine epossidiche (o resine poliestere) bicomponenti a bassa viscosità, che assicurano sia il trasferimento delle sollecitazioni alle fibre di rinforzo, sia la protezione della fibra da attacchi di tipo chimico o meccanico o da variazioni di temperatura.

I vantaggi derivanti dall'utilizzo dei materiali FRP risiederanno in:

– intervento non invasivo, rimovibile e perfettamente adattabile alla forma dei supporti curvilinei con la conseguente riduzione della vulnerabilità sismica;

– conservazione di traspirazione della volta in muratura;

– conservazione degli schemi statici originali con aumento della resistenza e della duttilità;

– assorbimento di carichi asimmetrici con aumento delle capacità portanti ed invariabilità del peso proprio della struttura.

Le fasce di FRP andranno opportunamente orientate secondo gli assi di riferimento, le linee di frattura (ovvero del quadro fessurativo precedentemente rilevato) e di forza individuate; per il loro posizionamento sarà consigliabile prefiggersi i seguenti scopi:

– fornire capacità di resistenza a trazione nei settori di volta maggiormente sollecitati da eventuali azioni orizzontali, ad esempio mediante una cerchiatura al livello delle reni della volta;

– incrementare il dispositivo resistente agli archi longitudinali e trasversali mediante placcaggio estradossale ovvero intradossale;

– impedire eventuali lesioni a cavallo delle nervature (volte a crociera, a padiglione ecc.) specialmente in presenza di volte affrescate o, comunque, con intonaci da tutelare.

Previa un'accurata pulitura dell'estradosso della volta al fine di eliminare depositi superficiali, polveri e materiale incoerente, si procederà alla preparazione della superficie stuccando e livellando eventuali fessurazioni ed irregolarità con malta a base di calce cercando di disporre superfici il più regolari possibile (lo scarto tra livelli superficiali contigui dovrà essere inferiore a 1 mm); in questa fase andrà, inoltre, identificato prima e studiato poi il quadro fessurativo della volta per determinare il numero, la disposizione e la grammatura delle fasce di rinforzo. Successivamente si procederà alla stesura (da parte di operatore specializzato) di due strati preparatori: un *primer* di resina epossidica fluida a bassa viscosità esente da solventi da stendere a pennello od a rullo (lavorabilità a 20 °C 480 min, temperatura minima di applicazione 10-12 °C indurimento al tatto a 20 °C 16-18 ore) al fine di migliorare l'efficacia d'aggrappaggio al supporto del sistema FRP. La quantità da applicare è variabile a seconda della porosità e della scabrezza della muratura (in media circa 0,2 l/m²); nel caso in cui la prima mano fosse troppo assorbita dal supporto si potrà ricorrere ad una nuova stesura.

Passate almeno 6 ore (ovvero fino a quando il *primer* non risulterà più appiccicoso), comunque entro le 24 ore successive, si applicherà, se richiesta dal progetto (ovvero nei casi in cui la superficie si presenti irregolare o quando la consistenza del supporto necessiti di un rinforzo supplementare), una rasatura per uno spessore di circa 1-2 mm, stesa a mezzo di spatola o frattazzo, (lavorabilità a 20 °C 30-40 min, temperatura minima di applicazione 5 °C, resistenza a trazione diretta 12-24 MPa, resistenza a trazione per flessione ≥35 MPa, modulo elastico 180-220 GPa, indurimento al tatto a 20 °C 8-10 h) costituita da stucco epossidico (bicomponente) compatibile con il *primer* e con il successivo adesivo. Trascorso il tempo necessario (comunque entro le 24 ore successive) per ottenere la condizione di fuori tatto si stenderà, uniformemente sulla superficie della volta mediante pennello o rullo (a pelo corto), e fresco su fresco, sopra le zone precedentemente trattate con il *primer*, ovvero con la rasatura, un adesivo epossidico (bicomponente) a consistenza tissotropica (lavorabilità a 20 °C 30-40 min, temperatura minima di applicazione 10-12 °C, resistenza a trazione diretta ≥ 30 MPa, resistenza a trazione per flessione ≥50 MPa, modulo elastico a trazione diretta 300-350 GPa, allungamento a rottura 2-5%, assorbimento acqua 0,05-0,3%, indurimento al tatto a 20 °C 16-18 h); seguirà l'immediata applicazione dei nastri di rinforzo (seguendo le indicazioni di progetto e comunque opportunamente orientati secondo gli assi di riferimento, le linee di frattura e di forza individuate) esercitando una pressione regolare, per 2 o 3 volte, nella direzione longitudinale della fibra mediante un rullino di gomma rigida o a denti smussati al fine di eliminare sia l'eventuale aria dallo strato di resina, sia per completare l'impregnazione del nastro. I nastri saranno costituiti da strisce di larghezza variabile da un minimo di 10 cm ad un massimo di 100 cm in tessuto di fibra con spessore a secco variabile a seconda della natura della fibra (ad es. per fibre unidirezionali si potranno avere: carbonio circa 0,16 mm, vetro circa 0,23 mm, aramidica circa 0,21 mm); anche il peso sarà variabile in rapporto al materiale ed alla tipologia della fibra (per es. fibre di carbonio unidirezionali peseranno circa 330-500 g/m², mentre fibre di carbonio bidirezionali peseranno circa 450-600 g/m²). Il nastro dovrà presentarsi ben steso e ben ancorato; le eventuali sovrapposizioni, nella direzione longitudinale, dovranno essere di almeno 20-30 cm mentre, nella direzione trasversale potranno essere più ridotte (saranno sufficienti 2-5 cm).

Passata almeno 1 ora si procederà alla stesura della "seconda mano" di adesivo. Se specifiche di progetto o prescrizioni della D.L. indicheranno più strati di composito si ripeteranno le operazioni enunciate precedentemente. Nel caso d'interventi su intradossi di volte, da ripristinare con finitura ad intonaco al fine di consentire l'aggrappaggio dell'arriccio dell'intonaco, si potrà ricorrere all'applicazione, sulla mano finale di resina non ancora indurita, di uno spolvero di sabbia di quarzo.

Avvertenze

Sarà necessario far presente che, nel consolidamento di volte in muratura, il dimensionamento dei nastri potrà ritenersi un fattore abbastanza marginale, in quanto il grado di resistenza a trazione, necessario per aumentare la resistenza di una volta, sarà sempre molto al di sotto delle prestazioni minime dei materiali FRP. Altri sono i fattori ai quali si dovrà prestare attenzione, tra questi ci saranno sicuramente il corretto posizionamento dei nastri, la loro idonea "impregnatura" con la resina e la presenza di un doppio strato di nastro. Quest'ultimo aspetto sarà in funzione non tanto del fornire una maggior resistenza all'unità strutturale (resistenza, generalmente, già sufficientemente fornita da un solo nastro), quanto piuttosto del garantire una miglior risposta ad eventuali sollecitazioni "passive", normali alle fibre che possano intervenire a causa delle irregolarità della superficie di supporto (da qui l'importanza di livellare la superficie di posa). Un doppio strato si rivelerà meno "delicato" nei punti angolosi grazie al frazionamento delle "sollecitazioni" dovuto alla presenza di più resina e al non perfetto parallelismo tra le fibre dei due strati. Dovrà essere fatta particolare attenzione nel rispettare i rapporti di miscelazione ed i tempi di catalizzazione del primer e dell'adesivo epossidico; in caso contrario, infatti, potrebbero verificarsi dannose esfoliazioni degli strati.

2.1. Fasciatura dell'estradosso con FRP

Volta a crociera

Previa esecuzione delle procedure preliminari si procederà alla messa in opera di uno strato di calcestruzzo (malta idraulica pozzolanica reoplastica, fibrorinforzata caricata con sabbia grossa) dello spessore necessario a raccordare la curvatura degli archi perimetrali della volta con la zona dei peducci d'imposta della stessa; questa superficie d'appoggio dovrà essere perfettamente livellata con malta di calce idraulica, dopodiché si procederà con la sequenza descritta all'articolo precedente (primer, adesivo epossidico, nastro FRP, seconda mano d'adesivo epossidico). Il posizionamento dei nastri, in special modo in presenza di volte in laterizio disposto in foglio (con conseguente sezione resistente di spessore ridotto), seguirà, se non altrimenti specificato dai disegni di progetto, il perimetro (ovverosia le unghie a contatto con le pareti di supporto) e le nervature diagonali dell'estradosso della volta, in presenza di dissesti avanzati si potrà effettuare un placcaggio anche lungo le direttrici di chiave. Nel caso di volte in laterizio disposto a taglio con non evidenti dissesti strutturali potrà essere sufficiente collocare le strisce di tessuto solamente lungo il perimetro. In entrambi i casi sarà consigliabile dotare il dispositivo resistente di un ancoraggio con lo scopo di porre resistenza all'eventuale formazione di cerniere sui piedritti. Questi ancoraggi saranno costituiti da un dormiente di malta idraulica pozzolanica, a ritiro compensato fibrorinforzata a consistenza tissotropica, da una piastra d'acciaio inox 18/8 AISI 304L o zincata (dimensioni minime 8x200x200 mm) munita di un cuneo (anch'esso di acciaio) e da un tirante di ancoraggio costituito da una barra filettata di acciaio inox AISI 316L (minimo 16-20 mm) inserita in un perforo diagonale (minimo 26-30 mm) eseguito con strumento a rotazione (e non a percussione per evitare eccessive sollecitazioni dinamiche che potrebbero danneggiare la muratura) per una profondità sufficiente a garantire un idoneo ancoraggio (minimo 90 cm). La barra verrà sigillata mediante betoncino di malta idraulica reoplastico a ritiro compensato fibrorinforzata ad alta duttilità o di resina epossidica bicomponente a consistenza colabile esente da solventi (secondo quanto stabilito dagli elaborati di progetto); l'ancoraggio sarà, inoltre, vincolato alla piastra tramite doppio dado in acciaio.

Volta a padiglione

La procedura seguirà quella descritta agli articoli precedenti ad eccezione d'alcune precisazioni sul posizionamento dei rinforzi. I nastri FRP dovranno essere collocati seguendo le indicazioni fornite dalle deformazioni e dai dissesti tipici di questo tipo di volte, pertanto si posizioneranno i nastri sia lungo il perimetro della volta (al fine di confinare la base del padiglione), sia trasversalmente allo scopo di incrementare la resistenza dell'arco alle eventuali sollecitazioni orizzontali; infine, si prevedranno delle fasciature più modeste, a cavallo delle nervature delle unghie di testata, così da evitare l'eventuale allargamento delle stesse. Anche in questo caso sarà opportuno dotare il sistema resistente di un idoneo ancoraggio volta-piedritto.

2.2. Fasciatura dell'estradosso con FRP e posa in opera di arco di rinforzo o frenello

Il semplice intervento di "rivestimento" con FRP del perimetro e delle nervature, pur rilevandosi efficace può, talvolta, (specialmente in presenza di volte di laterizio in foglio con sezioni molto modeste) non essere sufficiente ad impedire il formarsi di cerniere in chiave con conseguenti dissesti all'unità strutturale. In questi casi si potrà ricorrere all'ausilio di tecniche cosiddette premoderne, ovverosia all'aumento dello spessore in chiave attraverso la messa in opera di archi di rinforzo sull'estradosso in laterizio ad una testa, ovvero di frenelli in laterizio (per la messa in opera di questi "presidi" si rimanda a quanto detto nell'articolo sui rinfianchi cellulari); in questo modo si darà vita ad un organismo monolitico la cui modalità di collasso dovrà essere ricercata solo nell'eventuale rotazione dei piedritti: cinematismo evitabile inserendo un adeguato ancoraggio volta-piedritto (si veda articolo precedente).

2.3. Consolidamento sull'intradosso con barre in FRP

L'intervento è mosso dalla necessità di rinforzare l'intradosso della volta segnato da forti lesioni. Previa eventuale rimozione dell'intonaco si procederà alla creazione di scanalature di modesta sezione (circa 20x20 mm) con il solo ausilio di mezzi manuali (mazzetta e scalpello) al fine di creare un alloggio per il posizionamento di barre di fibra di carbonio pultruse, ad aderenza migliorata (conseguita mediante sabbiatura superficiale di quarzo sferoidale e/o spirale esterna) di dimensioni e caratteristiche dettate da prescrizioni di progetto (7-12 mm, modulo elastico 200-240 GPa, resistenza a trazione media

2500-3000 MPa, deformazione ultima 1,5-2%). Successivamente questa scanalatura sarà sigillata con adesivo strutturale, a base di resina epossidica (bicomponente) a consistenza tissotropica priva di solventi, steso a spatola (caratteristiche meccaniche medie: temperatura minima di applicazione 5-10 °C, resistenza a trazione diretta ≥30 MPa, resistenza a trazione per flessione ≥35 MPa, modulo elastico a trazione diretta 750 GPa). Una volta terminata la fase di indurimento della resina si potrà provvedere alla nuova intonacatura della volta.

2.4. Consolidamento dell'estradosso mediante cappa armata con barre in FRP

Il protocollo si pone l'obiettivo di risolvere problematiche dovute all'incremento di carico di strutture voltate e, allo stesso tempo, ha il fine di aumentare la sezione resistente. La procedura prevedrà, previa esecuzione delle operazioni preliminari, la messa in opera di una cappa armata a spessore traspirante costituita da un getto di calce idraulica pozzolanica, fibrorinforzata a consistenza tissotropica (spessore minimo 4 cm) caricata con inerti silicei di grammatura dettata da disposizioni di progetto.

L'armatura sarà costituita da barre di fibra di carbonio pultruse, ad aderenza migliorata (7-12 mm, modulo elastico 200-240 GPa, resistenza a trazione media 2500-3000 MPa, deformazione ultima 1,5-2%); il numero ed il diametro saranno dettati da calcoli di progetto (se non altrimenti specificato verranno montate 2 8 mm lungo il perimetro, le nervature e le direttrici in chiave della volta). Queste barre, posizionate sull'estradosso della volta, non saranno ancorate al supporto ma solamente appoggiate a questo; al fine di evitare scorrimenti si posizioneranno preventivamente dei chiodi (in acciaio inox) distanziati di circa 20-30 cm, alternati a sinistra ed a destra in modo da creare una sorta di guida alla barra. Previa perforazione (mediante mezzi meccanici a rotazione) della muratura d'ambito si procederà ad ancorare a questa le estremità delle barre mediante adesivo epossidico bicomponente a consistenza tissotropica, privo di solventi.

3. Consolidamento mediante posa in opera di rinfianchi cellulari (frenelli)

L'intervento si pone il fine di alleggerire la spinta attraverso l'asportazione delle masse non strutturali di rinfianco, più o meno pesanti, che insistono sulla volta (in condizioni statiche questo materiale incoerente stabilizza le reni impedendone l'innalzamento) e nel ristabilire l'equilibrio della curva delle pressioni interne attraverso la messa in opera di frenelli (muretti leggeri e di modesto spessore) localizzati ortogonalmente alle generatrici delle falde cosicché si possano distribuire omogeneamente i carichi e, allo stesso tempo, irrigidire complessivamente il sistema volta.

Previa esecuzione delle operazioni preliminari si procederà alla raschiatura e spazzolatura dei giunti di malta della volta sull'estradosso, dopodiché si passerà all'esecuzione di una sottile cappa tramite boiacca di malta a base di calce idraulica naturale (eventualmente addittivata con pozzolana o cocciopesto) al fine di "saturare" gli eventuali giunti sconnessi fra gli elementi lapidei o laterizi. A presa avvenuta si provvederà, seguendo le indicazioni di progetto (dove dovranno essere specificate la quantità e la "forma"), a gettare la massa di calcestruzzo alleggerito (cemento 100 kg/m³, argilla espansa 1 m³) che andrà a costituire il nuovo rinfianco della volta. L'operazione procederà con la messa in opera dei rinfianchi cellulari (frenelli) costituiti da mattoni pieni o semipieni (per le volte reali) o forati (per le volte in foglio) allettati con malta idraulica; l'interasse e la dimensione dei frenelli saranno quelli indicati dalle prescrizioni di progetto, di norma lo spessore non sarà superiore alla sezione, in chiave, della volta (generalmente una testa 12-13 cm) e l'interasse potrà variare tra gli 80 e i 110 cm (a seconda della luce della volta, del suo spessore e del sovraccarico previsto). Al fine di impedire i naturali scorrimenti fra la superficie della volta e il rinfianco, questo verrà ancorato all'estradosso della volta tramite prese (almeno 4 per metro) costituite da spillature metalliche (sporgenti dall'estradosso per almeno 10 cm) annegate nella muratura, di tipo e diametro indicato dagli elaborati di progetto e/o indicati dalla D.L. (in ogni caso il diametro minimo sarà 6-8 mm e l'acciaio utilizzato potrà essere di tipo inossidabile, zincato o normale trattato con boiacca passivante anticarbonatante). In presenza di strutture con luci notevoli (superiori a 4-5 m) si renderà necessario disporre una seconda orditura di frenelli normali ai primi con lo scopo di impedire eventuali spostamenti laterali. In alternativa ai frenelli in muratura si potranno utilizzare riempimenti di calcestruzzo alleggerito con argilla espansa, vermiculite o pomice come da prescrizioni di progetto.

Un accorgimento da tenere presente è che le camere d'aria, che si verranno a creare tra l'estradosso della volta e la pavimentazione soprastante, non siano ermetiche ma comunicanti tra loro al fine di consentire la circolazione d'aria; per questo motivo, all'interno dell'apparecchio dei frenelli (sia primari che, eventualmente, secondari) si dovranno lasciare dei fori di areazione. Dietro specifica richiesta della D.L. le aperture potranno essere posizionate in modo da consentire il passaggio di canalizzazioni impiantistiche.

Sui frenelli si imposterà il nuovo piano di solaio che potrà essere costituito da tavelloni in laterizio (spessore minimo 6 cm) o da una lamiera di acciaio zincata e grecata con bordi ad incastro dello spessore minimo di 8/10 (seguendo le prescrizioni di progetto) sulla quale verrà gettata una soletta di 4-5 cm, precedentemente armata con una rete in acciaio elettrosaldata Fe B 38 K, adeguatamente dimensionata (comunque non inferiore a 6 mm con maglie 100x100 mm o 200x200 mm). Il posizionamento dei frenelli sarà, ovviamente, differente a seconda della tipologia di volta: in una volta a botte i frenelli saranno disposti paralleli al piano trasversale della stessa; in una volta a padiglione i frenelli si disporranno a 90° con il vertice posto sulle generatrici della volta, infine, in una volta a crociera, saranno ugualmente a 90° ma disposti ad anello verso il centro.

Questa tecnica di consolidamento potrà essere messa in opera solo quando la volta risulterà sufficientemente stabile, presenti modeste deformazioni sul suo profilo e in un buon stato di conservazione dei materiali.

4. Consolidamento con tirante metallico

L'intervento si pone il fine di presidiare i meccanismi di spinta presenti in un sistema voltato, collaborando ed assorbendo la componente orizzontale della spinta, diretta diagonalmente verso il basso. Generalmente saranno messi in opera alle reni

della struttura (ovverosia in posizione staticamente più corretta ed efficace); talvolta, comunque, potranno essere posizionati anche all'imposta, o all'estradosso, parzialmente annegati nella muratura in corrispondenza della chiave.

L'intervento consisterà nel posizionamento di tiranti in acciaio Fe 360, adeguatamente dimensionati secondo le prescrizioni di progetto (comunque non inferiori a 16 mm e lunghezza massima 20 m), a livello dell'imposta della volta. Il dimensionamento e la tipologia di ancoraggio (paletto, piastra, tirafondi, fialoide ecc.) del tirante saranno in relazione sia al tipo ed allo stato di conservazione della muratura dei piedritti, sia al fatto che la reazione al punzonamento del muro dovrà essere almeno uguale alla spinta orizzontale esercitata dalla volta. L'interasse tra i tiranti sarà tanto più modesto quanto più sottile sarà la sezione del muro su cui agiranno gli ancoraggi e quanto più avanzato sarà il dissesto della struttura.

La procedura operativa d'intervento seguirà quella prevista nell'articolo sul consolidamento delle murature con tiranti metallici orizzontali.

Avvertenze

Questo tipo d'intervento non sarà sufficiente da solo a riequilibrare e ripristinare il primitivo stato tensionale delle volte, come non potrà riportare una struttura deformata e decoesa allo stato originale (operazioni che dovranno essere previste parallelamente a questa procedura); potrà, però, evitare ulteriori peggioramenti dei dissesti dell'unità strutturale. L'operazione, pertanto, dovrà essere di complemento o di completamento ad interventi di consolidamento strutturale.

Specifiche sui materiali

Si vedano le specifiche inerenti nell'articolo Consolidamento mediante tiranti metallici".

ART. 16 – CONSOLIDAMENTO COPERTURE

Premessa metodologica

Le coperture lignee possono essere distinte tra quelle considerate spingenti, che trasferiscono sulle strutture perimetrali sollecitazioni generatrici di spinte con componente orizzontale (anche in fase statica) non assimilabili dalle murature e quelle non spingenti, dove gli elementi portanti poggiano direttamente su strutture che trasmettono alla muratura solo sforzi verticali di compressione.

La casistica di tetti che si possono definire "spingenti" comprende diverse tipologie strutturali: tetto a capanna con orditura primaria direttamente appoggiata sulle pareti di testata (tetto alla toscana composto da trave di colmo ed arcareccio terzere orizzontali) o su quelle laterali (tetto alla piemontese composto da falsi puntoni) e con l'orditura secondaria (travicelli, palombelli, morali, correnti, mezzanelle, listelli ecc.) gravante, a seconda della tipologia, o sulle pareti trasversali o su quelle laterali; tetto a padiglione od a capanna con testa a padiglione. In entrambe queste tipologie strutturali andrà fatta particolare attenzione in prossimità degli angoli dove i falsi-puntoni o paradossi insistono maggiormente.

Altra situazione a rischio è costituita dalla presenza di tetti con capriate lignee aventi gli appoggi che non insistono su tutta la sezione muraria, ovvero non risultano idoneamente vincolati: l'incavallatura, caricando in maniera disomogenea la muratura d'imposta, genera tensioni differenziali tra i due paramenti murari. Nel paramento esterno si potranno verificare azioni di punzonamento con conseguenti espulsioni locali di materiale, mentre la muratura interna (dove, cioè, appoggia la capriata) verrà sollecitata sia dall'azione verticale causata dalla catena sia da quella orizzontale diffusa da quest'ultima per attrito: la conseguenza di queste azioni sarà il distacco di una zona limitata dell'apparecchio interno.

In presenza di tetti spingenti, (ma è vivamente consigliabile anche in presenza di tetti considerati "non spingenti" ed in particolare in zona sismica) è opportuno che l'intervento manutentivo prescelto sia finalizzato al "miglioramento" (termine utilizzato dalla normativa per le costruzioni in zona sismica) del comportamento strutturale, così da poter ovviare a pericolosi fenomeni di martellamento sui setti murari; per questo il progetto dovrà, necessariamente, prevedere una serie di operazioni che possano garantire sia la connessione solidale tra i vari elementi che compongono l'orditura (primaria e secondaria), sia l'unione strutturale tra il tetto e la muratura dando vita ad un sistema scatolare chiuso capace di annullare le spinte e comportarsi in maniera solidale in caso di azione sismica.

L'intervento sulle strutture lignee delle coperture dovrà essere effettuato previa verifica delle cause che hanno provocato i dissesti e degradi presenti sulle parti componenti la struttura, distinguendo gli elementi che hanno subito ammaloramenti locali o diffusi da quelli che presentano un buono stato conservativo; sovente le cause del decadimento fisico, con conseguente perdita della consistenza, sono riconducibili al naturale invecchiamento del materiale, all'assenza di manutenzione, all'azione distruttiva dell'acqua e all'attacco di microrganismi biologici quali muffe, insetti ecc. Tutto questo può portare la struttura al limite della resistenza per cui, il suo assetto statico risulta incapace di sopportare l'incremento delle sollecitazioni dovute al sisma. Una mancata manutenzione della copertura (con relativa inefficienza del sistema di smaltimento delle acque piovane o dissesto del manto di copertura) può innescare una riduzione dell'efficienza della connessione muratura-copertura portando la struttura a non essere più in grado di assolvere la funzione di solidarizzazione tra murature. In fase sismica si potrà avere la perdita totale o parziale dell'efficienza del nodo strutturale con conseguenti cedimenti differenziati, allontanamenti degli appoggi, lesioni degli apparecchi murari, privazione dell'efficienza dei collegamenti (sfilamento delle travi con successiva perdita della funzione di sostegno).

La volontà è di proporre una casistica di metodologie d'intervento "rispettose" dello stato di fatto, perché l'atteggiamento deve sempre essere quello di comprendere la conformazione della struttura, al fine di mantenerne i tratti salienti che la

caratterizzano. Questo non vuol dire escludere a priori la possibilità di operare eventuali sostituzioni d'elementi eccessivamente degradati (il cui recupero comporterebbe un impegno economico e tecnico eccessivo per questo tipo di strutture) o l'introduzione d'elementi di rinforzo che potrebbero essere, in altri frangenti, considerati troppo invasivi. Ogni intervento dovrebbe essere sempre preceduto e supportato da opportune verifiche preventive, eseguite su campioni significativi di materiale, finalizzate all'accertamento della reale capacità meccanica delle strutture i cui risultati dovrebbero delineare i tratti salienti del progetto di recupero.

Quello che riteniamo riprovevole è l'atteggiamento, che molte volte si verifica in queste circostanze, eccessivamente cautelativo del Tecnico progettista che debilita la struttura aprioristicamente e per questo opta per risoluzioni drastiche, solo apparentemente più sicure, quali, ad esempio, quelle che prevedono sostituzioni di carpenteria lignea ancora efficiente ed affidabile (talvolta solo esteticamente malandata) con membrane nuove o, peggio ancora, in cemento aggravando, in questo modo, la muratura con nuovi pesi, talvolta eccessivi. Le diverse risoluzioni di consolidamento di seguito elencate, sono state scelte a discapito di altre poiché accomunate dalla volontà di rispettare la conformazione tecnico-costruttiva dell'esistente e, pur non perdendo di vista la natura dei manufatti cui si rivolge l'intervento, risultano operazioni confacenti al caso per praticità e facilità di messa in opera da parte delle maestranze e, allo stesso tempo, poiché rappresentano la giusta mediazione tra le operazioni eccessivamente invasive e quelle estremamente "sofisticate" più confacenti ad organismi di maggior pregio.

ART. 16.1 – OPERAZIONI DI CONSOLIDAMENTO DI COPERTURE IN LEGNO

1. Generalità

Prima di mettere in pratica qualsiasi risoluzione che, di seguito, verrà enunciata si renderà necessario seguire delle procedure preliminari indirizzate sia alla salvaguardia dell'integrità di ogni singolo elemento che compone la struttura del tetto, sia per creare le condizioni atte a garantire una corretta esecuzione dell'intervento. Le operazioni sotto elencate, per fasi successive, costituiranno le accortezze da prendere nell'effettuare il cauto smontaggio del tetto (ci potrebbe essere il caso in cui lo smontaggio non comprenderà gli elementi lignei che costituiscono l'orditura primaria in quanto l'intervento di manutenzione è stato previsto, qualora le condizioni conservative lo consentano, in loco):

- puntellamento e/o sbatacchiamento con appropriati ritti regolabili da cantiere della struttura portante del tetto;
- rimozione dei canali di gronda delle canne fumarie, dei comignoli, delle antenne, delle scossaline e quant'altro sia presente sulla copertura;
- verifica della stabilità dei cornicioni e, nel caso siano direttamente connessi con la struttura del tetto, provvedere ad idonei puntellamenti;
- rimozione del manto di copertura ed accatastamento all'interno del cantiere od in altro luogo sicuro (in ogni caso non in modo da gravare sulla struttura dell'edificio);
- verifica di ogni singolo elemento che compone il manto di copertura (presenza di eventuali rotture e/o criccature) al fine di accertarne l'eventuale riutilizzabilità e, in tal caso, procedere con la rimozione dalla superficie di ogni genere di deposito (muschi, licheni ecc.) per mezzo di una pulitura manuale tramite bruschinaggio con spazzole di saggina;
- totale o parziale (a seconda del tipo di intervento) rimozione del sottopiano (in pianelle o in tavolato) e della piccola orditura lignea compreso il disancoraggio dalla struttura primaria e loro, eventuale, accatastamento in luogo sicuro ed esterno alla struttura, avendo cura di selezionare gli elementi ancora efficienti e riutilizzabili e di effettuare eventuali interventi di pulitura che dovranno essere di tipo manuale con l'ausilio di spazzole di saggina. Nel caso in cui gli elementi si presentassero alterati (dipinti, trattati con materiali cerosi o vernici a smalto) e il progetto preveda il ripristino dello stato originale, occorrerà procedere alla loro sabbiatura con l'ausilio di appropriati apparecchi aeroabrasivi ricorrendo ad inerti indicati, nello specifico, dalla D.L.

2. Collegamento tra le strutture della copertura e la muratura

L'intervento si pone il fine di garantire un'adeguata connessione tra le strutture lignee di copertura e le murature, così da ridurre l'azione spingente delle coperture ed evitare pericolosi fenomeni di martellamento delle stesse sui setti murari. Particolare attenzione si dovrà porre nel valutare l'effettiva capacità meccanica delle murature d'imposta, sovente soggette ad infiltrazioni d'acqua, ad oscillazioni termiche (con conseguente disgregazione dei giunti di malta e degrado del materiale costituente l'apparecchio) e, appunto, a sollecitazioni degli appoggi delle strutture lignee.

Per quanto detto sopra risulta, sovente, consigliabile "bonificare", ovvero consolidare preventivamente le murature sommitali mediante il ripristino dell'imposta con elementi di laterizio pieno ben apparecchiati con malta idraulica. Varianti di questa procedura sono trattate nell'articolo specifico sul consolidamento delle murature.

2.1. Collegamento mediante zanche o spillature metalliche

Intervento quasi sempre attuabile ed idoneo a risolvere problemi legati all'azione spingente delle orditure lignee (special modo falsi puntoni).

Previa perforazione dei puntoni nell'asse mediano si procederà a collegarli con la struttura sottostante mediante zanche da annegare nella muratura sommitale ovvero nel cordolo, se questo è presente. Le zanche saranno costituite da piattine in

acciaio inossidabile 18/8 AISI 304L (sezione minima 5x50x500 mm) con l'estremità ancorata alla muratura, sdoppiata in due lembi ripiegati in versi opposti. Le zanche dovranno essere fissate ai falsi puntoni tramite doppia bullonatura in acciaio (minimo □ 12 mm) fermata con doppio dado. L'appoggio del puntone alla muratura d'imposta potrà essere aiutato grazie al posizionamento di opportuni cunei di legno (pancali), sagomati e dimensionati secondo le disposizioni di progetto, fissati (con chiodi inox o tirafondi filettati) alla struttura muraria, alle zanche di collegamento e ai puntoni stessi.

In alternativa, previo eventuale consolidamento della muratura d'attico (ovvero creazione di cordolo in muratura armata), si potrà ricorrere a spillature armate, intervallate ogni 40-50 cm, costituite o da barre nervate Fe B 44 K in acciaio inossidabile o zincato o da barre filettate AISI 316L (minimo □ 16 mm) di lunghezza variabile (comunque non inferiore ai 90 cm), inghisate in fori di diametro 36 mm, verticali o leggermente inclinati e successivamente sigillati con malta reoplastica a ritiro compensato o con resina epossidica a consistenza colabile esente da solventi, secondo quanto stabilito dagli elaborati di progetto. Queste barre filettate dovranno essere di lunghezza leggermente variabile tra loro, affinché nella muratura d'imposta non si crei un allineamento che potrebbe agevolare l'insorgenza di una lesione orizzontale. In presenza di cordolo in muratura armata potrà essere sufficiente collegare un tirafondo in acciaio inox uncinato (ad es. □ 20 mm) all'armatura del cordolo. Le spillature saranno collegate ai puntoni, sulla linea di gronda, attraverso un piatto metallico in acciaio Fe 360 zincato a caldo adeguatamente dimensionato (sezione minima 15x200 mm) posizionato sopra i puntoni con la duplice funzione di collegamento degli elementi lignei sul piano di gronda e ancoraggio degli stessi alla muratura. A seconda delle scelte di progetto la spillatura potrà essere saldata alla piastra (barra ad aderenza migliorata) o vincolata attraverso bullonatura (barra filettata).

L'intervento sarà completato con un modesto "getto" di malta adesiva (spessore minimo 6 cm) a sigillo dell'armatura longitudinale di collegamento (piatto più ancoraggi).

2.2. Collegamento mediante piatti metallici

L'intervento sarà consigliabile per tutte le coperture con orditure lignee semplici costituite da travi principali parallele alla gronda ed appoggiate su murature trasversali a timpano e orditura secondaria costituita da travicelli, mezzanelle, o palombelli. Il protocollo operativo prevede l'inserimento di più elementi congiunti (ancoraggi verticali, collegamenti longitudinali dei muri con tiranti ad "L", selle di appoggio delle travi ecc.), in corrispondenza del piano di imposta della copertura, capaci di collegare le murature e garantire un comportamento scatolare. La messa in opera di questo tipo di soluzione permetterà di realizzare un'opportuna indeformabilità e rigidezza del piano così da poter rinunciare alla messa in opera della caldana in cls. Tutte le connessione saranno, preferibilmente, eseguite con bullonatura e non con saldatura allo scopo di prevenire la diminuzione di protezione (disposizione all'ossidazione, dovuta alla rimozione della zincatura protettiva) che questa tecnica potrebbe introdurre.

Di pari passo all'eventuale consolidamento della muratura trasversale d'imposta, si procederà alla messa in opera dei dispositivi di appoggio ed ancoraggio delle travi principali costituiti, seguendo i disegni di progetto, da selle in acciaio inossidabile 18/8 AISI 304L o zincato a caldo (spessore minimo 5 mm), precedentemente ancorate al timpano di muratura mediante barre filettate AISI 316L (minimo 2 □ 16 mm) di lunghezza variabile (comunque non inferiore ai 90 cm), inserite in perforazioni (minimo □ 36 mm) verticali (o con lieve inclinazione) ed annegate in malta reoplastica, colabile, a ritiro compensato, fibrorinforzata ad alta duttilità. Le travi saranno vincolate alle selle (al fine di bloccare gli eventuali movimenti di scorrimento) mediante una caviglia metallica trasversale che potrà essere costituita (a seconda delle prescrizioni di progetto) da un tubo liscio (in acciaio inox) all'interno del quale verrà posto il perno che potrà essere formato da un bullone dotato di doppi dadi all'estremità; in alternativa la caviglia potrà essere composta da una barra inox filettata a sezione circolare (minimo □ 14 mm) dotata anch'essa di doppi dadi all'estremità. La superficie di contatto della trave con quella della sella sarà isolata tramite un foglio di neoprene (spessore circa 8-10 mm).

Le interconnessioni tra i vari elementi, in corrispondenza dei nodi (come angoli e collegamenti a martello) e dei colmi dei timpani murari saranno risolte con la preventiva messa in opera di piastre di connessione (spessore minimo 10 mm) che accoglieranno le necessarie bullonature (da 4 a 8) dei tiranti longitudinali, trasversali e diagonali. Queste piastre saranno ancorate alla muratura sottostante mediante opportuni tirafondi in acciaio zincato (minimo 4-6 □ 14 mm inghisati in □ 24 mm).

Per tutto il perimetro della muratura d'attico, sarà posizionato un ferro piatto (sui muri di testa e sui setti trasversali rompitratta) ovvero sagomato ad "L" (sulle pareti di gronda, dove appoggiano solo i travicelli), di acciaio zincato a caldo, adeguatamente dimensionato (ad es. 100x100 mm) di sezione minima 10 mm ancorato, tramite bullonatura (dado e rosetta di acciaio zincato) e/o tirafondi, alle piastre nodali, ai congegni di appoggio ed ancoraggio delle travi, ai travicelli ortogonali alla gronda e alla chiodatura armata della muratura longitudinale costituita da barre in acciaio uguali a quelle utilizzate per l'ancoraggio delle selle (□ 16/900 mm inghisate in □ 36 mm intervallate ogni 60 cm).

Il protocollo prevede, inoltre, il posizionamento di tiranti diagonali costituiti da piatti in acciaio (sezione minima 5x80 mm) disposti sulle falde e bullonati ai piatti perimetrali in modo da rendere indeformabile la maglia quadrangolare costituita in precedenza.

Viti autofilettanti in acciaio inox (□ 6/80-100 mm) assicureranno il collegamento tra l'orditura minuta e quella principale.

2.3. Collegamento mediante tiranti metallici

L'intervento verrà realizzato seguendo la procedura prevista all'articolo sul consolidamento delle murature con tiranti metallici.

In presenza di tetti spingenti a padiglione o a capanna con teste a padiglione, oltre a rimuovere la spinta dei falsi puntoni ortogonali alla linea di gronda, si dovrà rivolgere particolare attenzione ai falsi puntoni d'angolo (paradossi). Si renderà opportuno dotare il paradosso di doppio tirante in acciaio inox Fe 360, adeguatamente dimensionato (per es. 26 mm o 32 mm), messo in opera in modo tale che il falso puntone risulti come asse bisettore dell'angolo formato dalle due catene, che avranno il compito di assorbire la spinta secondo due componenti ortogonali. La catena (collegata al paradosso da imbracatura metallica, dim. minime 5x50 mm, fermata alla trave mediante bullonatura cieca) correrà al di sotto della struttura lignea e sarà ancorata (tramite capochiave in acciaio) dalla parte opposta ad un setto murario di taglio o di spina in idonea posizione e più prossimo al falso puntone.

Queste soluzioni dovranno essere utilizzate unicamente su materiale ligneo ancora in buono stato di conservazione così da garantire un valido collegamento con i dispositivi metallici.

In alternativa ai tiranti metallici e per strutture a capanna molto semplici e di modeste luci si potrà ricorrere alla messa in opera di doppie catene lignee adeguatamente dimensionate (ad es. 100x150 mm) posizionate allo spicco della muratura ed ancorate ai falsi puntoni spingenti attraverso barre filettate inox (minimo 2 12 mm) munite di doppi dadi ciechi a ciascuna estremità. Il legname utilizzato dovrà essere esente da difetti, perfettamente stagionato (salvo diversa prescrizioni di progetto), di specie durevole (ad es. faggio o larice) ed essere trattato preventivamente con prodotto anti-muffa ed anti-tarlo. Al fine di evitare eventuali svergolamenti delle tavole potranno essere introdotte delle chiavardature costituite da barre bullonate distanziate ogni 100-120 cm.

2.4. Collegamento mediante cerchiatura dell'edificio in sommità

Cordolo in c.a.

Il cordolo in cemento armato verrà realizzato seguendo le procedure previste nell'articolo sul consolidamento dei solai lignei (tenendo conto delle debite riserve espresse per questo tipo d'intervento). L'unica precisazione riguarda la preparazione della superficie di appoggio del cordolo che non dovrà essere, come, invece, usualmente avviene, spianata sommariamente ma, al contrario, dovrà essere lasciata scabra, debitamente bagnata e ripulita dalle polveri che vi si depositeranno tra un'operazione e l'altra, così da migliorare l'ancoraggio meccanico nella superficie a contatto.

Cordolo in muratura armata

In alternativa alla procedura precedente, si potrà mettere in opera un cordolo in muratura armata con barre nervate Fe B 44 K in acciaio inossidabile o zincato (l'armatura dovrà essere di almeno 8 cm²). Questa soluzione è accettabile dal momento che dà vita a cantieri che utilizzano materiali compatibili con quelli esistenti (laterizio o pietre) e, allo stesso tempo, non creano discontinuità tra le murature, evitando (in caso di eventi sismici) il frequente scorrimento in corrispondenza della superficie di contatto muratura-cordolo; inoltre non crea problemi di ponte termico e presenta una buona deformabilità verticale, che consente di scaricare i pesi sulle murature sottostanti evitando "l'effetto trave" proprio dei cordoli in c.a. Per armare il cordolo dovranno essere, preferibilmente, utilizzate barre ad aderenza migliorata in acciaio inossidabile o zincate (in alternativa si potrà utilizzare acciaio normale preventivamente trattato con boiacca passivante anticarbonatante); di norma per un cordolo a tre teste si utilizzerà una gabbia costituita da 2+2 16 mm e staffe 8/200-255 mm mentre, per cordoli più piccoli, potrà essere sufficiente armare con 2 22-24 mm legati con 2 spille 8-10/200 mm; in questi casi assieme al mattone UNI sarà richiesto l'uso di quadrucci pieni (ovverosia elementi di larghezza ridotta) così da lasciare lo spazio necessario per il collocamento delle barre di armatura. L'altezza del cordolo sarà dettata dai disegni di progetto, comunque non potrà essere inferiore a quattro filari di mattoni pieni con i rispettivi allettamenti di malta mentre, la larghezza minima, non dotrà essere inferiore alle due teste.

Nel caso la copertura venga munita di soletta di cls, si renderà necessario provvedere l'armatura del cordolo di staffe secondarie (minimo 8/400 mm) da collegare alla rete elettrosaldata della soletta soprastante. Medesimo criterio verrà adottato in presenza di aggetti di gronda: in questo caso, la gabbia di armatura, a supporto del cornicione, potrà essere "sagomata" seguendo le esigenze di progetto.

Una soluzione di questo tipo non prevederà l'uso di casseforme lignee per il getto (costituito da calce idraulica e sabbia silicea), in quanto i mattoni stessi faranno le veci di casseri a perdere, e, come tali, risulteranno in grado di racchiudere la malta che avvolgerà l'armatura.

Cordolo in legno

La funzione di "cappello strutturale" potrà essere ottenuta anche tramite l'inserimento, in sommità alle murature portanti, di una cordolatura in travi di legno, adeguatamente dimensionate seguendo le prescrizioni di progetto (comunque non inferiore a 250x250 mm). Il legname utilizzato dovrà essere netto, cioè esente da difetti, perfettamente stagionato (salvo diversa prescrizioni di progetto) e di specie particolarmente dura e durevole (ad es. quercia o castagno). Il cordolo dovrà essere

posato su una muratura perfettamente livellata, solida e stabile, sarà ancorato alla muratura d'imposta mediante barre filettate in acciaio inossidabile AISI 316L verticali o leggermente inclinate (minimo 1 □ 16 mm inghisata in □ 26 mm sigillata con malta reoplastica, colabile, a ritiro compensato, intervallate ogni 50-60 cm) di lunghezza variabile (lunghezza minima all'interno della muratura pari a 60 cm), fermate al cordolo mediante dado con rosetta in acciaio inossidabile (il cui lato minimo sarà di 3 □ per uno spessore minimo 0,3 □); la rosetta dovrà appoggiare sul legno per tutta la sua superficie. La superficie di contatto del cordolo con la muratura sarà isolata tramite un doppio foglio di neoprene (gomma sintetica resistente all'azione nociva degli agenti atmosferici).

Tutte le travi di cordolo dovranno essere preventivamente trattate con specifici prodotti anti-fungo e anti-muffa (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto nell'articolo specifico).

Cordolatura mediante applicazione di materiali compositi (FRP)

Qualora non fosse possibile procedere alla cerchiatura della muratura d'imposta del tetto seguendo le tecniche descritte negli articoli precedenti si potrà ricorrere all'applicazione di nastri di FRP (Fiber Reinforced Polymers): materiale composito costituito dall'unione di fibre (di carbonio, di vetro, aramidiche) continue ad altissime proprietà meccaniche a trazione e di una matrice polimerica (per es. resina epossidica bicomponente).

L'intervento prevede la cordolatura esterna mediante fasciatura (o *wrapping*) dell'apparecchio murario con nastri (larghezza variabile tra i 20 e i 30 cm con peso del tessuto variabile dai 230 g/m² ai 500 g/m²) costituiti da fibre unidirezionali previste dagli elaborati di progetto (fibre di carbonio, fibre aramidiche) combinate con i prescritti adesivi strutturali polimerici. Questo tipo di fasciatura presenta sia il vantaggio di collegare le murature ortogonali chiudendo la "scatola muraria", sia di assorbire le spinte orizzontali della copertura. I nastri saranno impregnati di resina epossidica seguendo il rapporto medio, se non diversamente specificato, di 50% fibra, 50% resina. Dal momento che gli spigoli vivi potranno comportare fenomeni di distacco e di esfoliazione dei nastri sarà opportuno, preventivamente, smussarli con un raggio minimo di 2 cm (maggiore sarà il raggio, migliore sarà la resistenza del sistema). A causa delle scarsa resistenza della resina agli agenti atmosferici sarà necessario proteggere la zona di intervento con appropriati teli di plastica od altri tipi di barriere, sia durante le fasi di lavoro sia dopo aver completato la procedura (almeno 24 ore e comunque fino a quando il "materiale composito" non abbia completato la fase di indurimento).

Nel caso di apparecchi murari, fasciati con FRP, ed esposti direttamente alle radiazioni solari si procederà all'applicazione di un'idonea pellicola a base di elastomeri puliuretanici (lavorabilità a 20 °C 60 min, temperatura minima di applicazione 5 °C, resistenza a trazione diretta ≥ 8 MPa, allungamento a rottura 100-200%, indurimento al tatto a 20 °C 24 h) che presenti sia buone caratteristiche elastiche sia resistenza all'azione degli agenti atmosferici. Questa protezione (disponibile in diversi colori) potrà essere messa in opera solo dopo che risulterà completata la fase di indurimento iniziale della seconda mano di adesivo epossidico. Nel caso in cui il progetto preveda di lasciare a vista la cerchiatura sommitale si provvederà a scegliere, per la protezione, un tono di colore non troppo discordante dalle tonalità circostanti.

Nel caso di interventi su apparecchi da ripristinare con finitura ad intonaco al fine di consentire l'agrappaggio dell'arriccio, si potrà ricorrere all'applicazione, sulla mano finale di resina non ancora indurita, di uno spolvero di sabbia di quarzo. Per poter manifestare la presenza della fasciatura si potranno utilizzare gli accorgimenti già, precedentemente descritti nell'articolo inerente il ripristino delle lacune di intonaco.

Le prescrizioni sulla procedura operativa seguiranno quelle previste nell'articolo sul consolidamento di volte mediante materiali compositi.

Iniezioni e cuciture armate

L'intervento verrà realizzato seguendo la procedura prevista nell'articolo sul consolidamento delle murature con iniezioni armate. Normalmente sarà indicato per quegli edifici il cui apparecchio murario a faccia vista risulti di particolare pregio o si presenti in un ottimo stato di conservazione, per cui la messa in opera di cordoli in cemento armato o in muratura armata sommitale, risulti sconveniente.

3. Connessione tra i diversi elementi costituenti l'orditura

L'intervento si pone il fine di garantire un adeguato collegamento fra i diversi elementi strutturali costituenti l'orditura, in quanto la sola eliminazione delle spinte dei falsi puntoni non è sufficiente a contenere i possibili danni creati da scorrimenti e cadute degli elementi lignei.

3.1. Connessione mediante staffe e/o piastre metalliche

Al fine di migliorare o creare collegamenti tra i vari elementi lignei costituenti l'orditura primaria e secondaria e seguendo le necessità dettate dal progetto, si potranno posizionare delle piastrine in lamierino zincato (sezione minima 2x40 mm) ancorate sull'intradosso delle orditure minori (per es. travicelli o mezzanelle) e in seguito ripiegate sulla superficie di appoggio di terzere o travi di colmo. Queste piastre saranno ancorate alle strutture lignee attraverso viti autofilettanti o chiodi inox (minimo 3 □ 4 mm per ogni elemento). Se il progetto dovesse prevedere il collegamento, in corrispondenza dell'orditura principale, (tramite

tavola di legno o piatto metallico), di tutti i travicelli non si renderà necessario collegarli tutti, ma sarà sufficiente vincolarne uno su tre; in caso contrario occorrerà effettuare l'intervento su tutta l'orditura minuta. I correnti potranno anche essere collegati all'orditura principale mediante vaschette metalliche zincate a doppio vano oppure attraverso angolari di lamiera di acciaio (spessore minimo 5 mm) muniti eventualmente di squadretta di irrigidimento; entrambi i dispositivi di ancoraggio saranno opportunamente fissati alle strutture lignee attraverso chiodi inox o viti autofilettanti.

In alternativa per collegare i travicelli inclinati di falda alla trave di colmo o i falsi puntoni agli arcarecci si potranno utilizzare delle staffe metalliche verticali ritorte sagomate a sella secondo i disegni di progetto; in ogni caso si renderà necessario anche il posizionamento di un piatto metallico zincato (sezione minima 2x50 mm) da collocare sull'estradosso dell'orditura e fissato a questa tramite tirafondi filettati zincati (minimo 3 □ 10-12 mm lunghezza 120 mm per parte).

Sarà sempre consigliabile (nei casi in cui si renderà possibile) realizzare il collegamento tra puntoni contrapposti, attraverso l'inserimento di doppio bullone in acciaio zincato a sezione circolare (minimo □ 14 mm su foro di □ 15 mm) e testa esagonale vincolato al legno con dado e rosetta in acciaio poggiata sul legno per tutta la sua superficie.

3.2. Connessione mediante tavola e/o gattello in legno

Nel caso di scempiato costituito da pianelle o mezzane il collegamento tra l'orditura lignea verrà garantito dal posizionamento di una tavola in legno posta in sostituzione del filare di pianelle in corrispondenza delle travi. Le tavole da impiegarsi dovranno essere prive di nodi, (rettificate con piallatura sulle facce maggiori e su quelle di costa), di spessore uguale a quello delle pianelle (comunque non inferiore a 25 mm) e verranno fissate ad ogni morale o travicello, attraverso chiodi ad aderenza migliorata o viti autofilettanti in acciaio inox (□ 4/80-100 mm), ed irrigidite saltuariamente con piastrine metalliche trasversali (sezione minima 5x35 mm) in grado di assorbire eventuali trazioni. Con questa tecnologia si otterrà sia l'eliminazione di ogni sconnessione lungo il piano di falda, sia il contenimento delle pianelle, altrimenti fermate solo dalla seggiola di gronda.

In alternativa per la connessione tra puntoni e arcarecci si potranno utilizzare gattelli in legno della stessa essenza dei puntoni o di qualità più dura. Il gattello potrà essere realizzato con massello trapezoidale largo circa 120-140 mm ed alto 70-100 mm, fissato con un tirafondo filettato di acciaio zincato (□ 10-12 mm lunghezza 150 mm) sull'arcareccio e con due tirafondi (delle stesse caratteristiche) sul puntone.

4. Irrigidimento e controventatura delle falde di copertura

L'intervento si pone lo scopo di migliorare o fornire una controventatura ed il conseguente irrigidimento delle falde di copertura, al fine di garantire un comportamento cosiddetto a piastra.

4.1. Irrigidimento e controventatura mediante tavolato ligneo

La procedura risulta realizzabile in tutte le coperture semplici nelle quali il piano di appoggio del manto di copertura si rilevi visibilmente deformato, in uno stato avanzato di degrado e male, o per niente, ancorato all'orditura sottostante. Tale intervento risulta di facile esecuzione (non richiede, infatti, manodopera specializzata), veloce ed a secco.

Dopo aver eseguito le operazioni preliminari di smontaggio della copertura si procederà alla posa in opera del tavolato ligneo perfettamente stagionato, (ad es. abete o larice) di spessore indicato dai disegni di progetto (comunque non inferiore a 25 mm) ed in funzione dell'interasse dei morali o correnti, piallato, fissato a perfetto contatto e posizionato ortogonalmente alla pendenza di falda. Il tavolato, che presenterà una maschiettatura da entrambi i bordi, sarà ancorato alla sottostante struttura attraverso viti autofilettanti di acciaio inossidabile o chiodi inox filettati o scanalati (minimo □ 4 mm inseriti con trapani per chiodature oppure manualmente) cominciando dalla linea di gronda e proseguendo, per corsi rigorosamente paralleli, fino a quella di colmo.

Si ricorda che tutto il legno che andrà posato in opera dovrà essere preventivamente trattato con prodotti fungicidi e/o tarlicidi (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto nell'articolo specifico).

4.2. -Irrigidimento e controventatura mediante croci di Sant'Andrea

La procedura risulterà adatta per le strutture di copertura allorché occorra aumentare l'indeformabilità del piano. L'intervento prevedrà il posizionamento di un "numero discreto" di controventature conformate a croce di Sant'Andrea (o altra configurazione) costituite da strutture supplementari quali tiranti in acciaio o in legno, necessariamente dotati di meccanismi di regolazione progettati secondo le rispettive tecnologie. Nel caso frequente in cui i dispositivi non siano collocati su ogni campata, ma solo in alcune, sarà necessario associare a questo intervento quello di connessione tra le orditure e le strutture complementari con, ovviamente, maggior attenzione nelle campate prive di controventature. Questo tipo d'intervento potrà essere collocato non solo sui piani di falda ma anche nel piano d'imposta delle incavallature o in quello verticale longitudinale che passa tra i monaci delle capriate. Questa tecnologia si rivela valida dal momento che non è troppo invasiva, non produce incrementi di peso, consente la conservazione anche integrale della struttura originale (quando lo stato di conservazione lo consente) e permette di migliorare la risposta strutturale all'eventuale evento sismico.

Operativamente la procedura (per tiranti costituiti da piatti in acciaio, di norma più adatti per leggerezza, modesto ingombro, misurato disturbo visivo e differenziazione totale dalla struttura originale) prevedrà la messa in opera di collari e staffe di ritenuta dove agganciare i tiranti, costituiti (seguendo le prescrizioni di progetto) da cavi nudi o rivestiti e protetti da guaine isolanti (in ogni caso dovranno essere dotati di organi di regolazione, tipo tenditore a manicotto), o più frequentemente da piatti in acciaio Fe 360 zincato a caldo, di sezione minima 5x80 mm. I punti dove "ancorare" i tiranti dovranno essere

sufficientemente resistenti e saldi da sostenere le nuove azioni senza incorrere in successivi dissesti dell'unità strutturale; verranno, pertanto, scelte le sezioni prossime ai nodi, nei quali la stessa unione delle membrane concorrenti garantisce un rincalzo della sezione (per scontate ragioni di convergenza delle forze). Di norma la controventatura di falda sarà applicata ai puntoni in corrispondenza degli appoggi ed in sommità; oppure, nel caso di controventatura costituita da piatti in acciaio, potrà essere ancorata direttamente alla muratura d'ambito. I tiranti, saranno fissati a piastre d'ancoraggio, preventivamente collegate alla muratura con tirafondi filettati AISI 316L (minimo □ 12 mm), preferibilmente mediante bullonatura.

In alternativa ai piatti metallici potranno essere utilizzate tavole di legno (ad es. faggio o larice), perfettamente stagionate, di spessore minimo 25 mm da fermare all'intradosso dell'orditura con viti autofilettanti d'acciaio inossidabile (minimo □ 4 mm). Un limite di questo intervento risiederà nel fatto che, modificando esteticamente l'aspetto dell'intradosso del coperto, non sempre risulterà applicabile.

4.3. Irrigidimento mediante caldana armata in cls

Obiettivo dell'intervento è di irrigidire il piano di copertura mediante una cappa in calcestruzzo. L'operatore dovrà porre particolare attenzione alla realizzazione di un'adeguata collaborazione tra soletta e morali lignei; tale connessione non dovrà presentare scorrimenti, potrà essere garantita da connettori costituiti da vitoni tirafondi adatti per il legno con testa esagonale in acciaio zincato di lunghezza di circa 100-150 mm e □ 8-10 mm. Dopo aver posizionato i connettori sui correnti ad una distanza massima di 30 □ si posizionerà e si legherà a questi la rete in acciaio elettrosaldata di Fe B 38 K adeguatamente dimensionata (ad es. tondi □ 6 mm e maglia 200x200 mm).

Si procederà infine al getto della soletta collaborante con calcestruzzo alleggerito (con argilla espansa o vermiculite di granulometria 1-8 mm) isolante, avente i requisisti richiesti dagli elaborati di progetto (peso asciutto in opera di 950 kg/m³, conducibilità termica a secco 0,24 W/mK, classe di lavorabilità S3 (semifluido), classe 0 di resistenza al fuoco) con, in ogni caso, uno spessore minimo di 5 cm. Questa soletta, oltre ad assolvere il compito di controventatura e, grazie alla rete elettrosaldata, di ripartizione di carichi, assolverà anche il compito di regolarizzare il piano di falda, dato da non sottovalutare in quanto, frequentemente, fonte di infiltrazioni di acque meteoriche con conseguente degrado dei materiali.

5. Fissaggio elementi sporgenti

L'intervento è indirizzato verso tutti gli elementi aggettanti dalle coperture come comignoli, antenne, abbaini, torrini ecc.

I manufatti che fuoriescono dal piano di copertura con vasta superficie di appoggio ed alto peso, proprio come comignoli ed abbaini, andranno fissati alla base attraverso un profilato ad "L" di dimensioni minime 100x8 mm e lunghezza uguale alla dimensione del manufatto da ancorare. Tale profilato verrà ancorato all'impalcato di copertura (costituito, a seconda dei casi, da tavolato in legno, da pianelle in cotto o da soletta in cls) attraverso 4 tirafondi in acciaio zincato, minimo □ 10 mm di lunghezza tale da essere fissati all'intradosso dell'impalcato con dado ad una contropiastra in acciaio di sezione minima 8x80 mm.

Altri elementi leggeri e snelli, come antenne o aste per bandiere, dovranno essere messi in opera sull'impalcato attraverso una piastra in acciaio zincato (dimensione minima 10x300x300 mm) munita di asola ad incastro di dimensioni tali da poter posizionare la base del manufatto in oggetto. La suddetta piastra sarà ancorata all'impalcato mediante 4 viti tirafondi seguendo la procedura descritta sopra. In caso di elementi alti si renderà necessario posizionare, ad un'opportuna distanza dalla base del manufatto, una o più piastre, (seguendo le prescrizioni della D.L.) di analoghe dimensioni alle quali saldare un dispositivo regolabile (ad es. i tenditori tradizionali con cavetto e morsetti di bloccaggio in acciaio zincato) per controventare l'estremità libera dell'elemento da fissare.

Successivamente all'ancoraggio di queste piastre si dovrà porre particolare attenzione ai raccordi tra i piani verticali con quello "orizzontale" di copertura posizionando appositi faldali, o gusci di raccordo, al fine di evitare infiltrazioni di acque meteoriche.

6. Rigenerazione di testate di travi e nodi di incavallature

L'intervento verrà eseguito allorché la testa di una trave risulti deteriorata in modo avanzato, (tanto da compromettere la stabilità dell'intera unità strutturale con il rischio di coinvolgere, per l'azione che le strutture ausiliari esercitano, quelle adiacenti) e, pur non garantendo un adeguato appoggio, non si ritenga opportuno operare la sostituzione totale della struttura, sia per ragioni estetiche, sia economiche che logistiche (difficoltà della procedura di sostituzione). Prima di effettuare qualsiasi operazione sostitutiva e/o consolidante parziale o integrale, dovrà essere effettuata una scrupolosa campagna diagnostica del manufatto al fine di verificare lo stato conservativo della trave e la sua reale efficienza statica.

A questa categoria di intervento appartengono diverse tecniche esecutive, alcune condivisibili (quelle cioè che impiegano prevalentemente legno come gli incalmi o legno lamellare in opera) altre accettabili con riserva, come quelle che prevedono la ricostruzione della testata della trave mediante getto di betoncino epossidico e protesi costituite da barre in acciaio inossidabile o vetroresina.

6.1. Ricostruzione mediante protesi in legno

La procedura si effettuerà dall'estradosso della trave; previa puntellatura della struttura, con ritti regolabili da cantiere, si rimuoveranno nelle zone limitrofe alla testa della trave le porzioni del pavimento o del manto di copertura con i relativi tavolati di supporto ed eventuali travetti o morali dell'orditura secondaria; infine si scoprirà la testa della trave liberandola dall'ammorsatura del muro. Si eseguirà, seguendo le indicazioni di progetto, un'accurata pulizia al fine di evidenziare la parte

danneggiata e si procederà ad asportare le parti deteriorate (marcescenti) del legno che, a giudizio della D.L., non potranno essere risanate; si ricorda che sarà esplicitamente vietato l'uso dell'accetta.

La creazione d'appropriate protesi in legno potrà essere eseguita seguendo diverse tecniche, in ogni caso l'obiettivo dell'intervento, oltre al ripristino dell'efficacia del collegamento esistente, sarà quello di mantenere, per quanto sarà possibile, l'articolazione e la duttilità originale del nodo. Il materiale ligneo, da mettere in opera per l'integrazione, dovrà essere d'eccellente qualità (anche superiore a quella del materiale originale), privo di difetti, a bassa umidità (non dovrà superare il 6-10%); inoltre dovrà essere, se sarà possibile, della stessa specie legnosa o, altrimenti, di una specie altrettanto dura e durevole. Tutto il legname utilizzato dovrà essere preventivamente trattato con prodotti biocidi.

Protesi con legno lamellare "artigianale"

L'operazione prevederà la creazione di teste di travi o nodi di capriate tramite legno lamellare artigianale eseguito in cantiere mediante la posa in opera di tavolette (di norma della stessa specie legnosa e di uno spessore di circa 25 mm) attaccate gradualmente sul legno originario e tra loro. Tra queste fasce di legno sarà possibile inserire delle lamine in acciaio inossidabile 18/8 AISI 304L (in alternativa delle barre d'acciaio inossidabile filettate o ad aderenza migliorata) sigillate con adesivo epossidico a consistenza tissotropica (caratteristiche meccaniche medie: resistenza a trazione 18-20 N/mm², resistenza a compressione 45-55 N/mm², resistenza a flessione 30-60 N/mm², modulo elastico 4000 N/mm²). Questa tecnica presenterà il vantaggio di una possibile, quanto parziale reversibilità; di contro è una tecnica lenta e talvolta onerosa (è consigliabile che la procedura sia eseguita da manodopera specializzata) inoltre, normalmente, si rileva difficile aumentare i carichi d'esercizio mantenendo le sezioni originali.

Protesi con guance

La procedura sarà messa in opera sia per fornire resistenze aggiuntive, a complemento di quelle perse, alle strutture degradate da agenti biologici, sia per infondere la rigidezza all'intera unità strutturale che ha perduto, in esercizio, le proprietà geometriche originali a causa dell'insufficiente dimensionamento, par carico eccessivo o per fluage.

L'intervento potrà essere interpretato come una sorta di placcaggio laterale (il calcolo della trave verrà condotto per unica sezione, somma delle singole sezioni) costituito dall'aggiunta di "guance" lignee, composte da tavole di legno duro o strisce di pannelli di compensato multistrato per usi strutturali sui bordi della struttura (nel caso di riconferire la rigidezza perduta sarà necessario applicare lamine parallele estese per tutta la luce della membratura) o del nodo, eseguendo le connessioni nelle parti sane delle membrane. Il ricorso a questi pannelli sarà consigliabile in quanto, in essi, il ritiro dei fogli componenti sarà compensato dalle direzioni alternativamente perpendicolari delle fibre, inoltre presenterà il vantaggio di utilizzare sezioni esigue ed evitare l'attacco di parassiti. La specie legnosa dovrà, preferibilmente, essere la stessa della membratura ma, se ciò non risultasse possibile, si potrà optare per altra specie con accentuate caratteristiche meccaniche. Questa procedura verrà utilizzata, prevalentemente, per il rinforzo di strutture secondarie dove gli sforzi non hanno ordini di grandezza elevati e dove presentando sovente sezioni non rigorosamente uguali per tutti gli elementi, l'eventuale lieve aumento di spessore potrà essere accetto; nel caso in cui la struttura fosse sottoposta anche a sforzi di torsione l'operazione sarà sconsigliata.

Queste lamine di compensato ligneo, messe in opera già forate, dovranno essere incollate alla struttura originale mediante adesivo epossidico ed ancorate mediante barre filettate in acciaio inossidabile AISI 316L fermate con dadi ciechi (minimo 2 □ 10 mm inghisato in □ 14 mm) o viti autofilettanti in acciaio inossidabile seguendo le indicazioni di progetto; talvolta potrà essere necessario mettere in opera anche cerchiature, in special modo in presenza di sezioni sottoposte a momento flettente (per maggiori specifiche sull'inserimento di cerchiature si rimanda all'articolo specifico).

Specifiche

Nel caso in cui le guance fossero costituite da tavole di legno duro sarà necessario disporle in modo da contrastare il naturale ritiro del legno, pertanto se i dispositivi di collegamento saranno posti in vicinanza o direttamente agenti sui bordi, la tavola dovrà essere posta in modo che la concavità degli anelli di accrescimento sia rivolta verso l'interno così da contrastare l'imbarcamento; mentre se i collegamenti saranno posizionati in corrispondenza dell'asse longitudinale la disposizione sarà opposta, ovverosia con gli anelli di accrescimento rivolti verso l'esterno.

Protesi con incalmi

L'intervento si baserà sulla tecnica dell'incalmo, ovverosia la sostituzione della parte degradata con una protesi di legno massiccio stagionato della stessa specie di quello originale, unita al moncone sano mediante una giuntura verticale da realizzarsi con profili ad incastro (ad es. a metà legno retto od obliquo, a dardo di Giove, a forchetta ecc.) sagomato seguendo le prescrizioni di progetto o specifiche delle D.L. (di norma la lunghezza dell'incastro varia dalle 2 alle 3 altezze della trave). Al fine di migliorare questa unione si potranno utilizzare delle appropriate cravatte metalliche o dei bulloni in acciaio inossidabile (minimo 2 □ 10 mm inghisate in □ 11 mm, i fori per i

bulloni potranno avere un diametro massimo aumentato di solo 1 mm rispetto al diametro del bullone stesso) a sezione circolare e testa esagonale vincolati al legno con dado cieco e rondella in acciaio con diametro minimo 3,5 □ (con diametro uguale al diametro del bullone) e spessore di almeno 0,3 □ (in ogni caso non inferiore ai 4 mm). I bulloni dovranno essere stretti in modo tale che gli elementi siano ben serrati e, se sarà necessario, dovranno essere ulteriormente stretti quando il legno avrà raggiunto il suo contenuto di umidità di equilibrio. Una regola pratica per calcolare la distanza tra le barre stabilisce una misura minima di 7 □ e comunque non inferiore a 10 cm.

Una variante a questa procedura, per testate di travi, prevederà il taglio a 45° (in ogni caso compreso tra 30° e 60°) della struttura lignea degradata, con la conseguente messa in opera della protesi in legno massiccio. Le due parti saranno vincolate da barre nervate Fe B 44 K in acciaio inossidabile, il numero minimo consigliato, dall'Eurocodice 5, sarà di 2+2 □ 12 mm inghisati in □ 16 mm (il diametro del foro consigliato sarà pari al diametro nominale della barra scelta + 4 mm) per una lunghezza minima di ancoraggio, (consentita dall'EC5, UNI ENV 1995) di 200 mm (la lunghezza minima consentita dall'EC5 è la massima fra 0,4 x □ 2 della barra e 8 x □). Queste barre verranno posizionate in altrettanti fori o scassi laterali (distanza minima tra centro della barra ed i bordi laterale, inferiore/superiore della sezione 2,5 x □ = 35 mm) realizzati nella trave e nella protesi, tramite trapani o frese, vincolate alla struttura lignea tramite adesivo strutturale epossidico (caratteristiche meccaniche medie: resistenza a trazione 18-20 N/mm², resistenza a compressione 45-55 N/mm², resistenza a flessione 30-60 N/mm², modulo elastico 4000 N/mm²), in caso di scassi laterali, saranno richiuse con un tassello in legno che, consentendo una finitura con pialletto, permetterà di raggiungere una buona risoluzione estetica.

In caso di ripristino degli elementi di una capriata lignea la procedura sarà identica a quella sopra descritta ad eccezione dell'inclinazione del taglio della parte degradata che sarà in funzione della sollecitazione principale che la struttura dovrà assolvere: per la catena l'inclinazione sarà di circa 60° per meglio trasmettere lo sforzo di taglio, per i puntoni (o altra struttura prevalentemente compressa) sarà indicato operare un taglio a 90° (giunto testa a testa).

6.2. Ricostruzione mediante concrezioni epossidiche ed elementi di rinforzo

Questo tipo di intervento dovrà essere eseguito solo in caso di vera necessità e quando non si possa realmente intervenire con sistemi meno invasivi. L'intervento si effettuerà dall'estradosso della trave e seguirà le medesime procedure preliminari del precedente, ad eccezione della possibilità, se espressamente richiesta dalla D.L., di lasciare uno strato superficiale di legno in modo da assumere la funzione di casseratura, almeno parziale, del successivo getto. Si praticheranno dei fori nel legno sano aventi profondità ed inclinazione dettate dal progetto; previa pulizia del foro mediante aspirazione dei trucioli si inseriranno, seguendo le indicazioni di progetto, le barre in acciaio inossidabile Fe B 44 K ad aderenza migliorata o filettate (ad es. □ 12 mm inghisato in □ 16 mm) o in vetroresina per una lunghezza minima di 50 cm e si posizioneranno le eventuali staffe □ 8/200 mm (di acciaio inossidabile) di completamento dell'armatura; infine si provvederà al getto riempitivo in conglomerato di resina epossidica normalmente caricato con inerti o fibre. Questo composto dovrà essere capace di trasmettere sforzi di taglio nell'ordine di grandezza di quelli sopportati dal legno massiccio (circa 2-3 N/mm²).

L'eventuale casseratura potrà essere rimossa solo a presa avvenuta (circa una settimana), mentre la puntellatura potrà essere dismessa previa ricostruzione della breccia e maturazione del getto.

Questa tecnica ha, indubbiamente, il vantaggio di essere relativamente economica, rapida e versatile senza alterare significativamente (specie se è possibile lasciare l'involucro della trave) l'estetica della trave, di contro, specie se adoperata per ricostruire interi nodi di capriate, può rivelarsi pericolosa a causa del mutamento della ripartizione delle tensioni interne. Inoltre, il valore antisismico dei collegamenti delle aste lignee, indotto dalla duttilità del collegamento stesso, viene a mancare.

7. Consolidamento di travi mediante cerchiature

La procedura si rivolgerà a strutture sottoposte a sollecitazioni non elevate interessate da rotture, deformazioni o in ogni caso fessurate, purché queste non siano attaccate da funghi, insetti o altre patologie debilitanti i tessuti legnosi. Questa tecnica si baserà sul ricollegamento di porzioni distaccate attraverso l'operazione combinata di viti autofilettanti e di cerchiature metalliche. Sarà una procedura totalmente reversibile che non richiederà alcuno smontaggio dell'unità strutturale.

Previo puntellamento dell'unità strutturale si procederà all'immissione perpendicolare, alla superficie di rottura (così da essere sollecitate, in prevalenza a taglio e trazione), delle viti autofilettanti (operazione da compiere a mano e con il sussidio di idonee dime lignee) in eventuali perfori eseguiti con trapano a sola rotazione munito di punta notevolmente più sottile del gambo della vite. L'uso del trapano potrà essere d'aiuto anche per sondare i tessuti legnosi, non si potrà, infatti, utilizzare questa procedura in presenza di rotture nette con tessuti legnosi affetti da attacchi biocidi (inconsistenza del legno). Le viti (minimo □ 6-8 mm) dovranno, preferibilmente, essere d'acciaio inossidabile (o in ottone) così da presentare, oltre alla resistenza alla corrosione, particolare proprietà di durezza del filetto e un'eccellente attitudine al taglio. La lunghezza sarà in rapporto alla sezione della struttura e seguirà le disposizioni di progetto, in ogni caso la parte liscia del gambo dovrà essere circa pari alla parte separata della trave più vicina alla testa della vite stessa.

La cerchiatura sarà composta, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, da due bracci piatti in acciaio inossidabile AISI 304L (uniti da viti di serraggio e di regolazione rivolte in basso per facilitare la regolazione) sagomati a sella (al fine di escludere sollecitazioni nocive sui bordi della struttura in fase di bloccaggio e di esercizio) nelle parti (superiori ed inferiori) a contatto con la trave, ma con l'interposizione di idonei materiali (tavole di legno duro, strisce di compensato per usi

strutturali ecc.) adatti a diffondere le tensioni ed evitare il contatto diretto tra acciaio e legno, sovente fonte di condense, a tal fine anche i bracci laterali saranno tenuti separati dal legno mediante interposizione di foglio in neoprene.

ART. 17 – IMPERMEABILIZZAZIONE COPERTURE

Art. 17.1 – OPERAZIONI DI IMPERMEABILIZZAZIONE ED ISOLAMENTO COPERTURE

1. Copertura ventilata

L'intervento si pone lo scopo di fornire un adeguata impermeabilizzazione e isolamento ai coperti in legno. Le casistiche sono molteplici in ogni caso si dovrà mettere in opera un sistema d'impermeabilizzazione ed isolamento atto a realizzare un tetto ventilato. Una copertura si può definire ventilata (superficie di aerazione almeno 1/5 della superficie totale del manto) quando il manto di copertura si distacca dallo strato isolante, creando un'intercapedine che permetta una costante circolazione d'aria dalla gronda fino alla linea di colmo (allo stesso tempo si devono evitare correnti trasversali). I vantaggi di una costante ventilazione sono molteplici:

– riduzione della trasmissione di calore all'interno del sottotetto;
– omogeneità della temperatura dell'aria tra la faccia inferiore e quella superiore del coppo, con conseguente riduzione di shock termici, a favore del degrado dei coppi;
– eliminazione di eventuale umidità tra il coppo e l'impermeabilizzazione, con il vantaggio di avere il pacchetto tetto asciutto;
– eliminazione della formazione di condensa che favorisce l'insorgenza di muffe e la conseguente riduzione della vita dei coppi;
– miglioramento dell'isolamento termico in quanto evita che il materassino isolante si inumidisca.

La camera d'aria potrà essere ricavata con diverse soluzioni tecniche anche se la casistica può essere semplificata in due gruppi:

a) intercapedine con pannelli,

b) intercapedine con lastre ondulate o regoli.

1.1. Manto di copertura su pannelli

L'intervento potrà essere adottato per tutti i manti di copertura (coppi e canali, embrici e coppi, tegole marsigliesi, lastre di ardesia, tegole canadesi ecc.) grazie alla messa in opera di particolari pannelli modulari, (leggeri, robusti e facili da posare) composti da una lastra termoisolante (costituita a seconda delle esigenze da polistirene estruso, polistirene espanso sintetizzato o sughero termopressato) di densità variabile dai 25 kg/m³ ai 35 kg/m³ per le lastre di polistirene, fino a 200 kg/m³ per quelle in sughero, conducibilità termica (□) W/mk 0,033-0,036, munita di distanziatori troncoconici o parallelepipedi del medesimo materiale e battentatura sui quattro lati. Gli spessori della lastra e dei relativi distanziatori potranno variare secondo le esigenze di progetto (spessore lastra minimo 40 mm massimo 80 mm; distanziatore minimo 40 mm massimo 60 mm). Il pannello sarà completato con una lastra di OSB (Oriented Strand Board) idroresistente (spessore 10 mm) solidamente assemblata ai distanziatori al fine di formare un supporto piano (una sorta di assito facilmente pedonabile) comodo ed affidabile per la successiva messa in opera di qualsiasi manto di copertura. Il piano in multistrato, trattato con prodotti anti-muffa e anti-parassiti, permetterà la diretta posa in opera del manto di copertura; in ogni caso, se non vietato da prescrizioni di progetto o indicazioni della D.L., sarà opportuno impermeabilizzare il piano attraverso guaine bituminose ardesiate saldate a caldo, oppure con membrane permeabili al vapore posate a secco.

La circolazione d'aria sarà garantita in gronda dalla posa in opera di laterizi forati schermati da pettine parapassero in pvc di altezza adeguata (h = 95-125 mm) o, più semplicemente da rete, a maglia stretta, di ottone od altro materiale idoneo; sulla linea di colmo si garantirà la fuoriuscita d'aria posando apposite bocchette in plastica (di sagoma variabile a seconda del tipo di manto montato) ovvero posando un laterizio forato tagliato a dimensione opportuna e fissato con malta. In alternativa potrà essere messo in opera un listone ligneo, distanziato e fissato al pannello (o alla sottostante caldana in cls) con idonee staffe metalliche zincate. Sul listone, protetto da una grembialina impermeabile e traspirante (larghezza media 300-400 mm), verranno fissati i ganci fermacolmo, e, successivamente, le tegole di colmo. Al fine di evitare correnti trasversali i pannelli dovranno essere tamponanti sui lati dove non sarà prevista la ventilazione; la tamponatura potrà essere eseguita con gli stessi elementi forati utilizzati sulla linea di gronda, posti in opera sul lato pieno o con analoghi sistemi di tamponatura riportati dalle disposizioni di progetto o indicazioni della D.L.

I pannelli si potranno posare direttamente sulla caldana in cls o sull'assito in legno o cotto, saranno ancorati con punti di incollaggio, viti autofilettanti o chiodi da carpentiere solo in caso di pendenza superiore al 30%: in presenza di queste pendenze si renderà necessario agganciare gli elementi di copertura con appositi ganci fermacoppo sagomati ad "S" di acciaio inossidabile o zincati a sezione piatta o circolare (è, comunque, buona norma utilizzare sempre i ganci fermacoppo). La posa in opera partirà dalla linea di gronda per poi risalire fino al colmo; i pannelli dovranno essere accostati fra loro avendo cura di garantire la continuità dello strato isolante specie negli eventuali tagli a misura (displuvi, compluvi, colmi), tagli che potranno essere eseguiti facilmente con normali attrezzi da cantiere.

In presenza di tetti a padiglione le falde di testa dovranno essere provviste, nella parte sommitale, di dispositivi aeratori di copertura. La procedura prevedrà la foratura del piano in OSB mediante una fresa a tasca di diametro di circa 100 mm al fine di inserirvi una curva in pcv o, preferibilmente in cotto, del medesimo diametro. Questa bocchetta dovrà essere sigillata ovvero, protetta mediante appositi faldali di raccordo al manto impermeabilizzante e dovrà altresì essere dotata di rete in ottone parapasseri e/o insetti.

La posa in opera del manto di copertura avverrà in maniera tradizionale, la prima fila di coppi sulla linea di gronda potrà essere tranquillamente tamponata con malta di calce, in quanto la ventilazione sarà garantita dal sottostante elemento di battuta (laterizio forato).

1.2. Manto di copertura su lastre ondulate o regoli

L'intervento simile a quello descritto nell'articolo precedente si differenzia per alcuni elementi: il pannello isolante, della medesima natura di quello precedente (spessore medio 40-60 mm), non sarà munito di distanziatori ma soltanto di battenti sui quattro lati.

La ventilazione sarà garantita dalla posa in opera di idonee lastre sottocoppo costituite da un monostrato di fibre organiche bitumate (spessore variabile da 2 a 2,6 mm) opportunamente ondulate, secondo le indicazioni di progetto, così da agevolare il perfetto alloggiamento degli elementi di copertura (coppi, embrici, tegole marsigliesi). La posa di queste lastre su assito di legno o caldana in cls avverrà per file parallele, partendo dall'angolo inferiore della copertura, opposto ai venti dominanti, salendo via via verso il colmo; le sporgenze in gronda non dovranno superare i 2-4 cm. La prima lastra sarà posizionata a battuta di una griglia parapasseri in lamiera 20/10 preverniciata, precedentemente chiodata (in ragione di 4-5 fissaggi a ml) al listello di controseggiola (sulla linea di gronda) con una sporgenza all'interno del canale di gronda di circa 2 cm (al fine di permettere la percolazione dell'acqua); in alternativa si potranno utilizzare appositi pettini in pvc. L'ancoraggio delle lastre avverrà attraverso un adeguato fissaggio meccanico (sempre sul vertice dell'onda) con chiodi in acciaio inossidabile (3 mm lunghezza 60-120 mm) muniti di guarnizione in polietilene; il numero e la disposizione dei chiodi, variabile a seconda della ventosità della zona, sarà dettata da specifiche della D.L., di norma i fissaggi saranno posizionati in due file parallele al senso della sovramonta trasversale (non inferiore ai 10-15 cm) in sommità ad ognuno dei lati delle lastre; la terza fila verrà posizionata al centro di ogni lastra (per una lastra di 200x100 cm occorreranno, in media, dai 5 ai 10 chiodi al metro quadrato a seconda delle condizioni climatiche). La sovrapposizione laterale delle lastre sarà di un'onda.

La ventilazione sul colmo verrà garantita da apposite bocchette di ventilazione posizionate tra i coppi o attraverso la messa in opera di dispositivi per la sopraelevazione degli elementi di colmo (listello di legno) così come descritto nell'articolo precedente.

La messa in opera del manto di copertura potrà avvenire tramite l'ausilio di appositi ganci fermacoppo, in acciaio inossidabile, sagomati ad "S" da posizionare sulla griglia in gronda (lunghezza 50 mm), con il fine di impedire in maniera semplice e sicura lo scivolamento dei coppi e dei canali e lungo la falda (lunghezza circa 90-105 mm), per permettere una sovrapposizione costante dei manufatti; in caso di elevate pendenze o prescrizione di progetto si potrà ancorare una fila di coppi ogni 5-6 tramite un gancio rompitratta di lunghezza superiore ai 300 mm.

In alternativa alla lastra ondulata, per posizionare in maniera tecnicamente corretta le tegole si potrà utilizzare un'orditura minuta supplementare (da montare sopra il pannello isolante munito di apposite guide) costituita da correnti e listelli in legno (dim. circa 50x25-30 mm) orditi nei due sensi e sovrapposti (preventivamente trattati con prodotti insetticida e fungicida) o, più semplicemente, da dei profilati sagomati ad omega ( ) in metallo zincato e traforati al fine di far circolare l'aria. Entrambi i dispositivi dovranno essere distanziati in funzione della tegola o del coppo che andrà montato (distanza variabile dai 24 ai 33 cm). Il primo listello in gronda, al fine di effettuare una corretta messa in opera delle tegole, dovrà essere, ovviamente, maggiorato in altezza.

I pannelli isolanti utilizzati, generalmente, per quest'ultima procedura saranno realizzati in schiuma rigida di poliuretano espanso a cellule chiuse, ricoperti da un involucro impermeabilizzante in fibra minerale ovvero da una lamina di alluminio goffrato, lo spessore varierà da un minimo di 50 mm, ad un massimo di 85 mm, densità 35 kg/m³, conducibilità termica ( ) W/mk 0,026-0,030. I pannelli saranno battentati sui quattro lati al fine di agevolare la messa in opera; eventuali raccordi in punti particolari (compluvi, displuvi) si eseguiranno tramite iniezioni di schiuma poliuretanica; sarà, comunque, consigliabile sigillare tutte le giunture dei pannelli con apposite bande autoadesive a freddo in alluminio bitumato.

2. Impermeabilizzazione terrazze a tasca

La procedura sarà rivolta a quei manufatti che necessiteranno di operazioni di impermeabilizzazione al fine di ripristinare la tenuta all'acqua ed eliminare le eventuali infiltrazioni ai vani sottostanti.

La procedura prevedrà lo smontaggio della pavimentazione (si veda articolo specifico) compreso l'eventuale zoccolino battiscopa, la sottostante malta d'allettamento e l'eventuale massetto di pendenza (saranno categoricamente da evitare smontaggi e demolizioni di solette collaboranti). Successivamente previa asportazione di parti friabili, polvere e qualsiasi sostanza estranea dalla superficie della soletta, la procedura prevedrà la regolarizzazione delle irregolarità e la eventuale correzione delle pendenze (che non dovranno essere inferiori al 2%) mediante la posa in opera di un massetto (minimo 3 cm) in conglomerato dosato a 2,5 q di calce idraulica naturale NHL 5 e sabbia grossa (granulometria: 2 parti 1,5-5 mm + 1 parte 0,5-1,2 mm) o aggregati alleggeriti tipo argilla espansa o vermiculite (granulometria 1-5 mm); il massetto dovrà essere tirato a regolo, battuto e spianato seguendo i livelli stabiliti dagli elaborati di progetto; dovrà, inoltre, essere lasciato stagionare per il

tempo necessario (almeno 3 giorni) e le eventuali lesioni che si manifestassero andranno riempite con boiacca di calce idraulica.

Su questo piano si procederà alla messa in opera dell'impermeabilizzazione utilizzando se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, una guaina liquida elastomero bituminosa all'acqua (prodotto a consistenza liquida a base di bitumi con elastomeri e filler in dispersione acquosa, allungamento a rottura ca. 1000%, resistenza alte temperature >150 °C, flessibilità a freddo –10 °C, resistenza a trazione long. 16 N/cm² e trasv. 20 N/cm², tempo di essiccazione superficiale ca. 1 h) stesa a pennello o a rullo in due mani, a distanza di 24 ore una dall'altra, (diluita con il 5% di acqua per un consumo di circa 1 kg al metro quadrato) in uno spessore massimo di 1 mm per ogni mano. I piani orizzontali dovranno essere raccordati con quelli verticali (così da ottenere una perfetta tenuta impermeabile del sistema) tramite l'utilizzo d'appositi faldali o gusci (ad es. nastro di poliestere gommato fermato ed in seguito verniciato con la medesima guaina liquida) al fine di evitare infiltrazioni di acque meteoriche.

Ad impermeabilizzazione perfettamente secca s'incollerà (mediante la stessa resina bituminosa) un foglio di tessuto non tessuto in poliestere imputrescibile da 170 g/m² (caratteristiche minime: punto di rammollimento >150 °C, peso ca. 1,2 kg/m², flessibilità a freddo –10 °C, stabilità di forma a caldo >120 °C, carico di rottura a trazione long. 800 N/5 cm, trasv. 370 N/5 cm, allungamento a rottura long. 30%, trasv. 50%) allo scopo sia di proteggere il manto impermeabile sia per assolvere il compito di supporto poroso per la successiva adesione del collante (o d'altro impasto indicato dalla D.L.) delle nuove piastrelle di rivestimento. La procedura terminerà con la posa in opera del pavimento precedentemente smontato ovvero con elementi nuovi, se quelli originali non potranno essere recuperati, indicati negli elaborati di progetto; particolare cura dovrà essere eseguita nella sigillatura delle fughe (di norma non dovranno superare i 3 mm) con impasto indicato dagli elaborati di progetto, in alternativa si potrà utilizzare una boiacca liquida a base di cemento bianco (eventualmente pigmentato con ossidi colorati massimo 10%) con l'eventuale aggiunta di lattice acrilico al fine di conferire un minimo d'elasticità alla boiacca.

Avvertenze

Durante la procedura (in special modo dopo l'asportazione del massetto di pendenza o dopo la prima mano d'impermeabilizzante) sarà sempre necessario (anche in estate) predisporre idonee protezioni temporanee della zona d'intervento al fine di evitare eventuali infiltrazioni d'acqua (nei vani sottostanti) causate da precipitazioni piovose.

3. Impermeabilizzazione corticale di copertura piana

La procedura sarà rivolta a quelle coperture che necessiteranno di operazioni di impermeabilizzazione corticale, così da ripristinare la tenuta all'acqua ed eliminare le eventuali infiltrazioni ai vani sottostanti, la procedura operativa seguirà quella descritta per l'impermeabilizzazione delle terrazze ad eccezione di alcuni passaggi.

Preparazione del piano di posa

Rimozione della vecchia guaina (per vecchia s'intende che abbia perso gli oli plastificanti), e di eventuali depositi superficiali, successivo ciclo di pulitura con acqua in pressione della superficie da trattare allo scopo di rimuovere sporco, polvere e qualsiasi altra sostanza estranea (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto nell'articolo sulla pulitura mediante macchina idropulitrice).

Impermeabilizzazione

Previa posa in opera di eventuale profilo prefabbricato di arrotondamento dello spigolo fra piano orizzontale e verticale o esecuzione di un guscio di malta con le medesimi funzioni, si procederà a stendere su tutte le superfici da impermeabilizzare una mano di primer a base di bitume ossidato e solventi in ragione di circa 300 g/m², applicato a pennello, rullo o a spruzzo. Successivamente si applicherà lo strato di impermeabilizzazione, costituito, secondo gli elaborati di progetto, da una membrana bitume-polimero elastoplastomerica dello spessore minimo di 4 mm, armata con tessuto-non-tessuto di poliestere da filo continuo, caratteristiche medie: flessibilità a freddo di –15 °C, carico a rottura long. 970 N/5 cm e trasv. 690 N/5 cm, allungamento a rottura long. 45% e trasv. 48%. L'applicazione dei teli sarà effettuata in totale aderenza per sfiammatura con cannello a gas propano, a cavallo delle giunzioni dell'isolante termico, con sovrapposizioni minime laterali di 10 cm e di testa di circa 15 cm, saldate a fiamma; inoltre, la membrana dovrà anche essere risvoltata sugli eventuali piani verticali (ad es. muretti di colmo, parapetti ecc.) per almeno 10 cm oltre il livello della finitura prevista e dovrà essere incollata a fiamma.

Lo strato di protezione sarà costituito (se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto) da una seconda membrana bitume-polimero elastoplastomerica dello spessore di 4 mm, armata con tessuto non tessuto di poliestere da filo continuo e rivestita con scagliette d'ardesia (di colore variabile secondo le disposizioni di progetto), avente una flessibilità a freddo di –15 °C, carico a rottura long. 930 N/5 cm e trasv. 720 N/5 cm, allungamento a rottura long. 45% e trasv. 50%. Anche questa membrana sarà applicata a fiamma in totale aderenza sullo strato sottostante, ma a teli sfalsati di 50 cm rispetto a questo; le sovrapposizioni lungo l'apposita banda di sormonto saranno saldate a fiamma. La membrana ardesiata dovrà, infine, essere risvoltata sugli eventuali piani verticali per almeno 20 cm oltre il livello previsto per le acque e dovrà essere incollata a fiamma.

Le eventuali testate di muretti di colmo, parapetti, cornicioni ed aggetti dovranno essere protette da idonea scossalina sommitale in lamiera zincata (spessore 8/10) e verniciata nel colore scelto dalla D.L., (in alternativa, specialmente in ambiente

marino dove sarà consigliabile evitare lamierini zincati, si potranno utilizzare altri materiali metallici facilmente lavorabili come il rame e il piombo) ancorata alla struttura e successivamente ripiegata seguendo il profilo da ricoprire. La lamiera sagomata dovrà presentare risvolti a gocciolatoio e dovrà essere fissata alla muratura con perni e grappe in ottone da inghisare nella muratura tramite idonei sigillanti elastomerici.

Nel caso l'elemento da proteggere sia di notevoli dimensioni, ovvero presenti una curvatura compless,a sarà opportuno eseguire dei tagli al fine di far seguire l'andamento dell'elemento alla protezione; le vari parti dovranno, comunque, essere sovrapposte e fissate con l'aiuto di graffette.

CAPO VI

Caratteristiche impianti meccanici

F. PREMESSA

Le opere cui si riferisce il presente Capitolato, riguardano la fornitura e l'installazione delle apparecchiature, dei materiali e di quanto altro occorra per dare completi ed in perfetto stato di funzionamento, nelle singole parti e nell'insieme, termici, idrici e di condizionamento nello stabile in oggetto.
Nei capitoli seguenti sono descritte le caratteristiche tecniche dei componenti e degli apparati.
In particolare nell'offerta delle ditte dovrà essere indicato il tipo delle apparecchiature che verranno utilizzate per la realizzazione dell'impianto e l'elenco delle relative ditte costruttrici, che dovranno essere fra quelle di primaria importanza, e sulle quali sarà operata una scelta dalla D.T. in fase di aggiudicazione.
Le installazioni, gli apparati e manufatti dovranno essere in grado di funzionare, senza inconveniente alcuno, alle seguenti condizioni ambientali:
temperatura massima + 40°C

temperatura media giornaliera <= +35°C

umidità relativa (media mensile e media giornaliera) <=95%

L'impianto elettrico, anche se a servizio degli impianti meccanici, sarà comprensivo delle forniture accessorie, correlate alla sicurezza ed alla conduzione e manutenzione degli impianti e degli apparati; in particolare:
installazione di cartelli segnaletici di pericolo per rischio elettrico e tensioni di funzionamento;

installazione di cartelli segnaletici di divieto per accessi, fiamme libere, impiego di estinguenti ad acqua;

installazione di cartelli segnaletici di obbligo per esecuzione di lavori in assenza di tensione e di istruzione per i soccorsi di emergenza e per il richiamo dell'art. 345 del DPR 547;

installazione nei locali dei quadri elettrici, degli schemi unifilari dell'impianto, disposti sottovetro;

lampade portatili in CC, ricaricabili nelle sale quadri.

DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO IMPIANTI MECCANICI

Le indicazioni fornite precedentemente e quelle che si andranno a fornire nelle varie sezioni della presente relazione, riguardano la consistenza e la tipologia dell'impianto elettrico realizzato; dette informazioni sono da considerarsi di raccordo tra i diversi documenti che costituiscono il progetto.

L'intervento in oggetto è da intendersi come AMPLIAMENTO DI IMPIANTO ELETTRICO in struttura esistente.

Il presente progetto, in accordo a quanto richiesto nella norma CEI 0-2 e D.M. 37/08, è composto dei seguenti documenti:

RV1 dis.15072RV01 Rev.B	**Relazione tecnica di prevenzione incendi - richiesta SCIA ai Vigili del Fuoco per attività n°74.1A secondo DM 151/2011**
TV1 dis.15072RV01B Tav.1 Rev.B	**Planimetria Centrale termica – localizzazione attività**
TV2 dis.15072RV01B Tav.2 Rev.B	**Planimetria per richiesta SCIA ai Vigili del Fuoco per attività n°74.1A secondo DM 151/2011**
RT1 dis.15072RV01 Rev.B	**Relazione tecnica ristrutturazione impianto di riscaldamento e sostituzione gruppi termici**
TT1 dis.15072T01 Tav.1 Rev.B	**Schema planimetrico impianto di riscaldamento con foto stato di fatto e indicazioni stato futuro**
TT2 dis.15072T01 Tav.2 Rev.B	**Stato attuale schema planimetrico impianto di riscaldamento con distribuzione a battiscopa**
TT3 dis.15072T01 Tav.3 Rev.B	**Schema planimetrico impianto di riscaldamento percorsi nuove tubazioni e collegamenti**
TT4 dis.15072T02B Tav.1 Rev.B	**Schema planimetrico impianto di riscaldamento percorsi nuove tubazioni e collegamenti**
TT5 dis.15072T02B Tav.2 Rev.B	**Schemi singole alimentazioni circuiti zone**
CT1 dis.15072ET01 Tav.2 Rev.B	**Computo Metrico e analisi prezzi**

G. GENERALITA’

Il presente elaborato costituisce un Allegato al Capitolato Speciale di Appalto e contiene unicamente disposizioni e prescrizioni specifiche per gli impianti meccanici di fornitura servizi. Si rinvia pertanto al Capitolato Speciale di Appalto per tutte le disposizioni di carattere amministrativo e generale relative all'appalto non espressamente richiamate in questo Allegato.

H. DESIGNAZIONE DELLE OPERE

La consistenza, le caratteristiche tecniche e le prestazioni delle opere da realizzare sono puntualmente descritte nei documenti di progetto allegati.

Salvo esplicita ed espressa disposizione di esclusione si intendono compresi, senza esclusione di sorta, tutti i lavori, le opere, le prestazioni, le forniture e le somministrazioni occorrenti per dare il lavoro completamente ultimato in ogni sua parte. In particolare i materiali e le opere la cui fornitura sia da intendersi implicita per una soddisfacente esecuzione e funzionalità degli impianti si devono ritenere inclusi nella fornitura, anche se non espressamente specificati nei documenti contrattuali.
Restano escluse dall'appalto le seguenti opere, che il Committente si riserva di affidare a terzi senza che l'Appaltatore possa fare alcuna eccezione o richiedere compenso alcuno:
allacciamenti definitivi alla rete di distribuzione del gas, a monte degli organi di misura, forniti (e posti in opera) dalla azienda erogatrice; per tali allacciamenti sono predisposte le opere accessorie (pozzetti, manufatti in muratura, ecc.); opere elettriche.
Oltre agli elaborati di progetto allegati, verranno consegnati dalla Direzione Lavori all'Appaltatore, se richiesti o necessari, disegni esecutivi di particolari. Per tutte le indicazioni e disposizioni che non risultassero chiaramente dai disegni e dalle prescrizioni del presente capitolato, per eventuali discordanze tra elaborati di progetto e le norme di legge vigenti all'atto della esecuzione dei lavori, l'Appaltatore ha l'obbligo di chiedere istruzioni dettagliate alla Direzione Lavori. Non saranno accettati i lavori fatti dall'Appaltatore a suo arbitrio; l'eventuale mancanza di disegni e prescrizioni non potrà costituire giustificazione avendo l'Appaltatore obbligo di farne tempestiva richiesta. L'Appaltatore è inoltre tenuto a segnalare immediatamente alla Direzione Lavori ogni eventuale errore e contraddizione rilevata tra i vari elaborati ed a chiedere chiarimenti in merito. Nel caso di discordanza fra i vari elaborati del progetto e le prescrizioni del Capitolato, sarà valida la soluzione scelta dalla Direzione Lavori a suo insindacabile giudizio.

I. ONERI ED OBBLIGHI DIVERSI A CARICO DELL'APPALTATORE, RESPONSABILITA' DELL'APPALTATORE

Oltre gli oneri e gli obblighi indicati nel Capitolato Generale, nel Capitolato Speciale e in altri punti del presente Allegato, per gli impianti meccanici sono a carico dell'Appaltatore gli oneri e gli obblighi di seguito specificati. Nel caso di contrasto tra le norme contenute nel Capitolato Generale e/o nel Capitolato Speciale e le norme del presente Allegato, per gli impianti meccanici prevalgono queste ultime.
L'elenco deve intendersi come esemplificativo e non esaustivo.

A) Fornitura dei seguenti documenti tecnici inerenti lo sviluppo costruttivo del progetto:
disegni in scala opportuna delle opere murarie accessorie da realizzare quali basamenti, fori di passaggio, tubazioni e canalizzazioni, posizione dei supporti principali, ecc.

disegni di cantiere e di officina costruttivi in scala opportuna, rappresentanti integralmente la sistemazione da dare agli impianti e quant'altro richiesto dalla Direzione Lavori;

disegni costruttivi di prefabbricazione di cantiere e di officina degli elementi principali degli impianti meccanici (collettori, gruppi pompe con relative valvole, generatori di calore, unità di trattamento aria, canalizzazioni aria, ecc.);

disegni di sviluppo dei circuiti ausiliari di regolazione e controllo da realizzarsi in base alle indicazioni della Direzione Lavori e agli schemi della regolazione automatica;

Tali documenti dovranno essere sottoposti alla preventiva approvazione della Direzione Lavori prima di procedere alla esecuzione delle opere relative.

B) Svolgimento di pratiche, denunce, richieste di collaudi, comprese le relative spese. In particolare si comprendono:
denuncia e collaudo ISPESL degli impianti termici con potenzialità termica superiore a 30.000 kcal/h, fino all'ottenimento del libretto di centrale, comprese le modifiche e/o variazioni prescritte da detto ente;

denuncia e collaudo ISPESL dei recipienti contenenti liquidi in pressione, comprese le modifiche e/o variazioni prescritte da detto ente;

attestazione di conformità dell'esecuzione degli impianti gas alle Norme UNI–CIG, resa in conformità alle richiesta della azienda di distribuzione;

documentazione e certificazioni varie, inerenti gli impianti meccanici, necessarie per l'ottenimento del Certificato di Prevenzione Incendi per l'intera struttura (attività N. 86-64-91 del D.M. 16 febbraio 1982);

adempimenti di cui alla Legge 5 marzo 1990 n. 46 "Norme per la sicurezza degli impianti" e relative norme di attuazione, compresa la fornitura, a lavori ultimati, dei disegni e degli schemi completi degli impianti come eseguiti.

C) Fornitura del "Manuale di gestione e manutenzione impianti" e dei documenti tecnici necessari per consentire l'adempimento delle eventuali pratiche a carico del Committente. In particolare sono richiesti:

schede tecniche e/o manuali dei componenti principali per la corretta messa in esercizio, conduzione e manutenzione degli stessi;

curve di funzionamento di elettropompe e ventilatori;

schemi elettrici e di regolazione delle apparecchiature;

certificati di collaudo, omologazione e rispondenza degli apparecchi e dei componenti per i quali è richiesto dalla vigente normativa in materia di infortuni, di risparmio energetico, di prevenzione incendi, ecc.

elenco dei fornitori delle apparecchiature principali e di tutti i componenti che richiedono pezzi di ricambio o specifici materiali di consumo.

Nel "Manuale di gestione e manutenzione impianti" oltre alle documentazioni sopra richiamate dovranno essere riportare in forma chiara le istruzioni per la messa in esercizio, per la conduzione e per la manutenzione degli impianti nel loro insieme, specificando le caratteristiche di funzionamento, le operazioni di attivazione e disattivazione impianti, le commutazioni stagionali, la manutenzione dei singoli componenti e degli impianti nel loro insieme.

D) Designazione del responsabile di cantiere con presenza in luogo commisurata alla complessità e alla durata delle opere da realizzare.

E) Fornitura e messa in opera di frecce, targhette, fasce colorate, ecc. per l'esatta e puntuale identificazione dei circuiti, degli organi di regolazione, ecc., nelle posizioni e nelle quantità indicate dalla Direzione Lavori.

F) Avviamento e messa in servizio degli impianti, comprendendo:

riempimento dei circuiti idraulici e eventuali trattamenti chimici iniziali;

avviamento e taratura delle macchine principali (gruppi termici, generatori, bruciatori, refrigeratori, unità di trattamento dell'aria, ecc.);

taratura di tutti i sistemi e impianti per soddisfare le indicazioni di progetto quali (elenco non esaustivo): valvole di regolazione e taratura delle reti idrauliche di distribuzione (riscaldamento, acqua sanitaria, ecc.), diffusori e serrande di regolazione della rete di distribuzione aeraulica

avviamento e taratura dei sistemi automatici di regolazione e sicurezza;

verifica di funzionalità degli impianti con particolare riferimento alla sicurezza degli stessi, così come richiesto dalla Legge 5 marzo 1990 n. 46 e relative norme di attuazione;

corretta istruzione del personale del Committente delegato alla conduzione degli impianti;

prima pulizia, dopo un congruo periodo di funzionamento, di tutti gli elementi che possono risentire in maniera particolare delle impurità normalmente presenti nelle reti di distribuzione di nuova installazione e

precisamente: filtri per acqua, filtri per aria, drenaggio punti bassi di defangazione (serbatoi, generatori di calore, scambiatori, collettori, ecc.)

in generale tutte le operazioni necessarie per la regolare entrata in funzione degli impianti.

In particolare nei sistemi complessi e comunque comprendenti in tutto o in parte le seguenti apparecchiature: unità di trattamento aria, refrigeratori, pompe di calore e regolazioni elettroniche, potranno essere richiesti fino a un massimo di 2 interventi successivi a quello iniziale di avviamento e taratura per verificare e correggere i parametri di taratura a seguito delle risultanze della prima stagione di utilizzo per gli impianti di solo riscaldamento o di solo raffrescamento, del primo anno di utilizzo per gli impianti misti di riscaldamento-raffrescamento.

G) Manutenzione ordinaria e straordinaria degli impianti fino alla approvazione del collaudo, anche nel caso che gli stessi vengano messi in funzione prima del collaudo. È esclusa la fornitura dei materiali di normale usura e consumo quali additivi per impianti di trattamento acqua, lampade, ecc. È esclusa la conduzione degli impianti che dovrà essere assunta dal Committente alla consegna dei lavori mettendo a disposizione personale adeguato. Al suddetto personale l'appaltatore dovrà fornire adeguata assistenza fino alla approvazione del Collaudo.

H) Fornitura scorta materiali di consumo. Salvo diverse e più puntuali indicazioni contenute nel progetto esecutivo, saranno rispettate le seguenti indicazioni di massima:
una terna di chiavi per ogni serratura di armadi, portelli di ispezione con serratura, ecc.;

fusibili con cartuccia a fusione chiusa: scorta minima pari al 20% di quelli in opera;

bobine per automatismi: scorta minima pari al 10% di quelle in opera;

lampadine per segnalazioni: scorta minima pari al 10% di ogni tipo di quelle in opera.

Le quantità decimali saranno approssimate all'unità superiore. I materiali di scorta dovranno essere forniti con idonea documentazione atta alla identificazione dell'utilizzo.
Il corrispettivo per tutti gli oneri e obblighi sopra specificati è conglobato nei prezzi offerti.

J. GARANZIE

L'Appaltatore deve fornire le più ampie e complete garanzie circa le opere di sua competenza. In particolare si intendono facenti parte delle garanzie:
completezza della fornitura che dovrà comprendere tutte le apparecchiature meccaniche ed elettriche e tutte le parti strutturali ed accessorie, anche se non espressamente indicate, necessarie per il corretto funzionamento e per la sicurezza delle apparecchiature e degli impianti, comprese le opere di normale manutenzione;

utilizzo di materiali della migliore qualità, indenni da vizi e da difetti di fabbrica;

esecuzione dei lavori a perfetta regola d'arte e secondo i più aggiornati criteri costruttivi;

prestazioni rispondenti a quanto indicato in progetto.

Per difetto della garanzia l'Appaltatore si obbliga a sostituire e riparare integralmente a sue spese quelle parti che risultassero difettose. La garanzia avrà la durata di 24 mesi con decorrenza dalla data dell'ultimo collaudo provvisorio favorevole. Per le parti sostituite la garanzia verrà prolungata di altri 12 mesi dalla data della sostituzione. Gli impegni si intendono estesi anche alle apparecchiature di non diretta fabbricazione dell'appaltatore ma di suoi sub–fornitori. Sono escluse dalla garanzia le riparazioni dei danni derivanti da imperizia del personale del Committente addetto all'esercizio e alla manutenzione degli impianti. Nel periodo di garanzia gli impianti non potranno essere modificati o manomessi dal Committente o da terzi nel qual caso l'appaltatore sarà esonerato da obblighi di garanzia per le parti di impianto manomesse e per eventuali danni ad altre parti di impianto che siano conseguenza della manomissione.

K. COLLAUDO IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE

La visita finale di collaudo degli impianti di climatizzazione dovrà iniziare non prima di 4 mesi dalla data di ultimazione lavori e non oltre 12 mesi dalla stessa data in modo da includere almeno una stagione completa di

climatizzazione. Le operazioni di collaudo degli impianti di climatizzazione dovranno compiersi entro due mesi dal loro inizio.

L. NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI A MISURA

I lavori a misura eventualmente richiesti dalla Direzione Lavori saranno valutati in base alle norme di seguito specificate.
Nel caso di contrasto tra le norme del presente articolo e le eventuali diverse specificazioni dell'Elenco Prezzi Unitari, prevalgono queste ultime.
Limitatamente agli impianti di fornitura servizi, nel caso di contrasto tra le norme contenute nel Capitolato Speciale e le norme del presente articolo, prevalgono queste ultime.

Premessa

Tutte le misure saranno eseguite in opera e verificate prima della chiusura di tracce, asole o cavedi e prima della posa di eventuali coibentazioni o rivestimenti superficiali.
Tutti i materiali utilizzati dovranno essere rispondenti alle indicazioni di progetto. Qualora l'Appaltatore avesse posto in opera, di sua iniziativa e senza approvazione esplicita della Direzione Lavori, materiali non corrispondenti alle indicazioni di progetto, caratterizzati ad esempio da pesi unitari o da dimensioni superiori, fatta salva ogni altra azione da parte della Direzione Lavori per rifacimenti o modifiche, saranno utilizzati per la contabilizzazione i valori contrattuali e di progetto.
Nei prezzi unitari contrattuali relativi a tubazioni e canalizzazioni in genere, realizzate in metallo o in materiale plastico, siano essi formulati a peso o a misura geometrica, salvo dove diversamente e espressamente specificato, è da ritenersi compreso ogni onere per sfridi, supporti (anche se costituiti da spezzoni di tubazioni), pezzi speciali (curve, gomiti, raccordi, tee, riduzioni, manicotti, tappi, braghe, ispezioni, giunti di dilatazione, alette deflettrici, inviti, rinforzi, morsetti, flange, bulloni, guarnizioni, ecc.), sfiati automatici o manuali e drenaggi (compresi tronchetti di tubazioni e valvole di intercettazione), saldature e materiali di consumo; pertanto i suddetti elementi non verranno conteggiati.

Impianti meccanici

Tubazioni in acciaio nero e zincato quotate a peso: il valore da contabilizzare è calcolato sulla base e delle effettive lunghezze in asse, curve comprese, senza tenere conto delle eventuali compenetrazioni. I pesi teorici per unità di lunghezza sono indicati nelle tabelle allegate ai singoli prezzi unitari o riportate in altra parte del presente documento, desunte dalle corrispondenti norme UNI. Per le tubazioni zincate i pesi teorici tengono già conto dell'incidenza della zincatura. Per gli sfridi, i supporti e i pezzi speciali si rimanda a quanto riportato in premessa.

Tubazioni in acciaio e in materiale plastico di adduzione fluidi in pressione quotate a metro lineare: si procederà alla misura in opera delle effettive lunghezze in asse, curve comprese, senza tenere conto delle eventuali compenetrazioni. Per gli sfridi, i supporti e i pezzi speciali si rimanda a quanto riportato in premessa.

Tubazioni in materiale plastico di scarico fluidi quotate a metro lineare: si procederà alla misura in opera delle effettive lunghezze in asse, curve comprese e senza tenere conto delle compenetrazioni. I pezzi speciali (curve, braghe, esalazioni, sifoni, ispezioni, ecc.) saranno contabilizzati forfettariamente in ragione di 1 m di tubazione di maggior diametro per ogni elemento. Per gli sfridi e i supporti si rimanda a quanto riportato in premessa. Non saranno contabilizzate, in quanto comprese nei prezzi unitari degli stessi, le derivazioni di scarico e ventilazione dei singoli apparecchi utilizzatori fino alle colonne verticali o ai collettori, intendendosi per collettori le tubazioni sub-orizzontali di raccolta di almeno due utilizzatori a partire dal filo esterno dei locali contenenti gli utilizzatori.

Canalizzazioni in lamiera di acciaio zincata di distribuzione aria quotate a peso: il valore da contabilizzare è calcolato sulla base degli spessori nominali richiesti e delle superfici desunte in base alle effettive lunghezze in

asse (curve comprese) e alle dimensioni trasversali esterne delle canalizzazioni ottenute dalla misura geometrica dei lati senza incrementi per ribordature o altro e senza tenere conto di eventuali compenetrazioni. I pesi unitari convenzionali di riferimento sono indicati in altra parte del presente documento; essi tengono conto forfettariamente di una incremento medio percentuale per gli sfridi, i supporti e i pezzi speciali; tale incidenza è fissa e invariabile e non sarà soggetta in alcun modo a revisione anche nel caso che l'incremento effettivo riscontrato in opera risulti diverso.

Coibentazioni quotate a superficie: i valori da contabilizzare sono calcolati, per le tubazioni, sulla base delle effettive lunghezze in asse dei tratti coibentati, curve comprese. Le superfici teoriche per unità di lunghezza sono indicate nelle tabelle allegate ai singoli prezzi unitari o riportate in altra parte del presente documento. Per le canalizzazioni si farà riferimento alla superficie esterna teorica desunta dalle dimensioni esterne nominali delle canalizzazioni e dallo spessore nominale del materiale coibente. Non saranno riconosciute maggiorazioni, oltre la misura delle effettive superfici, per la coibentazione dei pezzi speciali quali curve, unioni a "T", flange, fondelli, valvole, ecc.

Verniciature e protezioni superficiali quotate a superficie: i valori da contabilizzare saranno calcolati sulla base delle superfici unitarie teoriche esterne delle tubazioni e delle effettive lunghezze in asse dei tratti verniciati, curve comprese. Non saranno riconosciute maggiorazioni di prezzo per la verniciatura dei pezzi speciali quali curve, unioni a "T", flange, fondelli, ecc. Per le valvole di qualsiasi forma e tipo si contabilizzerà una superficie convenzionale pari a 1 m della tubazione di maggiore diametro su cui sono inserite. Per i serbatoi si procederà al calcolo della superficie effettiva; eventuali fondelli bombati saranno assimilati alle superfici piane di proiezione. Non sarà contabilizzata (ritenendola compensata dai prezzi contrattuali) la verniciatura dei supporti.

Materiale flangiato (valvolame, collettori, serbatoi, generatori e macchine in genere): si intende compreso di controflange, bulloni e guarnizioni.

Diffusori e serrande di distribuzione aria quotati a superficie: i valori da contabilizzare saranno calcolati sulla base delle dimensioni nominali indicate nei disegni e nei particolari di progetto.

M. QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI

Tutti i materiali e le apparecchiature saranno della migliore qualità, provvisti ove richiesto dalle vigenti norme generali e specifiche, di certificati, omologazioni, ecc

N. REQUISITI APPARECCHIATURE E MATERIALI IMPIANTI MECCANICI

GENERATORE DI CALORE

Descrizione costruttiva

I generatori di calore possono essere alimentati:

– con combustibili gassosi mediante proprio bruciatore a condensazione.

A seconda del fluido riscaldato, i generatori di calore possono essere:

– ad acqua calda;

Il generatore di calore deve essere in grado di fornire il calore necessario con il rendimento previsto ai vari carichi; di esso dovrà essere precisato: il tipo e la pressione massima di esercizio, il materiale impiegato, lo spessore della superficie di scambio e il volume del fluido contenuto.

Il generatore sarà dotato degli accessori previsti dalla normativa, e cioè:

• dispositivi di sicurezza;

• dispositivi di protezione;

• dispositivi di controllo previsti dalle norme ISPESL.

In particolare:

• dispositivi di sicurezza:

– negli impianti ad acqua calda a vaso chiuso, la sicurezza verrà assicurata per quanto riguarda le sovrappressioni dalla o dalle valvole di sicurezza e per quanto riguarda la sovratemperatura da valvole di scarico termico o da valvole di intercettazione del combustibile;

• dispositivi di protezione: sono quelli destinati a prevenire l'entrata in funzione dei dispositivi di sicurezza, ossia termostati, pressostati e flussostati (livellostati nei generatori di vapore); essi devono funzionare e rispondere alle normative vigenti.

• dispositivi di controllo: sono il termometro con l'attiguo pozzetto per il termometro di controllo e l'idrometro con l'attacco per l'applicazione del manometro di controllo.

Questi dispositivi devono rispondere alle normative vigenti. (INAIL ex ISPESL e CE)

- direttiva macchine 89/392/CEE, 91/368/CEE, 93/44/CEE e 93/68/CEE
- direttiva bassa tensione 73/23/CEE

CANNA FUMARIA

I condotti dei fumi, raccordi fumari, canali fumari e camini, debbono assicurare la corretta evacuazione dei fumi anche al carico massimo e nelle peggiori condizioni esterne di temperatura, pressione ed umidità relativa.

Qualora i condotti non siano totalmente esterni all'edificio, il tiraggio ne dovrà assicurare la depressione lungo l'intero sviluppo così che, in caso di lesioni, non vi sia fuoriuscita dei prodotti della combustione.

Lo sbocco all'esterno dovrà avvenire secondo le prescrizioni vigenti e, comunque, in modo da non recare molestie. In qualsiasi locale in cui funziona un generatore di calore, di qualsiasi potenza, deve essere assicurato il libero ingresso dell'aria necessaria mediante un'apertura non chiudibile di dimensioni adeguate.

POMPE DI CIRCOLAZIONE

Nel caso di riscaldamento ad acqua calda, la circolazione, salvo casi eccezionali in cui si utilizza la circolazione naturale per gravità, viene assicurata mediante elettropompe centrifughe la cui potenza elettrica assorbita non deve essere, di massima, maggiore di 1/500 della potenza termica massima dell'impianto.

Le pompe, provviste del certificato di omologazione, dovranno assicurare portate e prevalenze idonee per alimentare tutti gli apparecchi utilizzatori ed essere previste per un servizio continuo senza sensibile surriscaldamento del motore.

La tenuta sull'albero nelle pompe, accoppiato al motore elettrico con giunto elastico, potrà essere meccanica o con premistoppa, in quest'ultimo caso la perdita d'acqua dovrà risultare di scarsa rilevanza dopo un adeguato periodo di funzionamento.

Ogni pompa dovrà essere provvista di organi di intercettazione sull'aspirazione e sulla mandata e di valvole di non ritorno.

Sulla pompa o sui collettori di aspirazione e di mandata delle pompe si dovrà prevedere una presa manometrica per il controllo del funzionamento.

DISTRIBUZIONE DEL FLUIDO TERMOVETTORE

La rete di distribuzione comprende:

a) le tubazioni della Centrale termica;

b) le tubazioni della Sottocentrale termica, allorché l'impianto sia alimentato dal secondario di uno

scambiatore di calore;

c) la rete di distribuzione propriamente detta che, a sua volta, comprende:

– una rete orizzontale principale;

– le colonne montanti che si staccano dalla rete di cui sopra;

– le reti orizzontali nei singoli locali tecnici;

– gli allacciamenti ai singoli apparecchi utilizzatori;

d) la rete di sfiato dell'aria.

A Le reti orizzontali saranno poste, di regola, nei cantinati o interrate: in quest'ultimo caso, se si tratta di tubi metallici e non siano previsti cunicoli accessibili aerati, si dovrà prevedere una protezione tale da non consentire alcun contatto delle tubazioni col terreno.

B) Le colonne montanti, provviste alla base di organi di intercettazione e di rubinetto di scarico, saranno poste possibilmente in cavedi accessibili e da esse si dirameranno le reti orizzontali destinate alle singole utenze.

C) Debbono restare accessibili sia gli organi di intercettazione dei predetti montanti, sia quelli delle singole reti o, come nel caso dei pannelli radianti, gli ingressi e le uscite dei singoli serpentini.

D) Diametri e spessori delle tubazioni debbono corrispondere a quelli previsti nelle norme UNI. In particolare

per i tubi di acciaio neri si impiegheranno, sino al diametro di 1'', tubi gas secondo la norma UNI EN

10225 del 2005, per i diametri maggiori, tubi lisci secondo le norme UNI EN 10216 del 2005 e UNI EN

10217 del 2005. Per i tubi di rame si impiegheranno tubi conformi alla norma UNI EN 1057.

E) Le tubazioni di materiali non metallici debbono essere garantite dal fornitore per la temperatura e la

pressione massima di esercizio e per il servizio continuo.

F) Tutte le tubazioni debbono essere coibentate secondo le prescrizioni dell'allegato B del DPR 26 agosto 1993, n. 412, salvo il caso in cui il calore da esse emesso sia previsto espressamente per il riscaldamento, o per l'integrazione del riscaldamento ambiente.

G) I giunti, di qualsiasi genere (saldati, filettati, a flangia, ecc.) debbono essere a perfetta tenuta e là dove non siano accessibili dovranno essere provati a pressione in corso di installazione.

H) I sostegni delle tubazioni orizzontali o sub-orizzontali devono essere previsti a distanze tali da evitare incurvamenti.

I) Il dimensionamento delle tubazioni, sulla base delle portate e delle resistenze di attrito ed accidentali, deve essere eseguito così da assicurare le medesime perdite di carico in tutti i circuiti generali e particolari di ciascuna utenza.

J) La velocità dell'acqua nei tubi deve essere contenuta entro limiti tali da evitare rumori molesti, trascinamento d'aria, perdite di carico eccessive e fenomeni di erosione in corrispondenza alle accidentalità.

K) Il percorso delle tubazioni e la loro pendenza deve assicurare, nel caso di impiego dell'acqua, il sicuro sfogo dell'aria e, nel caso di impiego del vapore, lo scarico del condensato oltre che l'eliminazione dell'aria.

Occorre prevedere, in ogni caso, la compensazione delle dilatazioni termiche. In particolare per i dilatatori, dovrà essere fornita la garanzia che le deformazioni rientrano in quelle elastiche del materiale e per i punti fissi che l'ancoraggio è commisurato alle sollecitazioni.

Gli organi di intercettazione, previsti su ogni circuito separato, dovranno corrispondere alle temperature e pressioni massime di esercizio ed assicurare la perfetta tenuta, agli effetti della eventuale segregazione dall'impianto di ogni singolo circuito.

APPARECCHI UTILIZZATORI

Tutti gli apparecchi utilizzatori debbono essere costruiti in modo da poter essere impiegati alla pressione ed alla temperatura massima di esercizio, tenendo conto della prevalenza delle pompe di circolazione che può presentarsi al suo valore massimo qualora la pompa sia applicata sulla mandata e l'apparecchio sia intercettato sul solo ritorno.

CORPI STATICI

Qualunque sia il tipo prescelto, i corpi scaldanti debbono essere provvisti di un certificato di omologazione che ne attesti la resa termica. Specifiche tecniche e requisiti da soddisfare sono stabiliti dalla norma UNI EN 442.

Essi debbono essere collocati in posizione e condizioni tali da non pregiudicare la cessione di calore all'ambiente. Non si debbono impiegare sullo stesso circuito corpi scaldanti dei quali sia notevolmente diverso l'esponente dell'espressione che misura la variazione della resa termica in funzione della variazione della differenza tra la temperatura del corpo scaldante e la temperatura ambiente (esempio radiatori e convettori).

Sulla mandata e sul ritorno del corpo scaldante si debbono prevedere organi atti a consentire la regolazione manuale e, ove occorra, l'esclusione totale del corpo scaldante, rendendo possibile la sua asportazione, senza interferire con il funzionamento dell'impianto.

VENTILCONVETTORI

Di tali apparecchi, costituiti da una batteria percorsa dal fluido termovettore e da un elettroventilatore che obbliga l'aria a passare nella batteria, occorre accertare, oltre a quanto già esposto per i corpi scaldanti statici, la potenza assorbita dal ventilatore e la rumorosità dello stesso.

La collocazione degli apparecchi deve consentire una distribuzione uniforme dell'aria evitando, altresì, correnti moleste.

I ventilconvettori saranno del tipo verticale a vista ed avranno le seguenti caratteristiche costruttive e tecniche.

Caratteristiche costruttive

Il presente tipo di ventilconvettori canalizzabili ha ridotte dimensioni di ingombro con uno spessore di soli 218 mm.

Struttura portante

È realizzata in lamiera zincata composta da due spalle laterali e da una parete posteriore isolate con materassino a cellule chiuse.
Monta una bacinella di raccolta condensa con relativi scarichi, debitamente coibentata.
Tutta la lamiera a contatto con la batteria di scambio è isolata da un adeguato rivestimento termico.
Tutti i componenti sono facilmente accessibili dalla parte inferiore dell'unità, favorendone la manutenzione qualora risulti necessaria.

Batteria di scambio termico

È costituita da tubi in rame ed alette in alluminio a pacco continuo, bloccate sui tubi mediante espansione meccanica.
I collettori sono dotati di valvoline di sfiato aria facilmente accessibili, e di attacchi femmina gas da ø ½" che si trovano sul lato sinistro.
L'elevata resa in riscaldamento della batteria rende efficace anche l'utilizzo di acqua a bassa temperatura con gruppi a pompa di calore o con impianti ad energia solare.

Gruppo elettroventilante

È costituito da un ventilatore centrifugo a doppia aspirazione, con ventole in alluminio a sviluppo orizzontale bilanciati staticamente e dinamicamente.
Il motore elettrico, del tipo a condensatore di marcia permanentemente inserito, è direttamente accoppiato al ventilatore ed ammortizzato con opportuni supporti antivibranti in gomma.

Filtro aria

In tessuto acrilico rigenerabile mediante lavaggio o soffiatura, montato su telaio a reti zincate, è posizionato posteriormente.

Collegamenti elettrici

L'unità viene corredata di una morsettiera con i collegamenti del motore cablati, totalmente segregata all'interno di una opportuna scatola isolante.

ISOLAMENTI

Norme di riferimento

- Regolamento di esecuzione della Legge 9 Gennaio 1991 N. 10 e DPR n. 412 del 26/08/93
- Norme UNI e UNI-CTI
- Prescrizioni del Ministero degli interni e del Comando VV.F. in materia di prevenzione incendi.

Prescrizioni generali

Nei paragrafi seguenti sono riportate le prescrizioni per la coibentazione di tubazioni convoglianti fluidi di diversa natura.
le canalizzazioni e le apparecchiature da coibentare dovranno essere pulite da scorie, polvere e materiali estranei prima dell'applicazione dei rivestimenti.
La posa verrà eseguita secondo i seguenti criteri generali:

- Il rivestimento isolante dovrà essere continuo cioè senza interruzione in corrispondenza degli appoggi, passaggi attraverso muri e solette, etc.
- I rivestimenti isolanti saranno inoltre dotati di opportuni giunti per evitare rotture, dovranno essere previsti anelli o semianelli in gomma nelle zone di appoggio del tubo sul sostegno.
- L'isolamento di componenti smontabili dovrà essere realizzato in modo che, in fase di manutenzione, sia consentito lo smontaggio dei componenti stessi senza deteriorare l'isolamento (p.e. gruppi valvole, etc.).
- Le caratteristiche del materiale isolante e dei rivestimenti esterni dovranno essere in accordo con le prescrizioni della Legge N. 10 e delle disposizioni dei VV.FF.
- In modo particolare occorrerà installare materiale imputrescibile e non infiammabile (Classe 1), con relative certificazioni di prova.
- I materiali isolanti non dovranno essere applicati fino a quando non siano state eseguite le prove di tenuta degli impianti, e le superfici siano state pulite da scorie e con relativa verniciatura di protezione antiruggine.

Metodo di posa

Tutte le canalizzazioni, dovranno essere completamente isolate nei tratti ove si possa avere dispersione di calore o possibilità di formazione condensa.
Il rivestimento dei canali dovrà essere esclusivamente di tipo esterno.
L'isolamento esterno verrà realizzato mediante materassino di lana minerale dovrà essere eseguita come segue:

- Applicazione del materassino di lana minerale in un unico strato sino allo spessore di 40 mm.
- Rivestimento esterno mediante carta Kraft di alluminio.
- Sigillatura delle giunture mediante nastro adesivo di alluminio.

Tenuta ben aderente al canale mediante rete metallica zincata.

Criteri di quantificazione degli isolamenti termici (valutazione al M^2)

RISCALDATORI D'ACQUA

Sono destinati alla produzione di acqua calda per i servizi igienici e possono essere:

– ad accumulo con relativo serbatoio;

– istantanei;

– misti ad accumulo ed istantanei.

Il tipo di riscaldatore ed il volume di accumulo deve essere rispondente alla frequenza degli attingimenti: saltuari, continui, concentrati in brevi periodi di tempo.

Qualora il fluido scaldante presenti una temperatura superiore a quella di ebollizione alla pressione atmosferica, occorre applicare al serbatoio di accumulo la valvola di sicurezza e la valvola di scarico termico.

Nel serbatoio d'accumulo è, altresì, indispensabile prevedere un vaso di espansione o una valvola di sfioro,

onde far fronte alla dilatazione dell'acqua in essi contenuta nel caso in cui non si verifichino attingimenti durante il riscaldamento dell'acqua stessa.

L'acqua deve essere distribuita a temperatura non superiore a 50 °C; è comunque opportuno, nel caso dell'accumulo, mantenere l'acqua a temperatura non superiore a 65 °C onde ridurre la formazione di Incrostazioni, nel caso in cui l'acqua non venga preventivamente trattata.

ESPANSIONE D'ACQUA

Negli impianti ad acqua calda, o surriscaldata, occorre prevedere un vaso di espansione in cui trovi posto l'aumento di volume del liquido per effetto del riscaldamento.
Il vaso può essere aperto all'atmosfera o chiuso, a pressione.
Il vaso chiuso può essere del tipo a diaframma (con cuscino d'aria pre-pressurizzato), auto-pressurizzato (in cui la pressione, prima del riempimento, è quella atmosferica), pre-pressurizzato a pressione costante e livello variabile, pre-pressurizzato a pressione e livello costanti.
In ogni caso, qualora la capacità di un vaso chiuso sia maggiore di 25 l, il vaso stesso è considerato apparecchio a pressione a tutti gli effetti.

REGOLAZIONE AUTOMATICA

Ogni impianto centrale deve essere provvisto di un'apparecchiatura per la regolazione automatica della temperatura del fluido termovettore, in funzione della temperatura esterna e del conseguente fattore di carico.

Il regolatore, qualunque sia il tipo, dispone di due sonde (l'una esterna e l'altra sulla mandata generale) ed opera mediante valvole servo-comandate.

Il regolatore deve essere suscettibile di adeguamento del funzionamento del diagramma di esercizio proprio dell'impianto regolato.

Gli impianti a valle saranno regolati a seconda della tipologia d'impiantoa:

- con programmazione oraria per gli impianti di tipo statico (a battiscopa)
- con programmazione oraria e controllo temperatura ambiente per i fan-coil con spegnimento della ventola

ALIMENTAZIONE DELL'IMPIANTO

L'alimentazione dell'impianto può avvenire secondo uno dei criteri seguenti:

– negli impianti ad acqua calda con vaso chiuso, mediante l'allacciamento diretto all'acquedotto (od al predetto condotto dell'acqua trattata) attraverso una valvola di riduzione;

SCARICO DELL'IMPIANTO

Deve essere prevista la possibilità di scaricare, parzialmente o totalmente, il fluido termovettore contenuto nell'impianto.

Se si tratta di acqua fredda, questa può essere scaricata direttamente nella fognatura; se si tratta di acqua calda, o addirittura caldissima (per esempio nel caso di spurghi di caldaia a vapore), occorre raffreddarla in apposita vasca prima di immetterla nella fognatura.

LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO
Per la progettazione e la realizzazione degli impianti si sono prese in considerazione le seguenti norme e decreti (elenco non esaustivo):

RISPARMIO ENERGETICO E CALCOLO FABBISOGNO TERMICO

Legge 9.1.91, n. 10 - Norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.

DPR 26.8.93, n. 412 - Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione all'articolo 4 comma 4 della Legge 10/91.

DM 13.12.93 - Approvazione dei modelli tipo per la compilazione della relazione tecnica di cui all'articolo 28 della Legge 10/91.

DM 6.8.94 - Recepimento delle norme UNI attuative del DPR 412/93.

Legge 5.1.96, n. 25 - Differimento di termini previsti da disposizioni legislative articolo 11 comma 3 del DPR 412/93.

DM 2.4.98 - Decreto attuativo articolo 32 della Legge 10/91: certificazione delle caratteristiche e delle prestazioni energetiche dei componenti degli edifici e degli impianti

DPR 21.12.99, n. 551 - Modifiche al DPR 412/93.

Direttiva 2002/91/CE - Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16.12.02 sul rendimento energetico nell'edilizia.

DLgs 19.08.2005, n. 192 - Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

DLgs 29.12.2006, n. 311 - Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico in edilizia.

DLgs 30.05.2008, n. 115 - Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazioni della direttiva 93/76/CEE.

DPR 02.04.2009, n. 59 - Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettera a) e b), del decreto legislativo 19 agosto n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia.

D.G.R. VIII 8745 della Regione Lombardia del 22 dicembre 2008 : Determinazioni in merito alle disposizioni per l'efficienza energetica in edilizia e per la certificazione energetica degli edifici.

UNI/TS 11300-1 - Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale

UNI/TS 11300-2 - Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.

UNI 10339 - Impianti aeraulici a fini di benessere - Generalità, classificazione e requisiti - Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura.

UNI 10349 - Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici.

UNI 10351 - Materiali da costruzione - Conduttività termica e permeabilità al vapore.

UNI 10355 - Murature e solai - Valori della resistenza termica e metodo di calcolo.

UNI EN 12524 - Materiali e prodotti per l'edilizia - Proprietà igrometriche - Valori tabulati di progetto

UNI EN 12831 - Impianti di riscaldamento negli edifici - Metodo di calcolo del carico termico di progetto.

UNI EN ISO 6946 - Componenti ed elementi per l'edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo.

UNI EN ISO 10077-1 - Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Metodo semplificato.

UNI EN ISO 13370 - Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo.

UNI EN ISO 13786 - Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche

UNI EN ISO 13788 - Prestazioni igrometriche di componenti edilizi e strutture edilizie -Temperatura superficiale per evitare umidità critica superficiale e condensazione interstiziale - Metodi di calcolo

UNI EN ISO 13790 - Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento

UNI EN ISO 14683 - Ponti termici in edilizia - coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento.

Raccomandazioni CTI 03/3 - Prestazioni energetiche degli edifici - Climatizzazione invernale e preparazione acqua calda sanitaria per usi igienico-sanitari.

IMPIANTI MECCANICI

UNI 5364 - Impianti di riscaldamento ad acqua calda. Regole per la presentazione dell'offerta e per il collaudo.

UNI 6665 - Superfici coibentate. Metodi di misurazione.

UNI 7357 - Calcolo del fabbisogno termico per il riscaldamento di edifici.

UNI 8065 - Trattamento dell'acqua negli impianti termici ad uso civile.

UNI 8199 - Collaudo acustico degli impianti di climatizzazione e ventilazione.

UNI 8364 - Impianti di riscaldamento. Controllo e manutenzione.

UNI 8852 - Impianti di climatizzazione invernale per edifici industriali e artigianali. Regole per l'ordinazione ed il collaudo.

UNI 8854 - Impianti termici ad acqua calda e surriscaldata per edifici industriali e artigianali. Ordinazione e collaudo.

UNI 8855 - Riscaldamento a distanza. Modalità per l'allacciamento di edifici a reti di acqua calda.

UNI 9317 - Impianti di riscaldamento. Conduzione e controllo.

UNI 9511-1 - Disegno tecnico. Segni grafici per impianti di riscaldamento.

UNI 10202 - Impianti di riscaldamento con corpi scaldanti a convezione naturale. Metodi di equilibratura.

UNI 10339 - Impianti aeraulici a fini di benessere - Regole per l'offerta e la fornitura.

UNI 10347 - Energia termica scambiata tra una tubazione e l'ambiente circostante.

UNI 10348 - Riscaldamento di edifici. Rendimenti dei sistemi di riscaldamento.

UNI 10412 - Impianti di riscaldamento ad acqua calda. Prescrizioni di sicurezza.

UNI EN 1264-1-2-3 - Riscaldamento a pavimento. Impianti e componenti.

UNI 6552 - Aerotermi. Metodi di prova.

UNI 6884 - Valvole di intercettazione e regolazione di fluidi. Condizioni tecniche di fornitura e collaudo.

UNI 7940 - Ventilconvettori. Condizioni di prova e caratteristiche.

UNI 8062 - Gruppi di termoventilazione. Caratteristiche e metodo di prova.

UNI 8156 - Valvole di zona ad uso ripartizione spese di riscaldamento. Requisiti e metodi di prova.

UNI 8157 - Misuratori di energia termica per impianti di riscaldamento.

UNI 8464 - Valvole per radiatori. Prescrizioni e prove.

UNI 8465 - Sistema di ripartizione delle spese per riscaldamento utilizzante valvole di zona.

UNI 9021 - Valvole a saracinesca di leghe di rame per impianti di riscaldamento. Requisiti e prove.

UNI 9023 - Misuratori di energia termica. Installazione, impiego, manutenzione.

UNI 9335 - Valvole di sicurezza per apparecchi a pressione. Generalità, requisiti e prove.

UNI 10200 - Impianti di riscaldamento centralizzati. Ripartizione delle spese di riscaldamento.

UNI EN 215 - Valvole termostatiche per radiatori. Requisiti e metodi di prova.

UNI EN 442-1-2-3 - Radiatori e convettori. Specifiche tecniche e requisiti.

UNI EN 834 - Ripartitori dei costi di riscaldamento per la determinazione del consumo dei radiatori

UNI HD 1215-2 - Valvole termostatiche per radiatori. Dimensioni e dettagli degli attacchi.

UNI ENV 1397 - Ventilconvettori aria-acqua. Procedimenti di prova per la determinazione delle prestazioni.

UNI EN 12098-1 - Regolazioni per impianti di riscaldamento ad acqua calda in funzione della temperatura esterna.

UNI 8199 - Collaudo acustico degli impianti di climatizzazione e ventilazione. Linee guida contrattuali e modalità di misurazione.

UNI 8728 Apparecchi per la diffusione dell`aria. Prove di funzionalità.

UNI 9511-1 - Disegni tecnici. Rappresentazione delle installazioni. Segni grafici per impianti di condizionamento.

UNI 9953 - Recuperatori di calore aria - aria negli impianti di condizionamento dell`aria. Definizioni, classificazione, requisiti e prove.

UNI 10339 - Impianti aeraulici a fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti - Regole per la richiesta di offerta, l`offerta, l`ordine e la fornitura.

UNI 10381-1 - Impianti aeraulici - Condotte. Classificazione, progettazione, dimensionamento e posa in opera.

UNI 10381-2 - Impianti aeraulici - Componenti di condotte. Classificazione, dimensioni e caratteristiche costruttive.

UNI EN 1505 - Ventilazione negli edifici. Condotte metalliche e raccordi a sezione rettangolare. Dimensioni.

UNI EN 1506 - Ventilazione negli edifici. Condotte metalliche a sezione circolare. Dimensioni.

UNI ENV 12097 - Ventilazione negli edifici. Rete delle condotte. Requisiti relativi ai componenti atti a facilitare la manutenzione delle reti delle condotte.

UNI EN 25135 - Acustica. Determinazione dei livelli di potenza sonora emessi dalle bocchette di mandata - ripresa d`aria, dalle cassette di raccordo alta-bassa velocità e alta-bassa pressione e dalle serrande di taratura e non ritorno, mediante misura in camera riverberante.

UNI EN 25136 - Acustica. Determinazione della potenza sonora immessa in condotto da ventilatori. Metodo con ventilatore inserito in condotto.

Legge 06.12.1971, n.1083 : Norme per la sicurezza dell`impiego del gas combustibile.

Legge 05.03.1990, n. 46 : Norme per la sicurezza degli impianti.

Legge 09.01.1991, n. 10 : Norme per l`attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell`energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.

DM 31.03.1984 : Norme di sicurezza per la progettazione, la costruzione, l`installazione e l`esercizio dei depositi di gas di petrolio liquefatto con capacità complessiva non superiore a 5 m³.

DM 24.11.1984 : Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l`accumulo e l`utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8.

DM 12.04.1996 : Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l`esercizio degli impianti termici alimentati da combustibili gassosi.

UNI 7129 : Impianti a gas per uso domestico alimentati da rete di distribuzione. Progettazione, installazione e manutenzione.

UNI 7131 : Impianti a gas di petrolio liquefatti per uso domestico non alimentati da rete di distribuzione. Progettazione, installazione e manutenzione.

UNI 8213 : Depositi di gas di petrolio liquefatti per impianti centralizzati con serbatoi fissi di capacità complessiva fino a 5 m³. Progettazione, installazione ed esercizio.

UNI 8827 : Impianti di riduzione finale della pressione del gas funzionanti con pressione a monte compresa tra 0,04 e 5 bar. Progettazione, costruzione e collaudo.

UNI 9034 : Condotte di distribuzione del gas con pressioni massime di esercizio minori o uguali a 5 bar. Materiali e sistemi di giunzione.

UNI 9165 : Reti di distribuzione del gas con pressione massima di esercizio minore o uguale a 5 bar. Progettazione, costruzione e collaudo.

UNI 9167 : Impianti di ricezione e prima riduzione del gas naturale. Progettazione, costruzione e collaudo.

UNI 9571 : Impianti di ricezione e prima riduzione del gas naturale. Conduzione e manutenzione.

UNI 9860 : Impianti di derivazione di utenza. Progettazione, costruzione e collaudo.

UNI 10390 : Impianti di riduzione finale della pressione del gas naturale funzionanti con pressione a monte massima compresa tra 5 e 12 bar. Progettazione, costruzione e collaudo.

APPARECCHI A PRESSIONE

D.M. 1 dicembre 1975 "Norme di sicurezza per apparecchi contenenti liquidi caldi sotto pressione", comprese tutte le integrazioni successive e le specifiche tecniche di applicazione (Raccolta "R" ANCC e successive integrazioni);

D.M. 21 maggio 1974 "Norme integrative del regolamento approvato con R.D. 12 maggio 1927 n. 824 e disposizioni per l'esonero di alcune verifiche e prove stabilite per gli apparecchi a pressione", comprese tutte le integrazioni successive e le specifiche tecniche di applicazione (Raccolta "E" ANCC e successive integrazioni);

PREVENZIONE INCENDI E SICUREZZA DEI LUOGHI DI LAVORI

DPR 27.4.1955, n. 547 - Norme di prevenzione infortuni (art. 33, 34, 35).

DM 30.11.1983 - Termini, definizioni e simboli grafici di prevenzione incendi.

DM 8.3.1985 - Regolamento di applicazione della Legge n. 818/1984 (NOP) (Allegato A - art. 7).

Circolare M.I. n. 24/93 - Impianti di protezione attiva antincendi.

DL 19.9.1994, n. 626 - Norme per il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro (Capo III).

DL 14.8.1996, n. 493 - Segnaletica di sicurezza e salute sul luogo di lavoro.

DM 10.3.1998 - Criteri di sicurezza antincendio per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro (Allegato V).

D.P.R. 27 aprile 1955 n. 547 "Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro";

D.Lvo. 19 settembre 1994 n. 626 " Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro" e successive integrazioni

D.L.vo 14 agosto 1996 n. 493 “Attuazione della Direttiva 62/58 CEE concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro”

D.M. 10 marzo 1998 “Criteri generali di sicurezza antincendi per i luoghi di lavoro”

D.P.R. 12 gennaio 1998 n. 37 “Regolamento recante disciplina dei provvedimenti relativi alla prevenzione incendi” e relative norme di applicazione

D.M. 16 febbraio 1982 " Determinazione delle attività soggette alle visite di prevenzione incendi" e successive integrazioni;

D.M. 30 novembre 1983 "Termini, definizioni generali e simboli grafici di prevenzione incendi" e successive integrazioni;

D.M. 26 giugno 1984 "Classificazione di reazione al fuoco ed omologazione dei materiali ai fini della prevenzione incendi" e successive integrazioni;

Legge 13 luglio 1966 N. 615 "Provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico" e relativo regolamento di esecuzione (D.P.R. 22 dicembre 1970 N. 1391);

Legge 6 dicembre 1971 N. 1083 "Norme per la sicurezza dell'impiego del gas combustibile", comprese le Norme UNI–CIG;

Circolare del Ministero dell'Interno N. 31 del 31 agosto 1978 "Norme di sicurezza per installazione di motori a combustione interna accoppiati a macchina generatrice elettrica o a macchina operatrice" e integrazioni successive;

D.M. 24 novembre 1984 "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8";

D.M. 12 aprile 1996 N. 74 "Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio degli impianti termici alimentati a combustibili gassosi";

Decreto Legislativo del 9 aprile 2008 n. 81: "Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007 , n. 123 , in materia di tutela della salute e della sicurezza".

SALVAGUARDIA DELL’AMBIENTE E DELLE RISORSE

D.P.R. 24 maggio 1988 N. 236 "Attuazione della direttiva CEE N. 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell'art. 15 della Legge 16 aprile 1987 N. 183";

D.M. 21 dicembre 1990 n. 443 "Regolamento recante disposizioni tecniche concernenti apparecchiature per il trattamento domestico di acque potabili";

Legge 5 gennaio 1994 n. 36 "Disposizioni in materia di risorse idriche" e relativo regolamento di esecuzione;

Norma UNI 8199 "Misura in opera e valutazione del rumore prodotto negli ambienti dagli impianti di riscaldamento, condizionamento e ventilazione";

D.P.C.M. 1 marzo 1991 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno";

Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 dicembre 1997 “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”

D.M. 24 maggio 1999 N. 246 “Regolamento recante norme concernenti i requisiti tecnici per la costruzione, l’installazione e l’esercizio dei serbatoi interrati”

ELIMINAZIONE DELLA BARRIERE ARCHITETTONICHE

Legge 9 gennaio 1989 n. 13 "Disposizioni per favorire il superamento e l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici privati";

D.P.R. 24 luglio 1996 n. 503 "Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici";

D.M. 14 giugno 1989 n. 236 "Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visitabilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche";

Legge Regione Lombardia 20 febbraio 1989 n. 6 "Norme sulla eliminazione delle barriere architettoniche e prescrizioni tecniche di attuazione";

Leggi e circolari esplicative successive;

ALTRE LEGGI E NORMATIVE

Decreto Ministeriale n. 37 del 22 gennaio 2008: "Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici”;

Circolare Ministeriale 22 novembre 1974 n. 13011 "Requisiti fisico–tecnici per le costruzioni edilizie ospedaliere: proprietà termiche, igrometriche, di ventilazione e di illuminazione";

ASL competente per territorio "Regolamento di Igiene – Titolo III";

D.G.R. 14 dicembre 2001 n. 7/7435 Attuazione dell’art. 12, commi 3 e 4 della l.r. 11 luglio 1997, n.31 “Requisiti per l’autorizzazione al funzionamento e per l’accreditamento delle Residenze Sanitario Assistenziali per anziani (R.S.A.)”;

D.G.R. 22 marzo 2002 n. 7/8494 “Requisiti per l’autorizzazione al funzionamento e per l’accreditamento dei Centri Diurni Integrati”.

CAPO VII

Caratteristiche impianti elettrici

DOCUMENTAZIONE

DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI

Le indicazioni fornite precedentemente e quelle che si andranno a fornire nelle varie sezioni della presente relazione, riguardano la consistenza e la tipologia dell'impianto elettrico realizzato; dette informazioni sono da considerarsi di raccordo tra i diversi documenti che costituiscono il progetto.

L'intervento in oggetto è da intendersi come MODIFICA DI IMPIANTO ELETTRICO in struttura esistente.

Il presente progetto, in accordo a quanto richiesto nella norma CEI 0-2 e D.M. 37/08, è composto dei seguenti documenti:

15072re01 - RE1	/	A	Relazione tecnica impianto elettrico
15072e02 - TE1	1	A	Schema planimetrico puntamenti illuminazione diretta
15072e02 - TE2	2	A	Schema planimetrico puntamenti illuminazione indiretta
15072e03 - TE3	1	A	Schema planimetrico distribuzione impianti di illuminazione ordinaria ed emergenza
15072e03 - TE4	2	A	Schema planimetrico distribuzione impianti forza motrice e bus
15072e03 - TE5	3	A	Schema planimetrico distribuzione impianti elettrico generale e terra
15072e11 - TE6	1	A	Schema planimetrico distribuzione impianto di regolazione DALI
15072rs01 - RE2	/	A	Relazione tecnica scariche atmosferiche Chiesa parrocchiale
15072rs02 - RE3	/	A	Relazione tecnica scariche atmosferiche campanile
15072s01 - TE7	1	A	Planimetria di riferimento scariche atmosferiche
15072e04 - QE1	/	A	Schema multifilare quadro elettrico di fornitura QGBT-01
15072e05 - QE2	/	A	Schema multifilare quadro elettrico generale QD-01.1
15072e06 - QE3	/	A	Schema multifilare quadro elettrico distribuzione di sicurezza QDS-01
15072e07 - QE4	/	A	Schema multifilare quadro elettrico sagrestia QD-01.1.1
15072e08 - QE5	/	A	Schema multifilare quadro elettrico magazzino QD-01.1.2
15072e09 - QE6	/	A	Schema multifilare quadro elettrico centrale termica QD-01.1.3
15072e10 - QE7	/	A	Schema multifilare quadro elettrico locale tecnico sagrestia QD-01.1.1.1

15072ee01 - CE2	/	A	Computo metrico impianto elettrico

DOCUMENTAZIONE FINALE - MESSA IN FUNZIONE IMPIANTO ELETTRICO

La messa in funzione degli impianti potrà avvenire solamente dopo che gli stessi saranno stati controllati e verificati dalla ditta installatrice, la quale avrà l'obbligo di rilasciare la relativa dichiarazione di conformità come richiesto dal Decreto 22/01/2008 N°37 e come indicato dal D.P.R. 22 ottobre 2001 n.462 in materia di impianti elettrici.
La dichiarazione di conformità dovrà essere comprensiva degli allegati obbligatori e redatta in armonia con la guida CEI 0-3.
È compito della ditta installatrice fornire tutte le omologazioni alla legge regionale in materia di inquinamento luminoso, per tutto quanto relativo agli impianti di illuminazione esterna
Saranno inoltre a carico della ditta installatrice, l'assistenza necessaria per l'effettuazione delle verifiche e collaudi richiesti dalle normative CEI vigenti oltre a quelli necessari per la normale messa in funzione degli impianti.
A completamento delle opere l'impresa installatrice, oltre alla presentazione della Dichiarazione di conformità, dovrà presentare i disegni finali dell'impianto (As built) comprendenti:

schemi elettrici dei quadri e dei collegamenti

planimetrie indicanti le posizioni degli impianti

i manuali di conduzione e manutenzione.

VERIFICHE INIZIALI E PERIODICHE DA EFFETTUARE SULL'IMPIANTO ELETTRICO

Gli impianti elettrici devono essere verificati sia prima della loro messa in servizio sia in occasione di ogni modifica importante.
Fermo restando le disposizioni del decreto del Presidente della Repubblica 22 Ottobre 2001, n.462, in materia di controlli periodici, in base alla norma CEI 64-8/134.3 ogni impianto elettrico deve essere sottoposto a verifiche periodiche, inoltre, in base al DECRETO LEGISLATIVO 9 APRILE 2008, n. 81, ART.86 "VERIFICHE", il datore di lavoro, deve provvedere affinché gli impianti elettrici e gli impianti di protezione dai fulmini, siano periodicamente sottoposti a controllo secondo le indicazioni della buona tecnica e la normativa vigente per verificarne lo stato di conservazione e di efficienza ai fini della sicurezza.

NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

Principali norme inerenti la documentazione

Norma	Anno	Titolo
CEI 0-2	2002	Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici.
CEI 3-14	2005	Segni grafici per schemi - Elementi dei segni grafici, segni grafici distintivi ed altri segni di uso generale
CEI 3-15	2005	Segni grafici per schemi - Conduttori e dispositivi di connessione
CEI 3-16	2005	Segni grafici per schemi - Componenti passivi
CEI 3-17	2005	Segni grafici per schemi - Semiconduttori e tubi elettronici
CEI 3-18	2005	Segni grafici per schemi - Produzione e conversione dell'energia elettrica
CEI 3-19	2005	Segni grafici per schemi - Apparecchiature e dispositivi di comando e protezione
CEI 3-20	2005	Segni grafici per schemi Strumenti di misura, lampade e dispositivi di segnalazione
CEI 3-21	2005	Segni grafici per schemi - Telecomunicazioni: Apparati di commutazione e periferiche
CEI 3-22	2005	Segni grafici per schemi - Telecomunicazioni: Trasmissione
CEI 3-23	2005	Segni grafici per schemi - Schemi e piani d'installazione architettonici e topografici
CEI 3-24	2005	Segni grafici per schemi - Elementi analogici
CEI 3-26	2005	Segni grafici per schemi - Elementi logici binari
CEI CLC/TR 50469 (CEI 81-11)	2006	Impianti di protezione contro i fulmini Segni grafici

Principali norme inerenti la connessione alla rete elettrica nazionale

Norma	Anno	Titolo
CEI 0-16	2014	Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica
CEI 0-16; V1	2014	Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica
CEI 0-21	2014	Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica
CEI 0-21;V1	2014	Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica - Fogli di interpretazione

Principali norme inerenti la progettazione e la realizzazione degli impianti elettrici

Norma	Anno	Titolo
CEI 0-10	2002	Guida alla manutenzione degli impianti elettrici
CEI 0-11	2002	Guida alla gestione in qualità delle misure per la verifica degli impianti elettrici ai fini della sicurezza
CEI 0-14	2005	DPR 22 ottobre 2001, n.462 - Guida all'applicazione del DPR 462/01 relativo alla semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra degli impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi
CEI 78-17	2015	Manutenzione delle cabine elettriche MT/MT e MT/BT dei clienti/utenti finali
CEI 11-17	2006	Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia

		elettrica - Linee in cavo
CEI 11-17;V1	2011	Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo
CEI 11-20	2000	Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria
CEI 11-20;V1	2004	Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria
CEI 11-20;V2	2007	Allegato C - Prove per la verifica delle funzioni di interfaccia con la rete elettrica per i micro generatori: Apparati di commutazione e periferiche
CEI 11-20;V3	2010	Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria
CEI EN 60909-0 (CEI 11-25)	2001	Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata - Parte 0: Calcolo delle correnti
CEI EN 60909-1 (CEI 11-26)	2013	Correnti di cortocircuito - Calcolo degli effetti - Parte 1: Definizioni e metodi di calcolo
CEI 11-27	2005	Lavori su impianti elettrici
CEI 11-28	1998	Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali a bassa tensione
CEI EN 50110-1 (CEI 11-48)	2005	Esercizio degli impianti elettrici
CEI EN 50191 (CEI 11-64)	2011	Installazione ed esercizio degli impianti elettrici di prova
CEI 11-81	2014	Rapporto tecnico: Guida alle novità dei contenuti della Norma CEI 11-27, IV edizione, rispetto alla III edizione
CEI 17-43	2000	Metodo per la determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione, per le apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) non di serie (ANS)
CEI EN 61439-1 (CEI 17-113)	2012	Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 1: Regole generali
CEI EN 61439-2 (CEI 17-114)	2012	Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 2: Quadri di potenza
CEI EN 61439-3 (CEI 17-116)	2012	Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 3: Quadri di distribuzione destinati ad essere utilizzati da persone comuni (DBO)
CEI EN 61439-4 (CEI 17-117;V1)	2013	Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 4: Prescrizioni particolari per quadri per cantiere (ASC)
CEI EN 61439-4 (CEI 17-118)	2014	Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Part 6: Busbar trunking systems (busways)
CEI 17-70	1999	Guida all'applicazione delle norme dei quadri di bassa tensione
CEI-UNEL 35024/1 (CEI 20)	1997	Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua
CEI-UNEL 35024/1 EC (CEI 20)	1998	Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua Portate di corrente in regime permanente per posa in aria
CEI-UNEL 35024/2 (CEI 20)	1997	Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua
CEI-UNEL 35011 (CEI 20)	2000	Cavi per energia e segnalamento. Sigle di designazione
CEI-UNEL 35011;V1 (CEI 20)	2002	Cavi per energia e segnalamento Sigle di designazione
CEI-UNEL 35026 (CEI 20)	2000	Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata

CEI-UNEL 00722 (CEI 20)	2002	Identificazione delle anime dei cavi
CEI-UNEL 35027 (CEI 20)	2009	Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV Portate di corrente in regime permanente - Posa in aria ed interrata
CEI-UNEL 35012 (CEI 20)	2010	Contrassegni e classificazione dei cavi in relazione al fuoco
CEI-UNEL 35023 (CEI 20)	2012	Cavi di energia per tensione nominale U uguale ad 1 kV - Cadute di tensione
CEI-UNEL 00721 (CEI 20)	2013	Colori di guaina dei cavi elettrici
CEI-UNEL 35752 (CEI 20)	2014	Cavi per energia isolati con polivinilcloruro non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di alogeni - Cavi unipolari senza guaina con conduttori flessibili - Tensione nominale U0/U: 450/750 V
CEI-UNEL 35753 (CEI 20)	2014	Cavi per energia isolati con polivinilcloruro non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di alogeni - Cavi unipolari senza guaina con conduttori rigidi - Tensione nominale U0/U: 450/750 V
CEI 20-105	2011	Cavi elettrici resistenti al fuoco, non propaganti la fiamma, senza alogeni, con tensione nominale 100/100 V per applicazioni in sistemi fissi automatici di rivelazione e di segnalazione allarme d'incendio
CEI 20-105;V1	2013	Cavi elettrici resistenti al fuoco, non propaganti la fiamma, senza alogeni, con tensione nominale 100/100 V per applicazioni in sistemi fissi automatici di rivelazione e di segnalazione allarme d'incendio
CEI 20-106	2013	Cavi elettrici con isolamento reticolato non propaganti la fiamma, con tensione nominale non superiore a 450/750V destinati alla ricarica dei veicoli elettrici
CEI 20-27	2000	Cavi per energia e per segnalamento Sistema di designazione
CEI 20-27;V1	2001	Cavi per energia e per segnalamento Sistema di designazione
CEI 20-27;V2	2007	Cavi per energia e per segnalamento Sistema di designazione
CEI 20-40	1998	Guida per l'uso di cavi armonizzati a bassa tensione
CEI 20-40;V1	2004	Guida per l'uso di cavi armonizzati a bassa tensione
CEI 20-40;V2	2004	Guida per l'uso di cavi armonizzati a bassa tensione
CEI 20-40;V3	2009	Guida per l'uso di cavi armonizzati a bassa tensione
CEI 20-40;V4	2010	Guida per l'uso di cavi armonizzati a bassa tensione
CEI 20-65	2000	Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico, termoplastico e isolante minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Metodi di verifica termica (portata) per cavi raggruppati in fascio contenente conduttori di sezione differente
CEI 20-67	2001	Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV
CEI 20-67;V1	2009	Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV
CEI 20-67;V2	2013	Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV
CEI 20-89	2009	Guida all’uso e all’installazione dei cavi elettrici e degli accessori di MT
CEI 20-91	2010	Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici
CEI 20-91;V1	2010	Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma per applicazioni in impianti fotovoltaici
CEI 20-91;V2	2013	Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma per applicazioni in impianti fotovoltaici
CEI EN 60898-1 (CEI 23-3/1)	2004	Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari Parte 1: Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata

CEI EN 60898-1/A1/A11 (CEI 23-3/1;V1)	2006	Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari Parte 1: Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata
CEI EN 60898-1/IS1/ IS2/IS3/IS4 (CEI 23-3/1;V2)	2008	Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari Parte 1: Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata
CEI EN 60898-1/A12 (CEI 23-3/1;V3)	2009	Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari Parte 1: Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata
CEI EN 60898-1/A13 (CEI 23-3/1;V4)	2013	Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari Parte 1: Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata
CEI EN 60898-2 (CEI 23-3/2)	2007	Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari Parte 2: Interruttori per funzionamento in corrente alternata e in corrente continua
CEI 23-101	2008	Dispositivi di richiusura automatica per interruttori automatici, interruttori differenziali con o senza sganciatore di sovracorrente per usi domestici e similari
CEI EN 50085-2-4 (CEI 23-108)	2011	Sistemi di canali e di condotti per installazioni elettriche Parte 2-4: Prescrizioni particolari per colonne e torrette
CEI EN 50557 (CEI 23-119)	2012	Prescrizioni per dispositivi di richiusura automatica per interruttori automatici, interruttori differenziali con o senza sganciatori di sovracorrente per usi domestici e similari
CEI EN 60669-2-6 (CEI 23-126)	2012	Apparecchi di comando non automatici per installazione elettrica fissa per uso domestico e similare Parte 2-6: Prescrizioni particolari - Apparecchi di comando non automatici per vigili del fuoco per insegne luminose e apparecchi d'illuminazione per uso interno ed esterno
CEI 23-51	2004	Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare
CEI EN 50085-1 (CEI 23-58)	2006	Sistemi di canali e di condotti per installazioni elettriche Parte 1: Prescrizioni generali
CEI EN 50085-1/A1 (CEI 23-58;V1)	2014	Sistemi di canali e di condotti per installazioni elettriche Parte 1: Prescrizioni generali
CEI EN 61386-1 (CEI 23-80)	2009	Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 1: Prescrizioni generali
CEI EN 61386-21 (CEI 23-81)	2005	Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 21: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi e accessori
CEI EN 61386-21/A11 (CEI 23-81;V1)	2011	Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 21: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi e accessori
CEI EN 61386-22 (CEI 23-82)	2005	Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 22: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi pieghevoli e accessori
CEI EN 61386-22/A11 (CEI 23-82;V1)	2011	Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 22: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi pieghevoli e accessori
CEI EN 61386-23 (CEI 23-83)	2005	Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 23: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi flessibili e accessori
CEI EN 61386-23/A11 (CEI 23-83;V1)	2011	Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 23: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi flessibili e accessori
CEI 23-98	2007	Guida all’uso corretto di interruttori differenziali per installazioni domestiche e similari
CEI EN 50173-2 (CEI 306-13)	2008	Tecnologia dell'informazione - Sistemi di cablaggio strutturato Parte 2: Locali per ufficio
CEI EN 50173-2/A1 (CEI 306-13;V1)	2011	Tecnologia dell'informazione - Sistemi di cablaggio strutturato Parte 2: Locali per ufficio
CEI EN 50173-3 (CEI 306-14)	2008	Tecnologia dell'informazione - Sistemi di cablaggio strutturato Parte 3: Ambienti Industriali

CEI EN 50173-3/A1 (CEI 306-14;V1)	2011	Tecnologia dell'informazione - Sistemi di cablaggio strutturato Parte 3: Ambienti Industriali
CEI EN 50173-4 (CEI 306-15)	2008	Tecnologia dell'informazione - Sistemi di cablaggio strutturato Parte 4: Abitazioni
CEI EN 50173-4/A1 (CEI 306-15;V1)	2011	Tecnologia dell'informazione - Sistemi di cablaggio strutturato Parte 4: Abitazioni
CEI EN 50173-5 (CEI 306-16)	2008	Tecnologia dell'informazione - Sistemi di cablaggio strutturato Parte 5: Centri dati
CEI EN 50173-5/A1 (CEI 306-16;V1)	2011	Tecnologia dell'informazione - Sistemi di cablaggio strutturato Parte 5: Centri dati
CEI EN 50173-5/A2 (CEI 306-16;V2)	2014	Tecnologia dell'informazione - Sistemi di cablaggio strutturato Parte 5: Centri dati
CEI 306-2	2014	Guida al cablaggio per le comunicazioni elettroniche negli edifici residenziali
CEI EN 50173-1 (CEI 306-6)	2011	Tecnologia dell'informazione - Sistemi di cablaggio Parte 1: Requisiti generali
CEI EN 50346 (CEI 306-7)	2004	Tecnologia dell'informazione - Installazione del cablaggio - Prove del cablaggio installato
CEI EN 50346/A1/A2 (CEI 306-7;V1)	2011	Tecnologia dell'informazione - Installazione del cablaggio - Prove del cablaggio installato
CEI EN 60079-14 (CEI 31-33)	2010	Atmosfere esplosive Parte 14: Progettazione, scelta e installazione degli impianti elettrici
CEI EN 60079-17 (CEI 31-34)	2008	Atmosfere esplosive Parte 17: Verifica e manutenzione degli impianti elettrici
CEI 31-35	2012	Atmosfere esplosive Guida alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas in applicazione della Norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87)
CEI 31-35/A	2012	Atmosfere esplosive Guida alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas in applicazione della Norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87): esempi di applicazione
CEI 31-35/A;V1	2014	Atmosfere esplosive Guida alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas in applicazione della Norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87)
CEI 31-56	2007	Atmosfere esplosive Guida alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di polveri combustibili in applicazione della Norma CEI EN 60079-10-2 (CEI 31-88)
CEI 31-56;V1	2012	Atmosfere esplosive Guida alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di polveri combustibili in applicazione della Norma CEI EN 60079-10-2 (CEI 31-88)
CEI EN 61241-14 (CEI 31-67;Ab)	2011	Costruzioni elettriche destinate ad essere utilizzate in presenza di polveri combustibili Parte 14: Scelta ed installazione
CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87)	2010	Atmosfere esplosive Parte 10-1: Classificazione dei luoghi. Atmosfere esplosive per la presenza di gas
CEI EN 60079-10-2 (CEI 31-88)	2010	Atmosfere esplosive Parte 10-2: Classificazione dei luoghi - Atmosfere esplosive per la presenza di polveri combustibili
CEI 31-93	2011	impianti elettrici in luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di polveri combustibili, già utilizzati prima del 30 GIUGNO 2003 Verifica del rispetto delle prescrizioni minime stabilite dal D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81, titolo XI, come integrato e modificato dal D.Lgs. 106/09, per i diversi tipi di zone.
CEI EN 60269-1 (CEI 32-1)	2009	Fusibili a bassa tensione Parte 1: Prescrizioni generali
CEI EN 60269-1/A1 (CEI 32-1;V1)	2010	Fusibili a bassa tensione Parte 1: Prescrizioni generali
CEI EN 50107-1 (CEI 34-86)	2003	Installazioni di insegne e di tubi luminosi a scarica funzionanti con tensione a vuoto superiore a 1kV ma non superiore a 10 kV Parte 1:

		Prescrizioni generali
CEI EN 50107-1/A1 (CEI 34-86;V1)	2005	Installazioni di insegne e di tubi luminosi a scarica funzionanti con tensione a vuoto superiore a 1kV ma non superiore a 10 kV Parte 1: Prescrizioni generali
CEI-UNEL 36762 (CEI 46)	2012	Identificazioni e prove da utilizzare per cavi per sistemi di categoria 0 in relazione alla coesistenza in condutture contenenti cavi per sistemi di I categoria
CEI 46-136	2004	Guida alle Norme per la scelta e la posa dei cavi per impianti di comunicazione
CEI 64-12	2009	Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario
CEI 64-14	2007	Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori
CEI 64-15	1998	Impianti elettrici negli edifici pregevoli per rilevanza storica e/o artistica
CEI R064-004	1999	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua
CEI 64-17	2010	Guida all’esecuzione degli impianti elettrici nei cantieri
CEI 64-18	2011	Effetti della corrente elettrica attraverso il corpo umano e degli animali domestici Parte 1: Aspetti generali
CEI 64-19	2014	Guida agli impianti di illuminazione esterna
CEI 64-2	2001	Impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione Prescrizioni specifiche per la presenza di polveri infiammabili e sostanze esplosive
CEI 64-50	2007	Edilizia ad uso residenziale e terziario Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici Criteri generali
CEI 64-50;V1	2011	Edilizia ad uso residenziale e terziario Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici Criteri generali
CEI 64-51	2007	Edilizia ad uso residenziale e terziario Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici Criteri particolari per centri commerciali
CEI 64-51;V1	2011	Edilizia ad uso residenziale e terziario Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici Criteri particolari per centri commerciali
CEI 64-52	2007	Edilizia ad uso residenziale e terziario Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici Criteri particolari per edifici scolastici
CEI 64-52;V1	2011	Edilizia ad uso residenziale e terziario Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici Criteri particolari per edifici scolastici
CEI 64-53;Ab	2013	Edilizia ad uso residenziale e terziario Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici Criteri particolari per edifici ad uso prevalentemente residenziale
CEI 64-54	2007	Edilizia ad uso residenziale e terziario Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici Criteri particolari per locali di pubblico spettacolo
CEI 64-54;V1	2011	Edilizia ad uso residenziale e terziario Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici Criteri particolari per locali di pubblico spettacolo

CEI 64-55	2007	Edilizia ad uso residenziale e terziario Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici Criteri particolari per strutture alberghiere
CEI 64-55;V1	2011	Edilizia ad uso residenziale e terziario Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici Criteri particolari per strutture alberghiere
CEI 64-56	2008	Edilizia ad uso residenziale Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici Criteri particolari per locali ad uso medico
CEI 64-57	2007	Edilizia ad uso residenziale e terziario Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici Impianti di piccola produzione distribuita
CEI 64-57;V1	2011	Edilizia ad uso residenziale e terziario Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici Impianti di piccola produzione distribuita
CEI 64-7	2010	Impianti di illuminazione situati all'esterno con alimentazione serie
CEI 315-4	2012	Guida all'efficienza energetica degli impianti di illuminazione pubblica: aspetti generali
CEI 64-8/1	2012	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua. Parte 1: Oggetto, scopo e principi fondamentali
CEI 64-8/2	2012	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua. Parte 2: Definizioni
CEI 64-8/3	2012	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua. Parte 3: Caratteristiche generali
CEI 64-8/4	2012	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua. Parte 4: Prescrizioni per la sicurezza
CEI 64-8/5	2012	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua. Parte 5: Scelta ed installazione dei componenti elettrici
CEI 64-8/6	2012	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua. Parte 6: Verifiche
CEI 64-8/7	2012	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua. Parte 7: Ambienti ed applicazioni particolari
CEI 64-8;V1	2013	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.
CEI 64-8;V2	2015	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.
CEI 64-100/1	2006	Edilizia residenziale Guida per la predisposizione delle infrastrutture per gli impianti elettrici, elettronici e per le comunicazioni Parte 1: Montanti degli edifici
CEI 64-100/1;V1	2009	Edilizia residenziale Guida per la predisposizione delle infrastrutture per gli impianti elettrici, elettronici e per le comunicazioni Parte 1: Montanti degli edifici
CEI 64-100/2	2009	Edilizia residenziale Guida per la predisposizione delle infrastrutture per gli impianti elettrici, elettronici e per le comunicazioni Parte 2: Unità immobiliari (appartamenti)
CEI 64-100/3	2011	Edilizia Residenziale Guida per la predisposizione delle infrastrutture per

		gli impianti elettrici, elettronici e per le comunicazioni Parte 3: case unifamiliari, case a schiera ed in complessi immobiliari (residence)
CEI EN 50132-7 (CEI 79-10)	2013	Sistemi di allarme - Sistemi di videosorveglianza per applicazioni di sicurezza Parte 7: Linee guida di applicazione
CEI EN 62305-1 (CEI 81-10/1)	2013	Protezione contro i fulmini Parte 1: Principi generali
CEI EN 62305-1/EC (CEI 81-10/1;EC1)	2013	Protezione contro i fulmini Parte 1: Principi generali
CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2)	2013	Protezione contro i fulmini Parte 2: Valutazione del rischio
CEI EN 62305-2/EC (CEI 81-10/2;EC1)	2013	Protezione contro i fulmini Parte 2: Valutazione del rischio
CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3)	2013	Protezione contro i fulmini Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone
CEI EN 62305-3/EC (CEI 81-10/3;EC1)	2013	Protezione contro i fulmini Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone
CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4)	2013	Protezione contro i fulmini Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture
CEI EN 62305-4/EC (CEI 81-10/4;EC1)	2013	Protezione contro i fulmini Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture
CEI 81-29	2014	Linee guida per l'applicazione delle Norme CEI EN 62305
CEI 81-30	2014	Protezione contro i fulmini - Reti di localizzazione fulmini (LLS) - Linee guida per l'impiego di sistemi LLS per l'individuazione dei valori di Ng (Norma CEI EN 62305-2)
CEI 81-2	2013	Guida per la verifica delle misure di protezione contro i fulmini
CEI EN 62561-1 (CEI 81-24)	2013	Componenti dei sistemi di protezione contro i fulmini Parte 1: Prescrizioni per i componenti di connessione
CEI 81-28	2013	Guida alla protezione contro i fulmini degli impianti fotovoltaici
CEI 81-29	2014	Linee guida per l'applicazione delle Norme CEI EN 62305
CEI 81-30	2014	Protezione contro i fulmini - Reti di localizzazione fulmini (LLS) - Linee guida per l'impiego di sistemi LLS per l'individuazione dei valori di Ng (Norma CEI EN 62305-2)
CEI EN 61936-1 (CEI 99-2)	2011	Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a Parte 1: Prescrizioni comuni
CEI EN 50522-1 (CEI 99-3)	2011	Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.
CEI 99-4	2014	Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale
CEI 99-5	2015	Guida per l’esecuzione degli impianti di terra delle utenze attive e passive connesse ai sistemi di distribuzione con tensione superiore a 1 kV in c.a.
CEI EN 60904-1 (CEI 82-1)	2008	Dispositivi fotovoltaici – Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche corrente-tensione
CEI EN 60904-3 (CEI 82-3)	2009	Dispositivi fotovoltaici – Parte 3:Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici (PV) per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento.
CEI EN 61215 (CEI 82-8)	2006	Moduli fotovoltaici (FV) in silicio cristallino per applicazioni terrestri – Qualifica del progetto e omologazione del tipo.
CEI EN 61646 (CEI 82-12)	2012	Moduli fotovoltaici (FV) a film sottili per applicazioni terrestri – Qualifica del progetto e omologazione del tipo.
CEI EN 50380 (CEI 82-22)	2003	Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici..
CEI 82-25	2010	Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione
CEI 82-25;V1	2011	Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione
CEI 82-25;V2	2012	Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione
CEI EN 61730-1	2008	Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) – Parte 1:

(CEI 82-27)		Prescrizioni per la costruzione.
CEI EN 61730-1/A1 (CEI 82-27;V1)	2012	Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) – Parte 1: Prescrizioni per la costruzione.
CEI EN 61730-1/A2 (CEI 82-27;V2)	2013	Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) – Parte 1: Prescrizioni per la costruzione.
CEI EN 61730-2 (CEI 82-28)	2009	Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) – Parte 2: prescrizioni per le prove.
CEI EN 61730-2/A1 (CEI 82-28;V1)	2013	Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) – Parte 2: prescrizioni per le prove.
CEI 100-119	2004	Apparati multimediali senza fili Guida all'installazione e all'utilizzo in ambito domestico
CEI 100-140	2007	Guida per la scelta e l'installazione dei sostegni d'antenna per la ricezione televisiva
CEI 100-7	2012	Guida per l'applicazione delle Norme sugli impianti di ricezione televisiva
CEI 100-7;V1	2013	Guida per l'applicazione delle Norme sugli impianti di ricezione televisiva
CEI 100-7;EC2	2014	Guida per l'applicazione delle Norme sugli impianti di ricezione televisiva

Principali norme UNI inerenti la progettazione e la realizzazione degli impianti elettrici

UNI EN 12464-1:	2011	"Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro – Parte 1: Posti di lavoro interni"
UNI EN1838:	2013	"Illuminazione di emergenza"
CEI UNI 11222:	2013	Luce e illuminazione - Impianti di illuminazione di sicurezza degli edifici - Procedure per la verifica e la manutenzione periodica
UNI 9795:	2013	"Sistemi fissi automatici di rilevazione e di segnalazione manuale d'incendio"
UNI EN 11248:	2012	"Illuminazione stradale"

Principali Leggi italiane sugli impianti elettrici

Legge n° 791: del 18/10/1977	1977	Attuazione della Direttive del Consiglio delle Comunità Europee (n° 72/23 CEE) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione.
Legge 01/03/1968 n° 186:	1968	Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, materiale e impianti elettrici. Gazzetta Ufficiale 23/03/1968 n° 77.
DM 10/04/1984:	1984	Disposizioni per la prevenzione e l'eliminazione dei radio disturbi provocati dagli apparecchi di illuminazione per lampade fluorescenti munite di starter. Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale 18/06/1984 n° 166
DM 1/02/1986: (G.U. 15/03/1986 n° 62)	1986	Norme di sicurezza antincendio per la costruzione e l'esercizio di autorimesse e simili.
Decreto n° 37/2008	2008	"Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n°248 del 2 Dicembre 2005, recante il riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici" (G.U. n.61 del 12-3-2008).
DPR 392: del 18 aprile 1994	1994	"Regolamento recante disciplina del procedimento di riconoscimento delle imprese ai fini della installazione, ampliamento e trasformazione degli impianti nel rispetto delle norme di sicurezza".
DPR 462: del 22 Ottobre 2001	2001	"Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi".
Legge n° 428: del 30 Dicembre 1991	1991	Istituzione di elenchi di professionisti abilitati alla effettuazione di servizi di e verifiche periodiche, a fini di sicurezza, di apparecchi, macchine, impianti e omologazione attrezzature. (G.U. 9/1/92 n° 6).

D.Lgs. n° 81: del 9 Aprile 2008	2008	Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 Agosto 2007, n°123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
Legge Regionale della Lombardia n.31 del 5 Ottobre 2015	2015	"misure di efficentamento dei sistemi di illuminazione esterna con finalita' di risparmio energetico e di riduzione dell'inquinamento luminoso"

DATI DI PARTENZA

Alimentazione ordinaria	
Natura della corrente	Alternata
Tensione Nominale	400V (3F+N)
Frequenza	50Hz
Corrente di corto circuito presunta	10kA
Potenza Impegnabile	16kW
Tipologia di sistema	TT
Alimentazione dei servizi di sicurezza e di riserva	CPPS da 3kVA 230V per illuminazione di emergenza
Tipologia dell'ambiente	Ordinario per gli ambienti senza pubblico
	Maggior Rischio in caso d'incendio - TIPO A
Protezione contro i contatti diretti ammessa	Protezione mediante isolamento delle parti attive
	Protezione mediante involucri o barriere
	Protezione mediante bassissima tensione: SELV e PELV
Protezione contro i contatti indiretti ammessa	Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione
	Protezione mediante componenti di classe II o isolamento equivalente
	Protezione mediante bassissima tensione: SELV e PELV

DISPOSIZIONI TECNICHE

CAVI E CONDUTTORI

I cavi devono avere una tensione nominale d'isolamento, sia verso terra (U0) che tra i conduttori attivi (U), adeguata come riassunto in tabella A.

Tipo di utilizzo e modalità di posa	Caratteristiche di isolamento minime del cavo U0/U
Categoria 0	300/300 V
Categoria I (segnale)	300/450 V
Categoria I (FM, posa non interrata)	450/750 V
Categoria I (FM, posa interrata)	0,6/1 kV
Categoria II (qualsiasi tipo di posa)	12/20 kV

Tabella A

Tutti i conduttori sono contraddistinti dalle colorazioni previste dalle vigenti tabelle di unificazione CEI-UNEL 0072-74 e 00712 e cioè:

Colore conduttore	Funzione conduttore
Giallo-Verde	Conduttore di protezione
Blu chiaro	Conduttore di Neutro
Nero, Marrone, Grigio	Conduttore di Fase

Tabella B

Le sezioni minime dei conduttori in rame che verranno utilizzati sono di 1,5 mm² per i circuiti di potenza e 0,5 mm² per circuiti di segnalazione e per i circuiti ausiliari.

La sezione dei conduttori di neutro, nei sistemi monofase, non è mai inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase; mentre nei circuiti polifase è:

Sezione di fase	Rapporto sezione di fase / sezione di neutro
Sf≤16 mm²	Sn=Sf
16<Sf≤25 mm²	Sn=16 mm²
Sf>25 mm²	Sn=½ Sf (*)

Tabella C

Le sezioni di neutro possono sempre dimezzate purché il carico sia praticamente equilibrato e sia assicurata la protezione contro le sovracorrenti (per conduttori in rame).

La sezione dei conduttori di terra (CT), conduttori che collegano il nodo principale di terra al dispersore o i dispersori tra loro, non deve inferiore a quella indicata nella Tabella 54A delle Norme CEI 64-8:

	Protetti meccanicamente		Non protetti meccanicamente
	Sf	Sct	
Protetto contro la corrosione	<16 mm² 16 ≤ S ≤ 35 mm² > 35 mm²	Sf 16 mm² ½ Sf	16 mm² se in rame 16 mm² se in ferro zincato
Non protetto contro la corrosione	25 mm² (Cu) 50 mm² (Fe-Zn)		

Tabella D

La sezione dei conduttori di protezione (PE), che collegano all'impianto di terra le masse dell'impianto per la protezione contro i contatti indiretti, non deve inferiore a:

Al valore determinato con la seguente formula

$$S_P \geq \frac{\sqrt{I^2 t}}{K}$$

dove:

S_P : Sezione del conduttore di protezione (mm²);

I : Valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A);

t : tempo di intervento del dispositivo di protezione (s);

K : Fattore dipendente dal materiale del conduttore di protezione, dall'isolamento e di altre parti e dalle temperature iniziali e finali.

1) Al valore dato nella seguente tabella

Sezione di fase	Rapporto sezione di fase / sezione di neutro
Sf≤16 mm²	Sp=Sf
16<Sf≤35 mm²	Sp=16 mm²
Sf>35 mm²	Sp=½ Sf (*)

Tabella E

(*) in caso in cui non esista una taglia commerciale che soddisfi la relazione si utilizzerà la sezione commerciale più vicina in eccesso al valore risultante

Nei sistemi TT, la sezione dei conduttori di protezione si può limitare a:
25 mm^2, se in rame;
35 mm^2, se in alluminio;

Se tale conduttore deve servire più circuiti utilizzatori il valore di Sp deve determinato facendo riferimento al conduttore di fase di sezione maggiore.

Quando invece non fa parte della stessa conduttura dei conduttori di fase, la sua sezione deve :
≥ 2,5 mm² se è prevista una protezione meccanica;
≥ 4 mm² se non è prevista una protezione meccanica.

Quando dispositivi di protezione contro le sovracorrenti sono usati per la protezione contro i contatti indiretti, si raccomanda di incorporare il conduttore di protezione nella stessa conduttura dei conduttori di fase, oppure installarlo nelle loro immediate vicinanze.

I conduttori equipotenziali ed equipotenziali supplementari servono a mettere masse e masse estranee al medesimo potenziale. La sezione dei conduttori equipotenziali destinati al collegamento equipotenziale principale e che sono connessi al collettore principale di terra non devono inferiori a:

6 mm^2, in rame;
16 mm^2, in alluminio;
50 mm^2, in acciaio;

Altrimenti la sezione di tali conduttori risulta :

Conduttore Equipotenziale Principale (Seqp)	Conduttore Equipotenziale Supplementare (Seqs)	
	Massa – massa	Massa – massa estranea
Seqp ≥ ½ Spe più elevata dell'impianto	Seqs ≥ Spe più piccola che collega le due masse	Seqs ≥ ½ Spe che collega la massa
Min. 6 mm² Max. 25 mm²	Min. 2,5 mm² se protetto meccanicamente Max. 4 mm² se non protetto meccanicamente	

Tabella F

CAVIDOTTI

I conduttori, a meno che non si tratti di installazioni volanti e/o cavi a doppio isolamento, devono sempre protetti e salvaguardati meccanicamente. Dette protezioni possono : tubazioni, canalette porta cavi, passerelle, condotti o cunicoli ricavati nella struttura edile, ecc.
Il diametro dei tubi deve pari almeno a 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto dal fascio di cavi in esso contenuto. Tale coefficiente di maggiorazione deve aumentato a 1,5 quando i cavi siano del tipo sotto piombo o con guaina metallica; il diametro del tubo deve sufficientemente grande da permettere di sfilare e reinfilare i cavi in esso contenuti con facilità e senza che ne risultino danneggiati i cavi stessi o i tubi. Comunque il diametro interno deve inferiore a 10 mm.

Per quanto riguarda la posa interrata le tubazioni isolanti sono posate ad una profondità di almeno 0,5m, anche se di tipo pesante, con una protezione meccanica supplementare, in modo da resistere alle prove di schiacciamento ed urto richieste, in questo caso il raggio minimo di curvatura dei cavi interrati è almeno di 12D dove D è il diametro esterno del cavo, previo precisa indicazione del costruttore del cavo stesso che può ridurre il raggio minimo di curvatura lungo la tubazione interrata, sono predisposti dei pozzetti di ispezione in corrispondenza delle derivazioni, dei cambi di direzione, delle utenze alimentate, ecc. in modo da facilitarne la posa, rendere l'impianto sfilabile e accessibile per eventuali riparazioni o ampliamenti; i pozzetti sono di dimensioni tali da permettere l'infilaggio dei cavi rispettando il raggio minimo di curvatura degli stessi.

Le tubazioni interrate sono realizzate inoltre con cavidotti in polietilene rigidi o flessibili con idonea resistenza allo schiacciamento, adatti alla posa interrata. Non sono ammessi cavidotti di tipo flessibile corrugato normalmente utilizzati per posa sotto intonaco (anche se di tipo pesante).

I tubi interrati possono riempiti tenendo conte del fattore di stipamento degli stessi che comunque non deve superare il 60%, questo a garantire un facile sfilaggio-infilaggio dei conduttori in caso di necessità e per permettere il dissipamento del calore emanato dagli stessi.

Le giunzioni dei conduttori nelle condizioni di posa normale devono eseguite nelle cassette di derivazione impiegando opportuni morsetti o morsettiere. Dette cassette devono costruite in modo che nelle condizioni di installazione non sia possibile introdurvi corpi estranei, deve inoltre risultare agevole la dispersione di calore in esse prodotta. Il coperchio delle cassette deve offrire buone garanzie di fissaggio ad apribile solo con attrezzo.

Le giunzioni internamente ai pozzetti, per linee interrate invece, sono realizzate con apposite muffole a resina colata oppure con morsetti a pressione, nastro auto agglomerante e nastro auto vulcanizzante, non sono ammesse interrate, giunzioni realizzate con morsetti, anche internamente a scatole di derivazione.
Non sono ammesse in nessun caso giunzioni a nastro.

Nella stessa conduttura si potranno posare circuiti appartenenti a sistemi elettrici diversi, purché:
tutti i conduttori siano isolati per la tensione nominale più elevata presente, oppure
i cavi di segnali siano isolati per la loro tensione, ma i cavi di energia siano del tipo a doppio isolamento (grado di isolamento 4)
qualora le due precedenti condizioni non siano verificate, questi devono protetti da tubi diversi e far capo a cassette separate oppure siano presenti, all'interno delle condutture, alle cassette stesse, tra i morsetti, diaframmi amovibili solo tramite di attrezzo.

DETERMINAZIONE DELLE POTENZE

La potenza assorbita (P_{ass}) è stata calcolata tenendo conto della somma della potenza nominale (P_n) dei componenti dell'impianto, prendendo in considerazione sia i fattori di utilizzazione (k_u) che il fattore di contemporaneità (k_c). La loro relazione è data dalla seguente formula:

$$Pass = Pn \cdot kc \cdot ku$$

Per fattore di utilizzazione (k_u) di un apparecchio utilizzatore si intende il rapporto tra la potenza che si prevede l'apparecchio utilizzatore debba assorbire nell'esercizio ordinario e la massima potenza che lo stesso apparecchio utilizzatore può assorbire.
Per fattore di contemporaneità (k_c) si intende il fattore che, applicato alla somma delle potenze prelevate dai singoli apparecchi utilizzatori, dà la potenza da prendere in considerazione per il dimensionamento dei circuiti

DETERMINAZIONE DEGLI ILLUMINAMENTI

I livelli di illuminamento medi mantenuti nei vari locali o zone avranno in linea di massima, valori non inferiori a quelli previsti dalle Norma UNI EN 12464-1:2011. "Luce e illuminazione – Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro interni".
Attraverso programma di calcolo specifico (ad es. Dialux), verrà definita la quantità e la tipologia dei corpi illuminanti da installare; la scelta di utilizzare un programma di calcolo è indispensabile per ottenere i risultati prescritti con un' affidabilità maggiore rispetto alla metodologia classica (metodo del flusso globale), poiché la luce che raggiunge una superficie, dipende sia dalla lampada proposta (che ha proprie caratteristiche di emissione del flusso luminoso), sia dalla sommatoria di tutti i raggi luminosi che vengono emessi dai corpi illuminanti e poi riflessi da tutti i materiali che si trovano all'interno di un ambiente; Il calcolo della luce indiretta infatti, è troppo impreciso se eseguito senza programma di calcolo, per essere accettabile in sede di progettazione.
I parametri rispettati nel progetto illuminotecnico conformemente alla norma UNI EN 12464-1:2011 sono quelli riportati nella tabella seguente

Em	illuminamento medio mantenuto sul piano di riferimento
Ra	indici minimi di resa del colore
UGRL	indice unificato di abbagliamento limite
U0	uniformità dell'illuminazione

CRITERI DI SCELTA DEI CONDUTTORI

Le sezioni dei conduttori, sono calcolate tenendo conto della corrente di assorbimento degli utilizzatori, dalla lunghezza dei circuiti, e scelte tra quelle unificate in modo che la caduta di tensione massima misurabile nel punto di alimentazione dell'utenza sia:
- energia ordinaria di illuminazione = 4% della tensione nominale (Un)
- energia ordinaria di F.M. = 4% della Un
- energia illuminazione di sicurezza = 3% della Un

In ogni caso non devono superati i valori delle portate di corrente ammesse, per i diversi tipi di conduttori, dalle tabelle di unificazione CEI-UNEL.
Inoltre le sezioni delle linee elettriche sono coordinate con le protezioni a monte in modo che risultino verificate secondo la Norma CEI 64-8:dal punto di vista della protezione contro i sovraccarichi dal punto di vista del corto circuito massimo e minimo

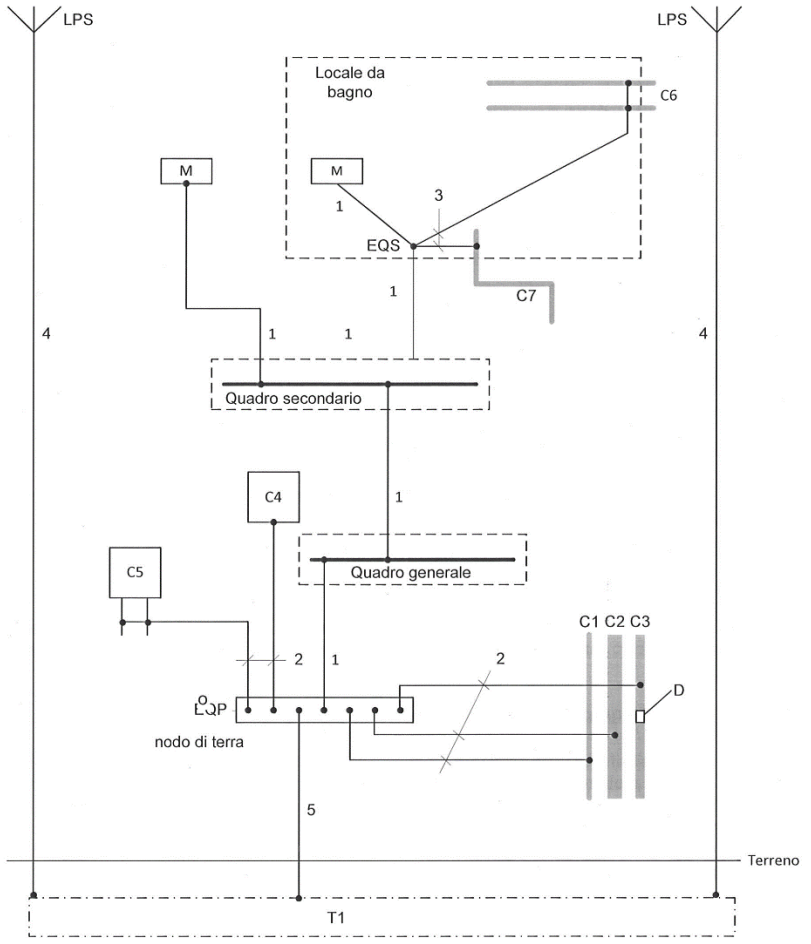
IMPIANTI DI MESSA A TERRA

Per impianto di terra si intende l'insieme dei dispersori, dei conduttori di terra, dei collettori (o nodi) principali di terra e dei conduttori di protezione ed equipotenziali, destinato nel nostro caso a realizzare la messa a terra di protezione.
Il dispersore è un corpo o conduttore in intimo contatto con il terreno, che realizza un collegamento elettrico con la terra; può intenzionale, quando è installato per scopi inerenti alla messa a terra di impianti elettrici, oppure di fatto quando è installato per scopi non inerenti alla messa a terra di impianti elettrici, ma il suo buon contatto con il terreno fa si che si possano usare come dispersori veri e propri.
La sezione e le dimensioni minime dei dispersori non deve inferiore a quella indicata nella tabella 54.1 della Norma CEI 64-8

Materiale	Superficie	Tipo di Dispersore	Dimensione Minima				
			Corpo			Rivestimento/Guaina	
			Diametro mm	Sezione mm^2	Spessore mm	Valori minimi µm	Valori medi µm
Acciaio	Zincato a caldo	Piattina		90	3	63	70
		Profilato		90	3	63	70
		Barra tonda per picchetto	16			63	70
		Tondo per dispersore orizzontale	10				50[a]
		Tubo	25		2	47	55
	Con guaina di piombo	Tondo per dispersore orizzontale	8			1000	
	Con guaina di rame estrusa	Barra tonda per picchetto	15			2000	
	Con guaina di rame elettrolitico	Barra tonda per picchetto	14,2			90	100
Rame	Nudo	Piattina		50	2		
		Tondo per dispersore orizzontale		25[b]			
		Corda	1,8 per singolo filo	25			
		Tubo	20		2		
	Stagnato	Corda	1,8 per singolo filo	25		1	5
	Zincato	Piattina		50	2	20	40
	Con guaina	Corda	1,8 per singolo filo	25		1000	
	Di piombo	Filo tondo		25		1000	

Tabella G
Nel caso di rivestimento con bagno continuo, attualmente è tecnicamente fattibile solo uno spessore di 50 µm
Quando l'esperienza dimostra che il rischio di corrosione e di danno meccanico è estremamente basso, si può usare 16mm^2

Il conduttore di terra è quel conduttore che collega il collettore (o nodo) principale di terra al dispersore od i dispersori tra loro *(vedi paragrafo D.01 – Tabella D della presente relazione).*
Il collettore (o nodo) principale di terra è un elemento previsto per il collegamento al dispersore dei conduttori di protezione, inclusi i conduttori equipotenziali e di terra.
Il conduttore di protezione, serve al collegamento tra masse, masse estranee al collettore di terra *(vedi paragrafo D.01 – Tabella E successive prescrizioni, della presente relazione).*
I conduttori equipotenziali invece devono assicurare l'equipotenzialità fra le masse e le masse estranee, così da evitare che, in caso di guasto, si possano manifestare differenze di potenziale pericolose fra parti metalliche che possono toccate contemporaneamente da una persona.
Inoltre l'equipotenzialità è l'unico sistema in grado di assicurare la protezione da tensioni pericolose provenienti dall'esterno dell'impianto.
Qui di seguito riportiamo un esempio schematico dell'impianto di terra



C1	Tubazione metallica per acqua, proveniente dall'esterno
C2	Tubazione metallica per acque reflue, proveniente dall'esterno
C3	Tubazione metallica per gas con giunti isolanti, proveniente dall'esterno
C4	Aria condizionata
C5	Sistema di riscaldamento centralizzato
C6	Tubazione metallica per acqua, nel locale da bagno
C7	Tubazione metallica per acque reflue, nel locale da bagno
D	Giunto isolante
EQP	Collegamento equipotenziale principale
EQS	Collegamento equipotenziale supplementare
T1	Terra di fondazione
LPS	Sistema di protezione contro i fulmini (se presente)
M	Massa
1	Conduttore di protezione (PE)
2	Conduttore equipotenziale principale
3	Conduttore equipotenziale supplementare
4	Calate
5	Conduttore di terra

A seconda del tipo di messa a terra l'impianto utilizzatore viene classificato come TT, TN (TN-S / TN-C) o IT; la prima lettera indica lo stato del sistema rispetto al terreno (I = isolato, T = a terra), la seconda lo stato delle masse rispetto al terreno (T = a terra, N = al neutro). Nei sistemi TT il conduttore di neutro non può utilizzato come conduttore di protezione.

PRESCRIZIONI PER LA SICUREZZA

Occorre assicurare la sicurezza delle persone e dei beni contro i pericoli ed i danni che possono derivare dall'utilizzo degli impianti elettrici nelle condizioni che possono essere ragionevolmente previsti.

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

Le persone devono essere protette contro i pericoli che possono derivare dal contatto con parti attive dell'impianto.
Questa protezione può essere ottenuta mediante uno dei seguenti metodi:

- Impedendo che la corrente passi attraverso il corpo
- Limitando la corrente che può attraversare il corpo ad un valore inferiore a quello patofisiologicamente pericoloso

Tale protezione consiste nel realizzare misure di sicurezza per proteggere le persone contro i pericoli risultanti dal contatto diretto con le parti attive; le Norme CEI 64-8 (4/412) prevedono le seguenti modalità esecutive:

- protezione mediante isolamento delle parti attive che può rimosso solo mediante distruzione (protezione totale);
- protezione mediante involucri o barriere (impediscono ogni tipo di contatto);
- protezione mediante ostacoli (impediscono solo il contatto accidentale non l'intenzionale);
- protezione mediante distanziamento (impediscono solo il contatto accidentale non l'intenzionale);
- protezione addizionale mediante interruttore differenziale con corrente nominale differenziale non superiore a 30mA (protezione addizionale abbinata a quelle precedenti);

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

Le persone devono essere protette contro i pericoli che possono derivare dal contatto con masse in caso di guasto dell'isolamento.
Questa protezione può essere ottenuta mediante uno dei seguenti metodi:

- Impedendo che la corrente passi attraverso il corpo;
- Limitando la corrente che può attraversare il corpo ad un valore inferiore a quello patofisiologicamente pericoloso;
- Interrompendo automaticamente il circuito in un tempo determinato al verificarsi di un guasto suscettibile di provocare attraverso il corpo, in contatto con le masse, una corrente pericolosa per il corpo umano;

PROTEZIONE MEDIANTE INTERRUZIONE AUTOMATICA DELL'ALIMENTAZIONE

Un dispositivo di protezione deve interrompere automaticamente l'alimentazione al circuito o al componente elettrico, che lo stesso dispositivo protegge contro i contatti indiretti, in modo che in caso di guasto, nel circuito o nel componente elettrico, tra una parte attiva ed una massa o un conduttore di protezione, non possa persistere, per una durata sufficiente a causare un rischio di effetti fisiologici dannosi in una persona in contatto con parti simultaneamente accessibili, una tensione di contatto presunta superiore alla tensione di contatto limite convenzionale. I valori delle tensioni di contatto limite convenzionali U_L sono 50V in c.a. e 120V in c.c. non ondulata (in alcuni ambienti particolari trattati nella norma CEI 64-8/704 705 707 tali valori sono ridotti a 25V in c.a. e 60V in c.c. non ondulati).
Le masse devono essere collegate ad un conduttore di protezione nelle condizioni specifiche di ciascun modo di collegamento a terra. Masse simultaneamente accessibili devono essere collegate allo stesso impianto di terra.
In ogni edificio il conduttore di protezione, il conduttore di terra, il collettore principale di terra e le seguenti masse estranee e/o parti conduttrici devono essere connesse al equipotenziale principale:

- I tubi alimentanti servizi dell'edificio, per es. acqua e gas
- Le parti strutturali metalliche dell'edificio e canalizzazioni del riscaldamento centrale e del condizionamento d'aria
- Le armature principali del cemento armato utilizzate nella costruzione degli edifici, se praticamente possibile.

Se le condizioni per l'interruzione automatica non possono essere soddisfatte in un impianto o in una sua parte, si deve realizzare un collegamento equipotenziale supplementare che comprenda tutte le masse simultaneamente accessibili di componenti fissi dell'impianto e tutte le masse estranee.

SISTEMI TN

Tutte le masse dell'impianto devono essere collegate al punto di messa a terra del sistema di alimentazione con conduttori di protezione che devono essere messi a terra in corrispondenza od in prossimità di ogni trasformatore o generatore di alimentazione.
Il punto di messa a terra del sistema di alimentazione è generalmente il punto di neutro.
Nei sistemi di neutro è riconosciuto l'utilizzo dei seguenti dispositivi di protezione:

Dispositivi di protezione contro le sovracorrenti;

Dispositivi di protezione a corrente differenziale (vietati nei sistemi TN-C);

Le caratteristiche dei dispositivi di protezione e le impedenze dei circuiti devono essere tali che, se si presenta un guasto di impedenza trascurabile in qualsiasi parte dell'impianto tra un conduttore di fase ed un conduttore di protezione o una massa, l'interruzione automatica dell'alimentazione avvenga entro il tempo specificato, soddisfacendo la seguente condizione:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

dove :
Z_s è l'impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto ed il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente;
I_a è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione, entro il tempo definito nella tabella sottostante in funzione della tensione nominale U_0 per circuiti terminali protetti con dispositivi di protezione contro le sovracorrenti aventi corrente nominale o regolata che non supera i 32A; tempi di interruzione convenzionali non superiori a 5s sono ammessi per gli altri circuiti; se si usa un interruttore differenziale I_a è la corrente differenziale nominale di intervento;
U_0 è la tensione nominale verso terra in volt in c.a. e in c.c.

Sistema	*50V < U_0 ≤ 120V (s)*		*120V < U_0 ≤ 230V (s)*		*230V < U_0 ≤ 400V (s)*		*U_0 > 120V (s)*	
	c.a.	*c.c.*	*c.a.*	*c.c.*	*c.a.*	*c.c.*	*c.a.*	*c.c.*
TN	*0,8*	*-*	*0,4*	*5*	*0,2*	*0,4*	*0,1*	*0,1*

Negli impianti o nelle parti di impianto per i quali la corrispondente sezione 7 della norma CEI 64/8 (sezioni 704 705 710) limita la tensione di contatto limite convenzionale U_L a 25V in c.a. o a 60V in c.c. non ondulata i valori sono sostituiti come da tabella seguente

Sistema TN		*Sistema IT*		
U_0 (V)	*t (s)*	*U_0/U (V)*	*Neutro non distribuito t (s)*	*Neutro distribuito t (s)*
120	*0,4*	*120/240*	*0,4*	*1*
230	*0,2*	*230/400*	*0,2*	*0,4*
400	*0,06*	*400/690*	*0,06*	*0,2*
> 400	*0,02*	*580/1000*	*0,02*	*0,06*

SISTEMI TT

Tutte le masse protette contro i contatti indiretti dallo stesso dispositivo di protezione devono essere collegate allo stesso impianto di terra.
Il punto di neutro o, se questo non esiste, un conduttore di linea, di ogni trasformatore o di ogni generatore, deve essere collegato a terra, in modo da permettere l'interruzione dell'alimentazione al primo guasto franco su una massa collegata al dispersore di resistenza di terra R_E.
Nei sistemi TT si devono utilizzare dispositivi di protezione a corrente differenziale, e deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$R_E \times I_{dn} \leq U_L$$

dove :
R_E è la resistenza del dispersore in ohm;
I_{dn} è la corrente nominale differenziale in ampere
Per ottenere selettività con i dispositivi di protezione a corrente differenziale nei circuiti di distribuzione è ammesso un tempo di interruzione non superiore a 1s

SISTEMI IT

Nei sistemi IT le parti attive devono essere isolate da terra oppure essere collegate a terra attraverso un'impedenza di valore sufficientemente elevato. Questo collegamento può essere effettuato al punto di neutro del sistema oppure ad un punto neutro artificiale, che può venire collegato direttamente a terra quando l'impedenza di sequenza zero risultante sia sufficientemente elevata.
Nel caso di singolo guasto a terra la corrente di guasto è quindi debole e non è necessario interrompere il circuito se è soddisfatta la seguente condizione:

$$R_E \times I_d \leq U_L$$

dove :
R_E è la resistenza in ohm del dispersore al quale sono collegate le masse;
I_d è la corrente di guasto, in ampere, del primo guasto di impedenza trascurabile tra un conduttore di linea ed una massa.

Un dispositivo di controllo dell'isolamento deve essere previsto per indicare il manifestarsi di un primo guasto tra parte attiva e masse o terra. Tale dispositivo deve azionare un segnale sonoro e/o visivo sempre attivo sino a che il guasto persista.
Una volta manifestatosi un primo guasto, le condizioni per l'interruzione automatica dell'alimentazione nel caso di un secondo guasto su di un conduttore attivo differente devono essere le seguenti:
Quando le masse sono interconnesse collettivamente da un conduttore di protezione allo stesso impianto di messa a terra, si applicano condizioni simili a quelle relative al sistema TN e devono essere soddisfatte le seguenti condizioni:
nei sistemi c.a., se il conduttore di neutro, e nei sistemi in c.c., se il conduttore mediano non sono distribuiti

$$2I_a Z_s \leq U$$

Oppure

se il conduttore di neutro, o se il conduttore mediano, rispettivamente, sono distribuiti

$$2I_a Z'_s \leq U_0$$

Dove:
U_0 è la tensione, in c.a. od in c.c., in volt, tra il conduttore di linea e rispettivamente il conduttore di neutro od il conduttore mediano;
U è la tensione, in c.a. od in c.c., in volt, tra i conduttori di linea;

Z_s è l'impedenza, in ohm, dell'anello di guasto comprendente il conduttore di neutro ed il conduttore di protezione del circuito;
Z'_s è l'impedenza, in ohm, dell'anello di guasto comprendente il conduttore di neutro ed il conduttore di protezione del circuito;
Ia è la corrente, in ampere, che provoca l'intervento automatico del dispositivo di protezione entro i tempi indicati per i sistemi TN

Quando le masse siano messe a terra per gruppi o individualmente le condizioni per la protezione sono in generale come per i sistemi TT (ma con alcune differenze valutabili caso per caso

Nei sistemi IT possono essere utilizzati i seguenti dispositivi di controllo e protezione:

Dispositivi di controllo dell'isolamento;

Dispositivi di controllo contro le sovracorrenti;

Dispositivi di protezione a corrente differenziale.

PROTEZIONE MEDIANTE COMPONENTI ELETTRICI DI CLASSE II O CON ISOLAMENTO EQUIVALENTE

Quando sia usata la misura di protezione mediante isolamento doppio o rinforzato per il completo impianto o per una sua parte, i componenti elettrici devono essere avere almeno una delle seguenti caratteristiche:
I componenti elettrici devono avere un isolamento doppio o rinforzato (componenti elettrici di classe II), devono essere dichiarati nelle relative norme come equivalenti alla classe II, come per esempio quadri aventi un isolamento completo (Norma CEI EN 61439-1, CEI 17-113) essi sono indicati con il seguente simbolo

I componenti elettrici provvisti solo di un isolamento principale devono avere un isolamento supplementare applicato durante la loro installazione, che presenti un grado di sicurezza equivalente ai componenti in classe II ed alle prescrizioni specifiche per gli involucri. Sull'esterno ed all'interno dell'involucro deve essere applicato il seguente segno grafico

I componenti elettrici aventi parti attive non isolate devono avere un isolamento rinforzato applicato a tali parti attive durante la loro installazione, che presenti un grado di sicurezza equivalente ai componenti in classe II e che soddisfi le prescrizioni per gli involucri, tenendo presente che tale isolamento è ammesso solo quando esigenze costruttive impediscano la applicazione del doppio isolamento. Sull'esterno ed all'interno dell'involucro deve essere applicato il seguente segno grafico

Quando i componenti sono pronti per funzionare, tutte le parti conduttrici, separate dalle parti attive solo mediante isolamento principale, devono essere contenute in un involucro isolante che presenti almeno il grado di protezione IPXXB; l'involucro isolante non deve essere attraversato da parti conduttrici suscettibili di propagare un potenziale e non deve avere viti od altri mezzi di fissaggio di materiale isolante che potrebbero avere necessità di essere rimossi o che siano tali da potere essere rimossi durante l'installazione o la manutenzione, la cui sostituzione con viti metalliche o con altri mezzi potrebbe compromettere l'isolamento offerto dall'involucro. Se l'involucro isolante è provvisto di porte o coperchi che possono essere aperti senza l'uso di una chiave o di un attrezzo, tutte le parti conduttrici, devono trovarsi dietro una barriera isolante con un grado di protezione non inferiore ad IPXXB che impedisca alle persone di venire in contatto con tali parti.
Le parti conduttrici racchiuse nell'involucro isolante non devono essere collegate ad un conduttore di protezione. Si possono tuttavia prendere provvedimenti per collegare i conduttori di protezione che devono attraversare l'involucro per collegare altri componenti elettrici il cui circuito di alimentazione passi pure attraverso l'involucro; all'interno dello stesso involucro, tali conduttori ed i loro morsetti devono essere isolati come se fossero parti attive ed i loro morsetti devono essere contrassegnati in modo appropriato. Le parti conduttrici accessibili e le

parti intermedie non devono essere collegate ad un conduttore di protezione a meno che ciò sia previsto nelle prescrizioni di costruzione del relativo componente.
Le condutture in accordo con questa misura di protezione, per i sistemi elettrici con tensioni nominali non superiori a 690V sono costituite da:

- Cavi con guaina non metallica aventi tensione nominale maggiore di un gradino rispetto a quella necessaria per il sistema elettrico servito e che non comprendano un rivestimento metallico;
- Cavi unipolari senza guaina installati con tubo protettivo o canale isolante, rispondente alle rispettive norme;
- Cavi con guaina metallica aventi isolamento idoneo per la tensione nominale del sistema elettrico servito, tra la parte attiva e la guaina metallica e tra questa e l'esterno
- Tali condutture non necessitano del simbolo del doppio isolamento; parti metalliche in contatto con le precedenti condutture non sono da considerare masse

PROTEZIONE MEDIANTE LUOGHI NON CONDUTTORI

Questa misura di protezione è applicabile solo quando l'impianto è controllato da o sotto la supervisione di personale addestrato in quanto è destinata ad evitare i contatti simultanei con parti che possono trovarsi ad un potenziale diverso a seguito di un guasto dell'isolamento principale di parti attive; per fare ciò è necessario che le persone, in circostanze ordinarie non possano venire in contato con due masse, oppure una massa ed una massa estranea, se queste parti sono suscettibili di trovarsi ad un potenziale diverso a seguito di un guasto dell'isolamento principale di parti attive ciò è soddisfatto se un luogo ha pavimento e pareti isolanti e se sono verificate una o più delle seguenti disposizioni:

- distanziamento delle masse da masse estranee e delle masse tra di loro. Questo distanziamento è considerato sufficiente se la distanza tra le due parti non è inferiore a 2,5m; (se la zona è al di fuori della portata di mano tale distanza può essere ridotta a 1,25 m);
- interposizione di efficaci ostacoli tra le masse e masse estranee. Tali ostacoli sono considerati come sufficientemente efficaci se consentono di tenere le distanze nei valori indicati al precedente capoverso. Essi non devono essere collegati a terra od a masse; per quanto possibile, devono essere di materiale isolante.
- Isolamento o disposizioni isolanti delle masse estranee. L'isolamento deve avere una resistenza sufficiente ad essere in grado di sopportare una tensione di prova di almeno 2000V. La corrente di dispersione verso terra non deve superare 1 mA in condizioni ordinarie d'uso
- La resistenza dei pavimenti e delle pareti isolanti in ogni punto della misura non deve essere inferiore a 50 kΩ per tensioni di alimentazione non superiori a 500 V o 100 kΩ per tensioni di alimentazione superiori a 500V

In un luogo non conduttore non devono esserci conduttori di protezione

PROTEZIONE MEDIANTE COLLEGAMENTO EQUIPOTENZIALE LOCALE NON CONNESSO A TERRA

Questa misura di protezione è applicabile solo quando l'impianto è controllato da o sotto la supervisione di personale addestrato e quando il pavimento è isolante (o conduttore isolato da terra).
In tale sistema di protezione i conduttori di collegamento equipotenziale devono interconnettere tutte le masse e tutte le masse estranee simultaneamente accessibili. Il collegamento equipotenziale locale non deve essere connesso a terra, né direttamente, né tramite masse o masse estranee. Si devono prendere precauzioni per assicurare che le persone che entrano in un luogo reso equipotenziale non possano essere esposte ad una differenza di potenziale pericolosa, in particolare quando un pavimento conduttore isolato da terra sia collegato ad un collegamento equipotenziale e locale non connesso a terra.

PROTEZIONE MEDIANTE SEPARAZIONE ELETTRICA PER L'ALIMENTAZIONE DI UN SOLO APPARECCHIO UTILIZZATORE

La separazione elettrica è una misura di protezione contro i contatti indiretti mediante isolamento principale dei circuiti separati da altri circuiti e da terra personale addestrato e quando il pavimento è isolante (o conduttore isolato da terra). Tale misura di protezione deve essere limitata all'alimentazione di un singolo apparecchio utilizzatore alimentato da una sorgente non messa a terra e avente separazione semplice.
Il circuito separato deve essere alimentato mediante una sorgente con almeno separazione semplice, e la tensione del circuito separato non deve superare 500V.
Le parti attive del circuito separato non devono essere collegate né ad alcun punto di altri circuiti, né a terra né ad un conduttore di protezione. Per assicurare separazione elettrica, le disposizioni devono essere tali da ottenere isolamento principale tra i circuiti. I cavi flessibili devono essere ispezionabili in tutte le parti del loro percorso in cui possano essere danneggiati meccanicamente. Le masse del circuito separato non devono essere connesse intenzionalmente né ad un conduttore di protezione, né ad una massa di altri circuiti, né a masse estranee

PROTEZIONE MEDIANTE SEPARAZIONE ELETTRICA PER L'ALIMENTAZIONE DI PIÙ DI UN APPARECCHIO UTILIZZATORE

Questa misura di protezione è applicabile solo quando l'impianto è controllato da o sotto la supervisione di personale addestrato.
La protezione mediante separazione elettrica per l'alimentazione di più di un apparecchio utilizzatore deve essere assicurata dalla rispondenza a tutte le prescrizioni del punto precedente e ad altre aggiuntive.
Le masse del circuito separato devono essere collegate tra loro per mezzo di conduttori di protezione isolati, non collegati a terra. Tali conduttori non devono essere collegati intenzionalmente a conduttori di protezione o a masse di altri circuiti o a qualsiasi massa estranea. Tutte le prese a spina devono essere provviste di contatti di terra che devono essere collegati al conduttore di protezione.
Tutti i cavi flessibili che non alimentino componenti elettrici con isolamento doppio o rinforzato, devono incorporare un conduttore di protezione da utilizzare come conduttore di collegamento equipotenziale.
Se si verificano due guasti su due masse che siano alimentate da conduttori di polarità diversa, un dispositivo di protezione deve assicurare l'interruzione dell'alimentazione in un tempo come da tabella impianti TN.
Il prodotto della tensione nominale del circuito separato , in volt, per la lunghezza, in metri, della relativa conduttura elettrica non deve essere superiore a 100000 Volt per metro; la lunghezza della conduttura non deve superare 500m.

PROTEZIONE COMBINATA CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI

PROTEZIONE MEDIANTE BASSISSIMA TENSIONE: SELV E PELV

La protezione combinata contro i contatti diretti e indiretti è considerata assicurata quando la tensione nominale non supera 50V, valore efficace in c.a., e 120V in c.c. non ondulata.
L'alimentazione deve provenire da:

Un trasformatore di sicurezza rispondente alle prescrizioni della norma CEI EN 61558-2-6 (CEI 96-7)

Una sorgente che presenta un grado di sicurezza equivalente a quello del trasformatore di sicurezza precedentemente citato (ad es. motore-generatore con avvolgimenti che siano isolati in modo equivalente).

Una sorgente elettrochimica (per esempio una batteria) indipendente o separata mediante separazione di protezione da circuiti FELV o da circuiti a tensione più elevata.

Altre sorgenti indipendenti da circuiti FELV o da circuiti a tensione più elevata (per esempio un gruppo elettrogeno).

Alcuni dispositivi elettronici rispondenti a norme appropriate per i quali siano stati adottati provvedimenti tali da assicurare che, anche in caso di guasto interni, la tensione ai morsetti di uscita non possa superare i valori di tensione nominale indicati in precedenza. Tensioni superiori di uscita sono comunque ammesse, in caso di PELV, se ci si assicura che, in caso di contatti indiretti, la tensione ai morsetti di uscita sia ridotta nel tempo previsto dalla tabella degli impianti TN (riprodotta in precedenza) a valori non superiori a 50V c.a. e 120V c.c.

Le parti attive dei circuiti SELV e PELV devono essere separate le une dalle altre, dai circuiti FELV e da circuiti a tensione più elevata mediante separazione di protezione che può essere realizzata ricorrendo ad uno dei seguenti metodi:

mediante conduttori separati materialmente;

con i conduttori dei circuiti SELV e PELV muniti, oltre che del loro isolamento principale, di una guaina isolante;

con i conduttori dei circuiti a tensione diversa separati da uno schermo o da una guaina metallici messi a terra

Circuiti a tensione diversa possono essere contenuti in uno stesso cavo multipolare o in uno stesso raggruppamento di cavi, a condizione che i conduttori dei circuiti SELV e PELV siano isolati nell'insieme od individualmente, per la massima tensione.

Le prese a spina dei sistemi SELV e PELV devono soddisfare i seguenti requisiti:
le spine non devono poter entrare nelle prese di altri sistemi elettrici;
le prese non devono permettere l'introduzione di spine di altri sistemi elettrici
le prese e le spine SELV non devono avere un contatto per il collegamento del conduttore di protezione

PRESCRIZIONI RIGUARDANTI SOLO I CIRCUITI SELV

Le parti attive dei circuiti SELV non devono essere collegate a terra neppure a parti attive o a conduttori di protezione che facciano parte di altri circuiti.
Le masse non devono essere collegate intenzionalmente:

a terra

a conduttori di protezione o a masse di altri circuiti elettrici

a masse estranee

Se la tensione nominale supera 25V, valore efficace in c.a., oppure 60V, in c.c. non ondulata, la protezione contro i contatti diretti deve essere assicurata da:
barriere od involucri aventi un grado di protezione non inferiore a IPXXB, oppure
un isolamento in grado di sopportare una tensione di prova di 500V, valore efficace per un minuto, o in accordo con le relative norme di prodotto
Se la tensione nominale non supera 25V, valore efficace in c.a., oppure 60V, in c.c. non ondulata, la protezione contro i contatti diretti è generalmente assicurata, fatto salvo in alcuni ambienti e nelle applicazioni particolari descritti nella parte 7 della norma CEI 64-8

PRESCRIZIONI RIGUARDANTI SOLO I CIRCUITI PELV

La protezione contro i contatti diretti deve essere assicurata da:
barriere od involucri aventi un grado di protezione non inferiore a IPXXB, oppure
un isolamento in grado di sopportare una tensione di prova di 500V, valore efficace per un minuto, o in accordo con le relative norme di prodotto
La protezione contro i contatti diretti, non è necessaria se il componente elettrico si trova all'interno o all'esterno di un edificio dove sia stato effettuato il collegamento equipotenziale principale e la tensione nominale non superi 25V, valore efficace c.a., oppure 60V in c.c. non ondulata.
In ogni caso la protezione contro i contatti diretti non è richiesta se la tensione nominale dei sistemi PELV non supera 12V in c.a. o 30V in c.c.

PRESCRIZIONI RIGUARDANTI SOLO I CIRCUITI FELV

Quando, per ragioni funzionali, si utilizzi una tensione non superiore a 50V, valore efficace in c.a. od a 120V in c.c., ma non vengano soddisfatte tutte le prescrizioni relative ai sistemi SELV o PELV, e quando i sistemi SELV e PELV non siano necessari devono essere osservate prescrizioni supplementari per assicurare la protezione contro i contatti diretti ed indiretti. Questa combinazione è nota con il nome di FELV.
La protezione contro i contatti diretti deve essere fornita da:

Isolamento principale , corrispondente alla tensione nominale del circuito primario della sorgente, oppure

Barriere o involucri

La protezione contro i contatti indiretti deve essere assicurata:

Se il circuito primario è protetto mediante interruzione automatica dell'alimentazione, collegando le masse dei componenti del circuito FELV al conduttore di protezione del circuito primario;

Se il circuito primario è protetto mediante separazione elettrica, collegando le masse del circuito FELV al conduttore equipotenziale isolato non connesso a terra.

La sorgente di un sistema FELV può essere un trasformatore avente un isolamento principale tra gli avvolgimenti.

Le prese a spina per circuiti FELV devono avere un contatto di terra collegato al conduttore di protezione.

PROTEZIONE CONTRO GLI EFFETTI TERMICI

L'impianto elettrico deve essere realizzato in modo che non ci sia in servizio ordinario, pericolo d'innesco dei materiali combustibili o infiammabili a causa di temperature elevate o di archi elettrici; inoltre non deve essere presente il rischio che le persone possano rimanere ustionate.

PROTEZIONE CONTRO GLI INCENDI

I componenti elettrici non devono costituire pericolo d'innesco o di propagazione d'incendio per i materiali adiacenti. I componenti elettrici che possono raggiungere temperature superficiali tali da poter innescare l'incendio dei materiali adiacenti, devono essere installati nelle seguenti modalità:

Su o dentro elementi costituiti da materiali che resistano a tali temperature e che abbiano una bassa conducibilità termica

Dietro schermi termicamente isolanti che resistano a tali temperature e che abbiano una bassa conducibilità termica;

Ad una distanza sufficiente a permettere un'adeguata dissipazione del calore per evitare che tali temperature possano avere effetti termici dannosi sui materiali la cui conservazione potrebbe venire compromessa da tali temperature, utilizzando supporti di bassa conducibilità termica.

I componenti elettrici collegati all'impianto in modo permanente che nel loro funzionamento ordinario siano tali da produrre archi o scintille, devono:

Essere totalmente racchiusi in materiale resistente agli archi, oppure

Essere schermati, con elementi di materiale resistente agli archi, dagli elementi dell'edificio sui quali gli archi potrebbero avere effetti termici dannosi, oppure

Essere installati ad una distanza sufficiente dagli elementi dell'edificio sui quali gli archi o le scintille potrebbero avere effetti termici dannosi, per permettere una sicura estinzione degli stessi archi o scintille

I componenti fissi che presentino effetti di focalizzazione o di concentrazione di calore devono essere distanziati da qualsiasi oggetto fisso o da qualsiasi elemento dell'edificio in modo tale che questi oggetti od elementi non possano essere sottoposti, in condizioni ordinarie, a temperature pericolose.

Quando i componenti elettrici installati nello stesso locale contengono liquido infiammabile in quantità significativa, si devono prendere precauzioni per evitare che il liquido in fiamme ed i prodotti di combustione del liquido stesso (fiamme, fumo, gas tossici) si propaghino alle altri parti dell'edificio.

I materiali degli involucri disposti attorno ai componenti elettrici durante la messa in opera devono essere in grado di sopportare le più elevate temperature che possano essere prodotte dai componenti stessi.

PROTEZIONE CONTRO LE USTIONI

Le parti accessibili dei componenti elettrici a portata di mano non devono raggiungere temperature tali che possano causare ustioni alle persone, e devono soddisfare ai limiti indicati nella tabella seguente

PARTI ACCESSIBILI	*MATERIALE DELLE PARTI ACCESSIBILI*	*TAMPERATURA MASSIMA (°C)*
Organi di comando da impugnare	Metallico	55
	Non metallico	65
Parti preiste per essere toccate durante il funzionamento ordinario, ma che non necessitano di essere impugnate	Metallico	70
	Non metallico	80
Parti che non necessitano di essere toccate durante il funzionamento ordinario	Metallico	80
	Non metallico	90

Tutte le parti dell'impianto che, in funzionamento ordinario, possono raggiungere, anche per brevi periodi, temperature superiori ai limiti indicati in tabella devono essere protette in modo da evitare il contatto accidentale, devono cioè essere protette con involucri o barriere tali da assicurare il grado di protezione IPXXB. I limiti della tabella non si applicano tuttavia ai componenti elettrici conformi alle relative norme di riferimento.

PROTEZIONE CONTRO I SURRISCALDAMENTI

I sistemi di riscaldamento ad aria forzata devono essere tali che i loro elementi riscaldanti, che non siano quelli dei riscaldatori centralizzati ad accumulo, non possano essere messi in tensione sino a che il flusso d'aria prescritto non sia stato stabilito e siano messi fuori tensione quando il flusso d'aria sia stato ridotto o fermato. Essi devono inoltre avere due dispositivi di limitazione della temperatura indipendenti l'uno dall'altro, destinati ad evitare che le temperature ammissibili siano superate nei condotti dell'aria.
Tutti gli apparecchi utilizzatori che producono acqua calda o vapore devono essere protetti per costruzione o durante la loro installazione, contro i surriscaldamenti, in tutte le condizioni di servizio. Se gli apparecchi utilizzatori non sono conformi nel loro insieme alle Norme CEI che li riguardano, la protezione deve venire assicurata per mezzo di un dispositivo che non si richiuda automaticamente e che funzioni indipendentemente dal termostato. Se l'apparecchio non ha sfiati liberi esso deve essere fornito anche di un dispositivo che limiti la pressione dell'acqua.

PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI

Le persone ed i beni devono essere protetti contro le conseguenze dannose di temperature troppo elevate o di sollecitazioni meccaniche dovute a sovracorrenti che si possano produrre nei conduttori attivi
Questa protezione può essere ottenuta mediante uno dei seguenti metodi:

Interruzione automatica della sovracorrente prima che essa permanga per una durata pericolosa;

Limitazione della sovracorrente massima ad un valore non pericoloso tenuto conto della sua durata.

I conduttori attivi devono essere protetti da uno o più dispositivi che interrompano automaticamente l'alimentazione quando si produce un sovraccarico o un cortocircuiti.
I dispositivi devono essere scelti tra le seguenti categorie:

Dispositivi che assicurano la protezione sia contro i sovraccarichi che contro i cortocircuiti (interruttori automatici provvisti di sganciatori di sovracorrente)

Dispositivi che assicurano solo la protezione contro i sovraccarichi (dispositivi di funzionamento a tempo inverso)

Dispositivi che assicurano solo la protezione contro i sovraccarichi (interruttori automatici con sganciatori di sovracorrente, fusibili di tipi gG gM od aM

PROTEZIONE CONTRO IL SOVRACCARICO

Devono essere previsti dispositivi di protezione per interrompere le correnti di sovraccarico dei conduttori del circuito prima che tali correnti possano provocare un riscaldamento nocivo all'isolamento, ai collegamenti, ai terminali o all'ambiente circondante le condutture.
Le caratteristiche di funzionamento di un dispositivo di protezione delle condutture contro i sovraccarichi devono rispondere alle seguenti due condizioni:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$I_f \leq 1{,}45 \cdot I_Z$$

Dove:

I_B= corrente di impiego del circuito
I_Z= portata in regime permanente della conduttura (norma CEI 64-8/523)
I_n= corrente nominale del dispositivo di protezione (per i dispositivi regolabili la corrente In è la regolata scelta)
I_f= corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite

Quando lo stesso dispositivo di protezione protegge diversi conduttori in parallelo, si assume per IZ la somma delle portate dei singoli conduttori, a condizione tuttavia che i conduttori siano disposti per portare correnti sostanzialmente uguali (natura, modo di posa, lunghezza, sezione)

PROTEZIONE CONTRO IL LE CORRENTI DI CORTOCIRCUITO

Devono essere previsti dispositivi di protezione per interrompere le correnti di cortocircuito dei conduttori del circuito prima che tali correnti possano diventare pericolose a causa degli effetti termici e meccanici prodotti nei conduttori e nelle connessioni.
Le correnti di cortocircuito presunte devono essere determinate con riferimento ad ogni punto significativo dell'impianto. Questa determinazione può essere effettuata sia con calcoli sia con misure
Ogni dispositivo di protezione contro i cortocircuiti deve rispondere alle seguenti condizioni:

- Il potere d'interruzione non deve essere inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto d'installazione. È tuttavia ammesso l'utilizzo di un dispositivo di protezione con potere d'interruzione inferiore se a monte è installato un altro dispositivo avente il necessario potere d'interruzione. In questo caso, però, le caratteristiche dei due dispositivi devono essere coordinate in modo che l'energia che essi lasciano passare non superi quella che può essere sopportata senza danno dal dispositivo situato a valle e dalle condutture protette da questi dispositivi (tale coordinamento tra protezioni viene definita "filiazione" o protezione di Back-up)
- Tutte le correnti provocate da un cortocircuito che si presenti in un punto qualsiasi del circuito (il caso più sfavorevole risulta essere un cortocircuito fase – neutro a fondo linea) devono essere interrotte in un tempo non superiore a quello che porta i conduttori alla temperatura limite ammissibile. Siccome il cortocircuito fase neutro a fondo linea risulta essere caratterizzato correnti di guasto aventi valori contenuti, per rispettare il coordinamento cavo – protezione è sufficiente rispettare la seguente relazione

$$I_{cc\min} \geq I_a$$

Dove:
I_{ccmin}= corrente di cortocircuito minima a fondo linea
I_a= soglia istantanea di intervento della protezione posta a protezione del circuito (intervento magnetico di un interruttore magnetotermico)

Nel caso non si potesse rispettare la relazione precedente è possibile, per i cortocircuiti di durata non superiore a 5 s, determinare il tempo t necessario affinché una data corrente di cortocircuito porti i conduttori dalla temperatura massima ammissibile in servizio ordinario alla temperatura limite con la seguente formula:

$$\sqrt{t} = K \cdot \frac{S}{I}$$

Dove:
t= durata in secondi
S= sezione in mm^2
I= corrente effettiva di cortocircuito in ampere, espressa in valore efficace
K= 115 per i conduttori in rame isolati con PVC/termoplastici;
143 per i conduttori in rame isolati con gomma etilenpropilenica e propilene reticolato;
92 per i conduttori in alluminio isolati con PVC;
92 per i conduttori in alluminio isolati con gomma etilenpropilenica o propilene reticolato
115 corrispondente ad una temperatura di 160°C, per le giunzioni saldate a stagno tra conduttori di rame
Per i sistemi di condotti sbarre e per sistemi di alimentazione a binario elettrificato la corrente nominale ammissibile di breve durata (I_{cw}), non deve essere inferiore alla corrente di cortocircuito presunta dell'impianto; in alternativa la corrente condizionata di cortocircuito del sistema di condotto sbarre, o di binario elettrificato, associato a uno specifico dispositivo di protezione non deve essere inferiore alla corrente presunta di cortocircuito.
Un unico dispositivo può proteggere contro i cortocircuiti più conduttori in parallelo, a condizione che le caratteristiche di funzionamento del dispositivo ed il modo di posa dei conduttori in parallelo siano coordinati in modo appropriato.

LIMITAZIONE DELLE SOVRACORRENTI PER MEZZO DELLE CARATTERISTICHE DELL'ALIMENTAZIONE

I conduttori non necessitano di protezione contro le correnti di sovraccarico e di cortocircuito se sono alimentati da una sorgente che non sia in grado di fornire una corrente superiore alla portata dei conduttori (per es. alcuni trasformatori per suonerie, alcuni trasformatori per saldature, alcuni tipi di gruppi elettrogeni).

PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI GUASTO

I conduttori diversi da quelli attivi e qualsiasi altra parte desinata ad essere percorsa da correnti di guasto devono essere in grado di sopportare queste correnti senza raggiungere temperature troppo elevate; le prescrizioni della norma CEI 64-8/131.5 assicurano la protezione dei conduttori attivi contro le sovracorrenti anche derivanti da guasti.

PROTEZIONE CONTRO LE SOVRATENSIONI E LE INFLUENZE ELETTROMAGNETICHE

Le persone ed i beni devono essere protetti contro le conseguenze dannose di:

un guasto tra parti attive di circuiti alimentati con tensioni di valore differente;

sovratensioni che si possano produrre per altre cause (come per es. per fenomeni atmosferici e sovratensioni di manovra)

L'impianto deve avere un livello di immunità adeguato contro i disturbi elettromagnetici in modo da funzionare correttamente nell'ambiente specificato. Si dovrà tener conto inoltre delle prevedibili emissioni generate dall'impianto e dai suoi componenti, le quali devono essere tollerabili dagli apparecchi utilizzatori alimentati dall'impianto stesso.

PROTEZIONE CONTRO LE SOVRATENSIONI

In questa sezione si forniscono elementi atti alla protezione contro le sovratensioni sia quando essa sia assicurata da situazioni naturali od ottenuta da dispositivi di protezione; non si prevedono protezioni secondo le prescrizioni qui di seguito elencate, non sarà assicurato il coordinamento dell'isolamento e dovrà essere valutato il rischio dovuto alle sovratensioni. La protezione in accordo con la norma CEI 64/8 potrà essere garantita solo se i componenti elettrici soddisfino almeno i valori della tensione nominale di tenuta all'impulso della seguente tabella

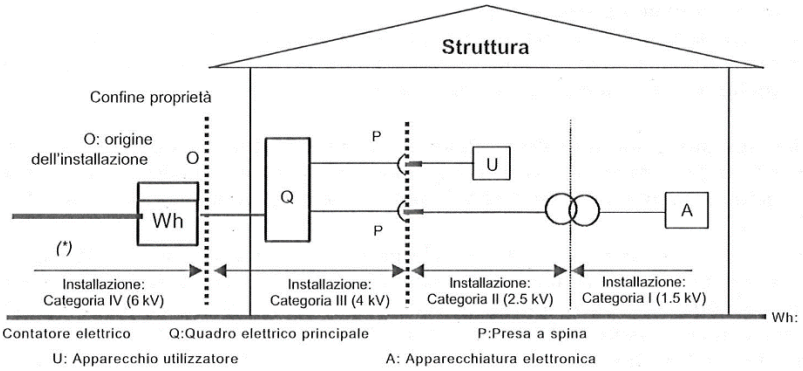
Tensione nominale dell'impianto (*) V	Tensione nominale di tenuta all'impulso richiesta per i componenti elettrici kV			
	Categoria IV di tenuta all'impulso (Componente elettrico con tenuta all'impulso molto alta)	Categoria III di tenuta all'impulso (Componente elettrico con alta tenuta all'impulso)	Categoria II di tenuta all'impulso (Componente elettrico con normale tenuta all'impulso)	Categoria I di tenuta all'impulso (Componente elettrico con ridotta tenuta)
230/400 277/480	6	4	2,5	1,5
400/690	8	6	4	2,5
1000	Valori di competenza dei progettisti di sistemi o, in assenza di informazioni, possono essere scelti i valori riportati nella precedente linea			
(*) In accordo con CEI 8-6				

Le categorie di tenuta all'impulso, sono intese a distinguere i differenti gradi di disponibilità dei componenti elettrici nei riguardi dell'aspettativa di continuità di servizio richiesta e di un rischio di guasto accettabile. Con la scelta dei livelli di tenuta all'impulso dei componenti elettrici il coordinamento dell'isolamento può essere ottenuto nell'intero impianto riducendo il rischio di guasto a un livello accettabile, fornendo così una base per il controllo della sovratensione. Un numero caratteristico di una categoria di tenuta ad impulso maggiore di un altro indica una tenuta all'impulso di un componente elettrico superiore e offre la possibilità di una più vasta scelta di metodi per il controllo della sovratensione.

Il concetto delle categorie di tenuta all'impulso è utilizzato per i componenti elettrici alimentati direttamente dalla rete.

I componenti elettrici aventi una tenuta all'impulso di categoria I sono componenti intesi ad essere collegati agli impianti elettrici fissi di edifici quando i mezzi di protezione sono situati al di fuori degli stessi componenti, sia nell'impianto fisso o tra l'impianto fisso ed il componente, per limitare le sovratensioni transitorie al livello specificato.

I componenti elettrici aventi una tenuta all'impulso di categoria II sono componenti intesi ad essere collegati agli impianti elettrici fissi di edifici (ad es. elettrodomestici, gli utensili mobili e trasportabili e carichi simili)
I componenti elettrici aventi una tenuta all'impulso di categoria III sono componenti che fanno parte degli impianti elettrici fissi di edifici ed anche altri componenti per i quali si prevede un più elevato grado di disponibilità (ad es. quadri di distribuzione, interruttori automatici, sistemi di condutture inclusi cavi, condotti sbarre, scatole di giunzione, interruttori non automatici, prese a spina ecc.)
I componenti elettrici aventi una tenuta all'impulso di categoria IV sono componenti destinati per l'uso all'origine, o nella prossimità, di impianti elettrici di edifici, a monte del quadro di distribuzione principale (contatori di energia elettrica, dispositivi primari di protezione contro le sovracorrenti e unità di controllo dell'ondulazione)



I componenti elettrici devono essere scelti in modo che il loro valore nominale di tenuta all'impulso non sia inferiore alla tensione di tenuta all'impulso richiesta nel punto d'installazione

PROTEZIONE CONTRO LE INFLUENZE ELETTROMAGNETICHE

Le interferenze elettromagnetiche (EMI) disturbano o danneggiano i sistemi per le tecnologie di comunicazione e delle informazioni (ICT), per tecnologie di comunicazione radiotelevisive (BCT), di comando, controllo e comunicazione degli edifici (CCCB), controllo, comando e automazione dei processi (PMCA). Le correnti dovute a fulmini, manovre, cortocircuiti e altri fenomeni elettromagnetici possono causare sovratensioni ed interferenze elettromagnetiche.
Questi effetti possono verificarsi in presenza di:

Conduttori che formano spire di grandi dimensioni;

Diverse condutture di potenza e di segnale con percorsi paralleli.

I cavi di alimentazione che portano correnti elevate con ampia derivata della corrente (di/dt) possono indurre sovratensioni nei cavi di comando, controllo e comunicazione degli impianti elettrici, che possono influenzare o danneggiare le apparecchiature elettriche collegate.

Alcuni esempi di misure di compatibilità elettromagnetica sono riportate qui di seguito:

Installazione di limitatori di tensione e/o filtri

Collegamento delle guaine conduttrici (armature, schermi) dei cavi collegate alla eventuale rete equipotenziale comune

Separazione dei cavi di energia e segnale

Utilizzo di cavi con conduttori concentrici

Ecc..

PROTEZIONE CONTRO GLI ABBASSAMENTI DI TENSIONE

Quando un abbassamento di tensione, o la mancanza ed il successivo ripristino della tensione, possono comportare pericoli per le persone o per le cose, devono essere prese opportune precauzioni.
Non sono richiesti tuttavia dispositivi di protezione contro gli abbassamenti di tensione se i danni all'impianto o all'apparecchio utilizzatore costituiscono un rischio accettabile e non creano condizioni di pericolo per le persone

PRESCRIZIONI PARTICOLARI

AMBIENTI A MAGGIOR RISCHIO IN CASO D'INCENDIO

Gli impianti elettrici da realizzarsi internamente ad ambienti a maggior rischio in caso di incendio, dovranno essere realizzati nel rispetto di prescrizioni aggiuntive indicate e, secondo quanto richiesto dalla norma CEI 64-8/7 art.751. L'articolo 751 della norma CEI 64-8 parte 7 si applica infatti agli ambienti che presentano, in caso di incendio, un rischio maggiore di quello che presentano gli ambienti ordinari. Il rischio di incendio dipende dalla probabilità che esso si verifichi e dall'entità del danno conseguente per le persone, per gli animali e per le cose. L'individuazione dei luoghi a maggior rischio in caso di incendio dipende dai seguenti parametri:
- densità di affollamento;
- massimo affollamento ipotizzabile;
- capacità di deflusso o di sfollamento;
- entità del danno ad animali e/o cose;
- comportamento al fuoco delle strutture e dei materiali costituenti l'edificio;
- presenza di materiale combustibile;
- tipo di utilizzazione dell'ambiente;
- situazione organizzativa per quanto riguarda la protezione antincendio.

Per quanto sopra detto gli ambienti a maggior rischio in caso di incendio vengono suddivisi in tre tipologie, in particolare:

1.1.1. - luoghi di TIPO A

ambienti a maggior rischio per l'elevata densità di affollamento, per l'elevato tempo di sfollamento, per l'elevato danno ad animali o cose

1.1.2. - luoghi di TIPO B

ambienti a maggior rischio in quanto aventi struttura portante combustibile

1.1.3. - luoghi di TIPO C

ambienti a maggior rischio per la presenza di materiale infiammabile o combustibile in lavorazione, convogliamento, manipolazione o deposito

Gli impianti nei luoghi a maggior rischio in caso di incendio dovranno essere realizzati conformemente alle richieste normative, in particolare:
- i componenti elettrici vanno limitati a quelli necessari per l'uso degli ambienti;
- gli apparecchi di illuminazione devono essere conformi alle norme di prodotto, non sono richiesti requisiti particolari salvo mantenere determinate distanze nel caso di apparecchi che sviluppano calore;
- sulle vie di uscita non devono essere installati componenti elettrici contenenti liquidi infiammabili;
- nei locali con pubblico i quadri vanno nei locali con accesso al solo personale oppure dotati di porta con chiusura a chiave;
- le condutture elettriche devono essere tali da non causare l'innesco e/o la propagazione di incendi, salvo presentare, per alcune condizioni di posa l'obbligo del differenziale <=0,3A
- varie ed eventuali, prescrizioni particolari ed ulteriormente aggiuntive, per ciascuna tipologia di luogo a maggior rischio in caso di incendio.

VALUTAZIONE PROTEZIONE CONTRO LE SCARICHE ATMOSFERICHE:

Si provvederà alla valutazione del rischio dovuto al fulmine della struttura in oggetto, sulla base delle norme CEI 81-10.
La valutazione del rischio dovuto al fulmine di cui sopra, nella sua forma estesa e completa, sarà fornita su esplicita richiesta.

SPECIFICA IMPIANTI ELETTRICI REALIZZATI

QUADRI ELETTRICI:

In generale i quadri elettrici di nuova realizzazione e/o di recupero saranno posati e cablati in opera completi di accessori vari quali etichette di identificazione dei circuiti, accessori di fissaggio, nomenclatura sugli interruttori, capicorda ed accessori vari per il cablaggio delle apparecchiature di protezione, comando e controllo specificate negli schemi elettrici allegati. Il tutto compreso di ogni onere ed accessorio per dare il lavoro finito a regola d'arte, quadri realizzati in conformità alle norme specifiche.

I quadri saranno realizzati in contenitori ad armadio o a cassetta, tutti i quadri saranno in materiale metallico/isolante, grado di protezione IP65-IP40 a seconda del locale di installazione, classe I ovvero classe II. I quadri elettrici verranno realizzati completi delle apparecchiature indicate negli allegati schemi elettrici unifilari nonché dei dispositivi necessari alla realizzazione di un sistema di building automation, calcolando almeno il 20-30% di spazio disponibile come riserva.
In particolare sono stati previsti:

Quadro di fornitura (QGBT);

Quadro generale (QD-01.1);

Quadro elettrico sagrestia (QD-01.1.1)

Quadro elettrico centrale termica (QD-01.1.3)

Quadro elettrico locale tecnico sagrestia (QD-01.1.1.1)

Quadro elettrico distribuzione di sicurezza (QDS-01)

QUADRO ELETTRICO DI PARTENZA FORNITURA (QGBT-01)

Il quadro, posizionato nei pressi del nuovo gruppo di misura ENEL ed alimentato con un cavo tipo FG7OR/4 opportunamente protetto contro le sollecitazioni meccaniche e di lunghezza inferiore ai 3 metri (vedi protezione contro il corto circuito Rif. 64-8).

La carpenteria è realizzata con quadro stagno in poliestere in doppio isolamento. L'accesso al fronte quadro sarà inibito tramite porta frontale cieca con chiusura a chiave per evitare l'intervento da parte di personale non addestrato.

Il quadro provvederà all'alimentazione del quadro elettrico generale QD-01.1.

All'interno del quadro, verrà installato uno scaricatore combinato di classe I e II non soffiante per eseguire la protezione da scariche indotte.

QUADRO ELETTRICO GENERALE (QD-01.1)

Il quadro, posizionato all'interno del locale tecnico dedicato ed alimentato con un cavo tipo FG7OR/4, sarà realizzato tramite armadio in lamiera di acciaio, con grado di protezione IP55 e provvisto di porta trasparente con serratura per evitare l'intervento da parte di personale non addestrato.

Il quadro provvederà all'alimentazione dei seguenti carichi:

- Gruppo di continuità illuminazione di emergenza UPS-EM;
- Quadro elettrico sagrestia QD-01.1.1;
- Quadro elettrico magazzino QD-01.1.2;
- Quadro elettrico centrale termica QD-01.1.3;
- Illuminazione locali tecnici di servizio;
- Blindo luce 1 Chiesa;

- Blindo luce 2 Chiesa;
- Linea F.M. locali tecnici di servizio;
- Finestre motorizzate;
- Pompa P5;
- Predisposizione organo;
- Impianto Bus;
- Circuiti ausiliari.

La carpenteria, del tipo ad armadio in lamiera verniciata con resine epossidiche cablata in forma 2, è stata dimensionata per poter contenere eventuali ampliamenti futuri (maggiorazione del 40%). L'uscita cavi sarà realizzata tramite morsettiera generale di appoggio ed interfaccia opportunamente numerata.

Il cablaggio interno sarà realizzato mantenendo adeguate distanze tra il sistema BUS e la parte di potenza.

All'interno del quadro verrà inserita una protezione adeguata contro le sovratensioni indotte sulla linea BUS.

QUADRO ELETTRICO SAGRESTIA (QD-01.1.1)

Il quadro, posizionato all'interno della sagrestia ed alimentato con un cavo tipo FG7OM1, sarà realizzato tramite una cassetta in lamiera di acciaio, con grado di protezione IP40 e provvisto di porta trasparente con serratura per evitare l'intervento da parte di personale non addestrato.

Il quadro provvederà all'alimentazione dei seguenti carichi:

- Quadro elettrico locale tecnico sagrestia QD-01.1.1.1;
- Quadro campanile;
- Linea luce sagrestia e locali adiacenti;
- Impianto audio;
- Linea prese coro;
- Linea prese sagrestia;
- Linea prese presbiterio;
- Linea prese altari laterali destra;
- Fan-coil;
- Circuiti ausiliari.

La carpenteria, del tipo cassetta in lamiera verniciata con resine epossidiche cablata in forma 1, è stata dimensionata per poter contenere eventuali ampliamenti futuri (maggiorazione del 40%). L'uscita cavi sarà realizzata tramite morsettiera generale di appoggio ed interfaccia opportunamente numerata.

Il cablaggio interno sarà realizzato mantenendo adeguate distanze tra il sistema BUS e la parte di potenza.

All'interno del quadro verrà inserita una protezione adeguata contro le sovratensioni indotte sulla linea BUS, e uno scaricatore di classe II non soffiante per eseguire la protezione sulla linea energia.

QUADRO ELETTRICO MAGAZZINO (QD-01.1.2)

Il quadro, posizionato all'interno del magazzino ed alimentato con un cavo tipo FG7OM1, sarà realizzato tramite una cassetta in lamiera di acciaio, con grado di protezione IP55 e provvisto di porta trasparente con serratura per evitare l'intervento da parte di personale non addestrato.

Il quadro provvederà all'alimentazione dei seguenti carichi:

- Linea luce magazzino e Cappella della Madonna del S.S. Sacramento;

- Linea prese;
- Pompe P2 e P3;
- Linea prese altari laterali sinistra;
- Fan-coil;
- Circuiti ausiliari.

La carpenteria, del tipo cassetta in lamiera verniciata con resine epossidiche cablata in forma 1, è stata dimensionata per poter contenere eventuali ampliamenti futuri (maggiorazione del 40%). L'uscita cavi sarà realizzata tramite morsettiera generale di appoggio ed interfaccia opportunamente numerata.

All'interno del quadro verrà inserito uno scaricatore di classe II non soffiante per eseguire la protezione da sovratensioni indotte.

QUADRO ELETTRICO CENTRALE TERMICA (QD-01.1.3)

Il quadro, posizionato all'interno della centrale termica ed alimentato con un cavo tipo FG7OM1, sarà realizzato tramite una cassetta in lamiera di acciaio, con grado di protezione IP55 e provvisto di porta trasparente con serratura per evitare l'intervento da parte di personale non addestrato.

Il quadro provvederà all'alimentazione dei seguenti carichi:

- Linea luce centrale termica;
- Linea prese;
- Pompa P1;
- Rivelazione gas;
- Elettrovalvola intercettazione gas;
- Gruppo termico GT1;
- Gruppo termico GT2;
- Circuiti ausiliari.

La carpenteria, del tipo cassetta in lamiera verniciata con resine epossidiche cablata in forma 1, è stata dimensionata per poter contenere eventuali ampliamenti futuri (maggiorazione del 40%). L'uscita cavi sarà realizzata tramite morsettiera generale di appoggio ed interfaccia opportunamente numerata.

All'interno del quadro verrà inserito uno scaricatore di classe II non soffiante per eseguire la protezione da sovratensioni indotte.

QUADRO ELETTRICO LOCALE TECNICO SAGRESTIA (QD-01.1.1.1)

Il quadro, posizionato all'interno del locale tecnico sagrestia ed alimentato con un cavo tipo FG7OM1, sarà realizzato tramite una cassetta in lamiera di acciaio, con grado di protezione IP55 e provvisto di porta trasparente con serratura per evitare l'intervento da parte di personale non addestrato.

Il quadro provvederà all'alimentazione dei seguenti carichi:

- Linea luce;
- Linea prese;
- Pompa P4;
- Boiler;
- Circuiti ausiliari.

La carpenteria, del tipo cassetta in lamiera verniciata con resine epossidiche cablata in forma 1, è stata dimensionata per poter contenere eventuali ampliamenti futuri (maggiorazione del 40%). L'uscita cavi sarà realizzata tramite morsettiera generale di appoggio ed interfaccia opportunamente numerata.

All'interno del quadro verrà inserito uno scaricatore di classe II non soffiante per eseguire la protezione da sovratensioni indotte.

QUADRO ELETTRICO DISTRIBUZIONE DI SICUREZZA (QDS-01)

Il quadro, posizionato all'interno di un locale dedicato e compartimentato REI 120 dai locali adiacenti, sarà realizzato tramite box in doppio isolamento con grado di protezione IP65 e provvisto di porta con serratura per evitare l'intervento da parte di personale non addestrato.

Il quadro provvederà all'alimentazione dei seguenti carichi:

- Linea illuminazione emergenza EM 1;
- Linea illuminazione emergenza EM 2;
- Linea illuminazione emergenza EM 3;
- Linea illuminazione emergenza EM 4;
- Linea illuminazione emergenza EM 5;
- Linea illuminazione emergenza EM 6;
- Linea sganci;
- Linea ausiliari.

LINEE ELETTRICHE:

In generale i cavi / conduttori dovranno avere una tensione nominale d'isolamento, sia verso terra che tra i conduttori attivi adeguata. Tutti i conduttori dovranno essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle vigenti tabelle di unificazione. Le sezioni minime dei conduttori in rame che verranno utilizzati saranno di 1,5mm² per i circuiti di potenza e 0,5mm² per circuiti di segnalazione e per i circuiti ausiliari.. In particolare saranno da posare:

LINEE ELETTRICHE REALIZZATE IN CAVO ISOLATO (0,6-1)kV A BASSA EMISSIONE DI FUMI E GAS TOSSICI

Tutte le linee elettriche di alimentazione agli impianti elettrici ed apparecchiature varie, qualsiasi sia la tipologia di posa, ad esclusione degli impianti da realizzarsi in tubazioni p.v.c. corrugate a doppia camera posate interrate nell'area esterna, saranno realizzate con cavi del tipo a doppio isolamento ed aventi particolari caratteristiche di bassissima emissione di fumi e gas tossici tipo FG7(O)M1, isolati (0,6-1)KV. Conduttori in rame flessibile, isolante principale in gomma HEPR ad alto modulo, guaina termoplastica speciale di qualità M1, cavi a bassa emissione di fumi e gas tossici, adatti alla salvaguardia delle persone in caso di incendio.

LINEE ELETTRICHE REALIZZATE IN CONDUTTORI ISOLATI (450-750)V A BASSA EMISSIONE DI FUMI E GAS TOSSICI

*T*utte le linee elettriche di alimentazione agli impianti elettrici ed apparecchiature varie, posati in tubazioni p.v.c. corrugate sottotraccia saranno realizzate con conduttori tipo N07G9-K, isolati (450-750)V. Conduttori in rame flessibili, isolati elastomerico reticolato di qualità G9, conduttori a bassa emissione di fumi e gas tossici, adatti alla salvaguardia delle persone in caso di incendio.

LINEE ELETTRICHE REALIZZATE IN CAVO ISOLATO (0,6-1)kV

Tutte le linee elettriche di alimentazione agli impianti elettrici ed apparecchiature varie, qualsiasi sia la tipologia di posa, ad esclusione degli impianti da realizzarsi in tubazioni p.v.c. corrugate a doppia camera posate interrate nell'area esterna, saranno realizzate con cavi del tipo a doppio isolamento tipo FG7(O)R, isolati (0,6-

1)KV. Conduttori in rame flessibile, isolante principale in gomma HEPR ad alto modulo, guaina termoplastica speciale di qualità G7 (da utilizzarsi nei locali non frequentati dai fedeli).

LINEE ELETTRICHE REALIZZATE IN CAVO ISOLATO (0,6-1)kV RESISTENTI AL FUOCO PER ALMENO 1 ORA

Le linee elettriche di alimentazione agli impianti di sicurezza (pulsanti di sgancio tensione, impianto illuminazione di riserva) saranno realizzate con cavi aventi particolari caratteristiche di resistenza al fuoco (almeno 1 ORA) tipo FTG10(O)M1. Conduttori in rame rosso flessibile, isolante principale in elastomerico reticolato di qualità G10, guaina esterna termoplastica speciale di qualità M1, colore azzurro.

CAVIDOTTI:

In generale, il diametro dei tubi e comunque dello spazio disponibile all'infilaggio dei cavi/conduttori dovrà essere pari almeno a 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto dal fascio di cavi in esso contenuto e comunque mantenere una riserva disponibile pari ad almeno il 30% oltre lo spazio occupato dalle linee. Il diametro del tubo e comunque lo spazio disponibile all'infilaggio dei cavi/conduttori dovrà essere sufficientemente grande da permettere di sfilare e reinfilare i cavi in esso contenuti con facilità e senza che ne risultino danneggiati i cavi stessi o i tubi/cavidotti. Nella stessa conduttura si potranno posare circuiti appartenenti a sistemi elettrici diversi, purché tutti i conduttori siano isolati per la tensione nominale più elevata presente oppure i cavi di segnali siano isolati per la loro tensione, ma i cavi di energia siano del tipo a doppio isolamento. Le giunzioni dei conduttori dovranno essere eseguite nelle cassette di derivazione impiegando opportuni morsetti o morsettiere. Dette cassette dovranno essere costruite in modo che nelle condizioni di installazione non sia possibile introdurvi corpi estranei e risulti agevole la dispersione di calore in esse prodotta. Il coperchio delle cassette dovrà offrire buone garanzie di fissaggio ad essere apribile solo con attrezzo. Non saranno ammesse in nessun caso giunzioni a nastro.
All'interno della chiesa verranno per lo più riutilizzati, previo verifica, i cavidotti esistenti, ripristinandoli ove fossero stati interrotti a causa di cedimenti strutturali che ne avessero precluso il funzionamento. Negli ambienti liturgici non verranno utilizzati cavidotti per posa a vista in posizioni visibili, la loro posa sarà comunque ammessa in posizioni nascoste. Ove non fosse possibile realizzare gli impianti alle condizioni precedentemente descritte si provvederà all'installazione di cavi in fibra minerale

CANALA METALLICA IN ACCIAIO

Sopra il cornicione dove fosse necessario, gli impianti saranno realizzati per la parte dorsale in canala metallica in acciaio, da utilizzare come supporto cavi, adatta al trasporto delle linee elettriche necessarie alla realizzazione degli impianti elettrici in genere. Le derivazioni dalla canala saranno realizzate con apposite scatole in materiale isolante adatte alla perfetta integrazione con la canala, ed il cavo in uscita dotato di pressa cavo fino all'utenza (in genere lampada) da rialimentare. La canalizzazioni con canala dovranno essere dimensionate in maniera adeguata al contenimento delle linee elettriche previste garantendo il rispetto del fattore di riempimento come indicato nelle normative specifiche, eventuali impianti speciali funzionanti a tensioni differenti dalla nominale saranno realizzati con cavi aventi lo stesso grado di isolamento e comunque posati in canala o in comparto dedicato. La canala si intende ancorata sul cornicione nella posizione più nascosta possibile. Il tutto compreso di ogni onere ed accessorio per dare il lavoro finito a regola d'arte.

TUBAZIONI IN P.V.C. RIGIDE ADATTE ALLA POSA ESTERNA

In alcune zone nascoste, e nei locali senza accesso di pubblico, le linee elettriche di distribuzione secondaria e derivazione alle apparecchiature, saranno posate in tubo p.v.c. esterno. Le tubazioni saranno del tipo rigide in p.v.c., materiale plastico rigido autoestinguente serie pesante, resistenti allo schiacciamento, colore grigio RAL 7035, marchiato IMQ. La fornitura della tubazione è da intendersi comprensiva delle scatole di derivazioni necessarie, adatte alla perfetta integrazione con la tubazione; cassette del tipo da esterno munite di coperchio di chiusura a mezzo viti movibili solo con attrezzo ed appositi pressa cavi. Tubazioni complete di tutti gli accessori necessari al fissaggio dei cavidotti a parete con appositi sostegni ad aggancio rapido, cavidotti da utilizzare esclusivamente come supporto cavi, sprovvisti di accessori atti al raggiungimento di grado di protezione IP4X considerando l'utilizzo esclusivo di cavi a doppio isolamento. Il tutto compreso di ogni onere ed accessorio per dare il lavoro finito a regola d'arte.

TUBAZIONI IN P.V.C. CORRUGATE ADATTE ALLA POSA SOTTO TRACCIA

Ove possibile nei tratti sottointonaco gli impianti da ripristinare saranno in genere incassati mediante tubazioni isolanti flessibile del tipo corrugato pesante, materiale termoplastico a base di cloruro di polivinile (p.v.c.), marchiato IMQ, ideale per la realizzazione di impianti elettrici sotto traccia disponibile in diversi colori quali nero, verde, bianco, azzurro, blu, marrone, lilla per permettere una rapida individuazione delle varie linee elettriche nel caso in cui ad ogni tipo di impianto da posare nel cavidotto venga abbinato un diverso colore del tubo. Tubazioni complete di tutti gli accessori necessari al fissaggio dei cavidotti e delle scatole di derivazione con punti in cemento e quant'altro necessario alla corretta posa dello stesso. Il tutto compreso di ogni onere ed accessorio per dare il lavoro finito a regola d'arte.

IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE:

IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE DI NORMALE ESERCIZIO PER INTERNI

Internamente ai locali in oggetto, l'impianto di illuminazione di normale esercizio, sarà realizzato per la parte dorsale e di derivazione con nuovi conduttori isolati (0.6-1)kV tipo FG7OM1, posato per quanto possibile nei cavidotti esistenti. Sezione delle linee come indicato negli schemi elettrici allegati, linea comprensiva del conduttore di protezione a terra di colore giallo verde, da non collegare nel caso in cui i corpi illuminanti siano dichiarati a doppio isolamento. Impianto comprensivo del cavo di alimentazione a partire dalla linea dorsale (derivazione all'apparecchio), della scatola di derivazione, quadro comando accensioni, come indicato nel disegno planimetrico. Il tutto compreso di ogni onere ed accessorio per dare il lavoro finito a regola d'arte. Ove non sarà possibile nascondere il cavo i punti luce dovranno essere realizzati con cavi in fibra minerale. In aggiunta per i corpi illuminanti dotati di alimentatore DALI dovrà essere posato e collegato anche il cavo di comunicazione realizzato con cavo LS0H (Low Smoke Zero Halogen). Il tutto compreso di ogni onere ed accessorio per dare il lavoro finito a regola d'arte.

IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE DI EMERGENZA PER INTERNI

Internamente ai locali in oggetto, l'impianto di illuminazione di emergenza, sarà realizzato per la parte dorsale con cavi aventi particolari caratteristiche di resistenza al fuoco (almeno 1 ORA) tipo FTG10(O)M1. Conduttori in rame rosso flessibile, isolante principale in elastomerico reticolato di qualità G10, guaina esterna termoplastica speciale di qualità M1, colore azzurro, mentre per la parte di derivazione se in vista, con conduttori ad isolamento minerale. Linee dorsali e di derivazione saranno posate nei cavidotti esistenti. Sezione delle linee come indicato negli schemi elettrici allegati, linea comprensiva del conduttore di protezione a terra di colore giallo verde, da non collegare nel caso in cui i corpi illuminanti siano dichiarati a doppio isolamento. Impianto comprensivo del cavo di alimentazione a partire dalla linea dorsale (derivazione all'apparecchio), della scatola di derivazione, quadro comando accensioni, come indicato nel disegno planimetrico. . In aggiunta per i corpi illuminanti dotati di alimentatore DALI dovrà essere posato e collegato anche il cavo di comunicazione realizzato con cavo FRHRR 2075 avente particolari caratteristiche di resistenza al fuoco (almeno 1 ora). Il tutto compreso di ogni onere ed accessorio per dare il lavoro finito a regola d'arte.

IMPIANTI PRESE:

Internamente ai locali in oggetto è stato prevista la verifica ed il recupero delle prese esistenti.
Sarà oggetto del presente progetto la ri-alimentazione delle stesse sfruttando cavidotti e passaggi esistenti, utilizzando nuovi conduttori isolati (0.6-1)kV tipo FG7OM1 ovvero conduttori tipo N07G9-K, per la parte di derivazione. Sezione delle linee come indicato negli schemi elettrici dei quadri allegati; linee comprensive del conduttore di protezione a terra. Il tutto compreso di ogni onere ed accessorio per dare il lavoro finito a regola d'arte.

IMPIANTI SPECIALI:

IMPIANTO BUILDING AUTOMATION

L'impianto di BUILDING AUTOMATION che si intende realizzare è un sistema di gestione centralizzato e di controllo distribuito dei servizi, presenti nell'edificio come Illuminazione, riscaldamento, apertura chiusura finestre motorizzate, consenso all'accensione ed allo spegnimento dell'impianto di diffusione sonora.

Questi servizi, erogati da impianti diversi tendono a crescere di numero e ad aumentando le funzioni. Nasce così la necessità, da parte dell'utente, di controllare e di gestire l'impiantistica in modo semplice e erotizzato, da qui l'esigenza di aumentare le prestazioni degli impianti senza complicarne la realizzazione.
I prodotti necessari per realizzare una soluzione integrata di Building automation con il sistema proposto sono tipicamente: la centrale, una o più interfacce di comando e le componenti per i servizi applicativi: sicurezza, comfort, illuminazione, etc. in grado di garantire la massima integrazione possibile con sistemi e sottosistemi che compongono la totalità dell'impianto elettrico.
In particolare il sistema sarà composto da apparecchiature con protocollo di comunicazione KNX e varie interfacce per interagire con altri protocolli di comunicazione tra i quali il sistema DALI.
L'impianto dotato di web server verrà interconnesso con tutte le apparecchiature all'interno dei quadri elettrici e quelle poste in campo mediante cavo idoneo a bassissima emissione di fumi e gas tossici LS0H. Dovranno essere realizzati degli scenari illuminotecnici da utilizzarsi a seconda delle esigenze e del tipo di liturgia (a titolo esemplificativo ma non esaustivo: scenario spegni tutto, messa solenne, messa feriale, messa festiva, funerale, battesimo ecc. comunque da decidere assieme alla D.L. ad al parroco); tali scenari così come alcune accensioni avverranno tramite pulsantiere poste in loco ovvero tramite mappe grafiche visualizzabili da remoto. L'intero sistema dovrà essere accessibile via internet attraverso PC, tablet, smartphone mediante pagina WEB dedicata contenente il sinottico delle accensioni (con possibilità di dimmerizzarle ad una ad una ovvero di accenderle/spegnerle), il loro posizionamento in pianta, l'elenco degli scenari programmati. L'impianto si intende comprensivo di programmazione, connessione alla LAN locale ovvero dotato di tutti gli accessori necessari per ottenere una connessione internet. Perfettamente funzionante e conforme alla regola dell'arte.

PREDISPOSIZIONE IMPIANTI VARI

Si prevede di predisporre (liberando le tubazioni attualmente in opera) dei punti di diffusione sonora per il sistema audio della chiesa e dei punti per il ripristino dell'impianto antintrusione. Tali impianti essendo attualmente in opera dovranno essere smantellati e le vie cavo verificate e controllate al fine di poterli sostituire con impianti maggiormente performanti.

ALLACCIAMENTO ELETTRICO UTENZE:

ALLACCIAMENTO ELETTRICO UTENZE VARIE

Internamente ai locali in oggetto saranno da prevedere allacciamenti elettrici di utenze varie come organo, impianto antivolatili, automazione finestre elettrificate, impianto diffusione sonora, impianto di riscaldamento, impianto campane. Gli impianti saranno realizzati per la parte dorsale in canala esistente ovvero recuperando le i cavidotti attualmente in opera. Apparecchiature da alimentare con cavi ad isolamento rinforzato posati direttamente in esterno, protetti e meccanicamente fissati oppure con guaina flessibile e conduttori, il tutto completo di appositi pressa cavi e/ o pressa tubi se necessari. Sezioni delle linee come indicato negli schemi elettrici dei quadri, linea comprensiva del conduttore di protezione a terra di colore giallo verde. Impianto comprensivo del cavo di alimentazione a partire dalla linea dorsale (derivazione all'utenza), della scatola di derivazione nonché dei collegamenti dei conduttori specifici alle utenze ed ai comandi. Il tutto compreso di ogni onere ed accessorio per dare il lavoro finito a regola d'arte, in conformità alle normative specifiche. Si rammenta che per impianti situati in locali con accesso al pubblico dovranno essere utilizzati cavi a bassissima emissione di fumi e gas tossici.

IMPIANTO DI MESSA A TERRA:

IMPIANTO DI MESSA A TERRA

E' stato previsto il rintraccio ed il collegamento dell'impianto di messa a terra esterno disperdente esistente agli impianti in oggetto. L'impianto di messa a terra disperdente si intende già realizzato. Sarà onere della ditta installatrice verificarne l'effettiva efficienza prima di procedere al collegamento dei nuovi impianti. Il tutto compreso di ogni onere ed accessorio per dare il lavoro finito a regola d'arte.

COLLETTORE DI ZONA DI MESSA A TERRA

In prossimità del quadro elettrico generale si dovrà realizzare il collettore di terra costituito da una barra di rame di adeguate dimensioni, da installare internamente a scatola di derivazione dedicata. Ovvero entro la carpenteria del quadro. Collettore a cui faranno capo i conduttori di protezione a terra delle masse, i conduttori equipotenziali che collegano le masse estranee, oltre naturalmente al conduttore di terra che proviene dal sistema disperdente esterno. L'impianto si intende comprensivo dei sistemi di connessione a pressione di adeguate dimensioni, scatola di derivazione, barra in rame, e quant'altro necessario alla corretta realizzazione del collettore. Il tutto compreso di ogni onere ed accessorio per dare il lavoro finito a regola d'arte, quadri realizzati in conformità alle norme specifiche.

CORPI ILLUMINANTI INTERNI

CORPI ILLUMINANTI ILLUMINAZIONE INTERNA CHIESA E SACRESTIA

Per raggiungere i livelli di illuminamento ed evidenziare al meglio gli aspetti architettonici della struttura è stata prevista :

- un'illuminazione generale diretta e indiretta della navata centrale realizzata con proiettori a tecnologia a LED ad elevato flusso luminoso installati sui cornicioni laterali. I proiettori dedicati all'illuminazione diretta presenteranno un fascio di apertura di 51° circa.
- un'illuminazione di tipo diretto per la zona altare, eseguita con proiettori a tecnologia a LED a fascio stretto 21°, con potenza pari a 30W;
- un'illuminazione d'accento realizzata con proiettori a tecnologia a LED a fascio stretto da 11°, 21° e 29° a servizio delle parti della chiesa ritenute rilevanti sia dal punto di vista architettonico sia liturgico quali:
- il crocifisso;
- l'affresco abside;
- l'altare;
- l'Altare del Crocifisso;
- l'Altare di S. Giuseppe;
- l'Altare di S. Rita;
- l'Altare di S. Bartolomeo;
- La cappella S. Antonio da Padova;
- La cappella Madonna del Rosario
- l'Altare della Cappella della Madonna del S.S. Sacramento;
- il quadro posto all'ingresso della sagrestia;
- il quadro posto all'ingresso della Cappella della Madonna del S.S. Sacramento;
- i quadri posti all'ingresso della Chiesa;
- l'organo.

Considerando la complessità della struttura da illuminare, dovranno essere eseguite due prove a campo di posizionamento, in particolare :

- Prova illuminazione a led. Come descritto nel computo metrico estimativo e riportato nella scheda di calcolo 15072ce01A allegata. La prova potrà essere eseguita mediante un corpo illuminante per ogni tipo scelto in fase di progetto, messo a disposizione direttamente dalla ditta costruttrice.
- Prova di posizionamento e montaggio. Per il posizionamento definitivo (vedi angolo di incidenza fari ecc…) dei corpi illuminanti confermati durante la prima verifica.

Sistema comando luci e bus

Il comando luci, per ovviare alla limitata disponibilità di vie cavi, verrà realizzato utilizzando un sistema BUS coordinato con sistema DALI. In particolare ogni corpo illuminante sarà equipaggiato con un driver con ingresso DALI che consentirà il comando di accensione e la regolazione del flusso di ogni singolo punto.

In tal modo si ha la possibilità di ottenere i livelli di illuminamento richiesti di volta in volta dalla struttura con una semplice programmazione dei moduli di attivazione, senza distribuire un numero eccessivo di linee di potenza difficilmente posizionabili negli spazi a disposizione. Il comando del sistema avverrà tramite un touch panel posto all'interno della sagrestia (Vedi Dis. TE3 e TE4).

Dallo stesso pannello di comando sarà possibile programmare gli orari di funzionamento dell'impianto di riscaldamento, grazie ad adeguati moduli di comando BUS inseriti nei quadri di alimentazione pompe. Lo stesso impianto bus, con l'ausilio di due sonde ambiente, restituirà sul pannello la lettura delle temperature presenti nella navata centrale.

La programmazione degli scenari di luce dovrà essere concordata con la committenza, prima di passare alla fase esecutiva.

CORPI ILLUMINANTI ILLUMINAZIONE DI EMERGENZA

CORPI ILLUMINANTI ILLUMINAZIONE DI EMERGENZA CHIESA

Illuminazione di emergenza

E’ prevista l’installazione di un impianto di illuminazione di emergenza a servizio della struttura in modo da rendere sicura l'evacuazione e la messa in sicurezza delle aree. I livelli di illuminamento in emergenza sono stati calcolati in riferimento alla norma UNI EN 1838 e alla legislazione vigente mantenendo i livelli di illuminamento richiesti (Rif. Tab. 4.8.1.1).

Ad oggi non è prevista all'interno della struttura la presenza di aree ad alto rischio.

Caratteristiche dell'impianto

L’impianto è stato dimensionato facendo riferimento alla Norma UNI EN 1838 e alla norma CEI 64-8/7. Di seguito vengono elencate le principali prescrizioni utilizzate:

Rif. UNI EN 1838

- Autonomia minima dell’impianto di illuminazione di emergenza, in caso di mancanza di rete, di 1 ora
- Livello di uniformità di illuminamento sulle vie di fuga (rapporto fra valore massimo e minimo) 1:20
- Tempo di intervento del sistema di autoalimentazione immediato (t< 0,5 s)
- Livelli di illuminamento specifici a seconda del luogo (vedi tabella riportata)
- Posizionamento degli apparecchi di illuminazione di sicurezza secondo le seguenti indicazioni:
    - Ad ogni porta di uscita prevista per l'uso di emergenza

- Vicino[1] ad ogni scala in modo che ogni rampa riceva luce diretta
- Vicino ad ogni cambio di livello
- Sulle uscite di sicurezza indicate ed in corrispondenza dei segnali di sicurezza
- Ad ogni intersezione di corridoio
- Vicino e immediatamente all'esterno di ogni uscita
- Vicino ad ogni punto di pronto soccorso
- Vicino ad ogni dispositivo antincendio e punto di chiamata

[1] per “vicino” si intende un distanza minore di 2 m, misurata orizzontalmente.

- Livello di illuminamento antipanico fornito al 50% entro 5 s e al 100% entro 60 s (vedi sovradimensionamento impianto).

Tab. 4.7.1.1

Luogo	Livello in assenza di riflessioni	Livello con contributo delle riflessioni
Vie di fuga	1 lux a pavimento	5 lux
In corrispondenza di attrezzature di pronto soccorso	---	5lux
Zone antipanico	0,5 lux a pavimento	2 lux
Aree ad alto rischio		10% del livello di illuminazione normale e comunque mai inferiore a 15 lux
Uscite di sicurezza		5 lux

Rif. CEI 64-8/5 par. 563

- Uso di componenti elettrici con resistenza al fuoco di durata adeguata, sia per costruzione che per installazione
- Sorgenti di alimentazione situate in luogo appropriato, accessibili solo a persone addestrate e dedicate ai soli servizi di sicurezza.

GRUPPO DI CONTINUITA' CONFORME ALLA NORMA EN 50171 (CPPS)

L’illuminazione di emergenza sarà alimentata da gruppo di continuità conforme alla norma en 50171 (cpss) tipo LINE-INTERACTIVE .
Il gruppo soccorritore dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:
- UPS potenza da 3 kVA in grado di garantire una potenza di 1800 W in modo continuativ;
- UPS con involucro metallico conforme alla norma EN 60598-1;
- UPS fornito di interruttore d'ingresso per la verifica periodica obbligatoria dell'autonomia della batteria;
- Sorgente di alimentazione principale conforme alla norma EN 50171;
- UPS sarà fornito con batterie VRLA integrate fino a 60 minuti a fine vita
- Batterie ad alta capacità con una durata di vita prevista di 10 anni conforme alla norma EN50272-2;
- Il caricabatteria deve garantire la capacità di ricarica dell'80% entro 12 ore, conformemente alla EN50171;
Le caratteristiche tecniche saranno le seguenti:
- Range di potenza: 3 kVA;
- Tensione ingresso (monofase): 230V + N;
- Frequenza: 50/60 Hz ;
- THDI: >0.98;
- Tensione uscita nominale: 230 V (1ph) settabile 220/240 V;
- Frequenza in uscita: 50/60Hz ;
- Batterie VRLA: piombo-acido ermetiche, esenti da manutenzione - vita prevista 10 anni;
- Temperatura di funzionamento: 0-40 °C.(Temperatura consigliata per aumentare le durata di vita della batterie compresa tra 15°C e 25 °C).
- Grado di protezione: IP20;