COMUNE DI PADOVA

AREA LL.PP.

Settore Edilizia Pubblica ed Impianti Sportivi

ELENCO ANNUALE ANNO 2017

PROGETTO ESECUTIVO

RESTAURO DELLA STATUARIA
COMPLESSO MONUMENTALE
ISOLA MEMMIA DI PRATO DELLA VALLE

4° LOTTO - Statue 7-8-9-10-20-21-22-23-32-46-47-48-49
50-51-52-53-54-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67
Obelischi : 11-12-55-56

IMPORTO COMPLESSIVO: € 540.400,00

N° Progetto Nome file Data **Ottobre 2017**	CUP LLPP **2017/47**	Elaborato **A 4** **CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO**

Progettisti	Rup	Capo Settore	Capo Area
Arch. Domenico Lo Bosco Arch. Elisa Pagan Arch. Valeria Ostellari	Arch. Lo Bosco	Arch. Luigino Gennaro	Arch. Luigino Gennaro

Documento firmato da:
DOMENICO SALVATORE
LO BOSCO
COMUNE DI

PARTE 1°

ELEMENTI DI DEFINIZIONE TECNICO ECONOMICA

INDICE:

ART.1 OGGETTO, CORPI D'OPERA E VINCOLI 3

ART.2 IMPORTI DI PROGETTO 3

ART. 3 TEMPI UTILI FASI/SCADENZE DIFFERENZIATE DELLE OPERE E ORDINE DA TENERSI NELL'ANDAMENTO DEI LAVORI 4

ART.4 PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER IL RESTAURO DELLE STATUE 5

ART.5 PRESCRIZIONI SULLA SICUREZZA 5

ART.6 IL CANTIERE 6

ART.7 VERIFICHE – DIFETTI – RIFACIMENTI 6

ART. 8 SMALTIMENTO RIFIUTI, FINITURE E PULIZIE 7

ART.9 ATTIVITA' RUMOROSE A CARATTERE TEMPORANEO – ORARI 7

ART. 10 ATTIVITA' RUMOROSE A CARATTERE TEMPORANEO – LIMITI MASSIMI 7

ART.11 ATTIVITA' RUMOROSE A CARATTERE TEMPORANEO – MODALITA' PER IL RILASCIO DELLE AUTORIZZAZIONI 8

ART.12 RAPPRESENTANZA TECNICA 8

ART.13 AVVERTENZE GENERALI 9

ELEMENTI DI DEFINIZIONE TECNICO ECONOMICA

Art. 1
Oggetto, corpi d'opera e Vincoli

L'intervento ha per oggetto l'esecuzione di tutte le opere e forniture occorrenti per il Restauro delle Statue n° **7, 8**, **9, 10, 20, 21, 22, 23, 32, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66 e 67, Obelischi 11, 12, 55 e 56,** del Complesso Monumentale Isola Memmia di Prato della Valle, vincolato ai sensi del D.Lgs 42/2004, relativo a "Codice dei beni culturali e del paesaggio" (ex L. 1089/39).

CORPI D'OPERA :

1) .OPERE DI RESTAURO DELLE STATUE = CAT. OS2 + OPERE PROVVISIONALI

REGIME VINCOLISTICO:

Il Complesso Monumentale dell'Isola Memmia del Prato della Valle oggetto dell'intervento, è sottoposto a vincolo di tutela ai sensi del D.Lgs. 42/2004, serve quindi l'autorizzazione da parte della competente Soprintendenza territoriale.

Art. 2
Importi di Progetto

L'importo dei lavori ammonta presuntivamente a complessivi **€. 68.000,00** compresi gli oneri della sicurezza, l'I.V.A. e le somme a disposizione, e più precisamente:

N. 1	**OPERE DI CONSERVAZIONE (CAT.OS2)**		*€.*
	Manutenzione straordinaria	**a misura**	181.150,29
	ONERI PER LA SICUREZZA		
	Opere, allestimenti, materiale per ponteggio e nolo per singolo ponteggio	**a corpo/misura**	136.270,94
	IMPORTO TOTALE NETTO		**317.421,23**
	SOMME A DISPOSIZIONE		
	Iva 22%		69.832,67
	Accordi Bonari 3%		9.522,64
	Incentivo Progettazione 2%		6.348,42
	Indagini Chimiche (Iva 22% inclusa)		59.600,00
	Spese tecniche (iva 22% inclusa)		23.500,00
	Direzione Operativa (iva 22% inclusa)		24.900,00
	Lavori Complementari		29.000,00
	Tassa Autorità		225,00
	Arrondamento		50,04
	Totale Somme a Disposizione		**222.978,77**
	IMPORTO TOTALE LORDO		**540.400,00**

Art. 3
Tempi Utili, Fasi/Scadenze differenziate delle opere e Ordine da tenersi nell'andamento dei lavori

La consegna dei lavori è stabilita in un'unica fase avente la durata di 180 giorni per i lavori su tutte le statue, con libertà da parte dell'impresa di organizzarsi come ritiene opportuno

TEMPO UTILE COMPLESSIVO DI APPALTO		
Cantieri in unica fase	STATUE n° 7, 8, 9, 10, 20, 21, 22, 23, 32, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67 OBELISCHI 11, 12, 55, 56	180 giorni lavorativi consecutivi

Il tempo utile per l'esecuzione dell'intervento di **manutenzione straordinaria su tutte le statue** è stabilito **in 180 giorni lavorativi consecutivi** dalla data di consegna dei lavori, nel periodo che va da Marzo al 31 Ottobre.

Le opere e le singole fasi lavorative dovranno essere pertanto eseguite, articolate e scadenzate a piacere dalla ditta esecutrice, nel rispetto delle lavorazioni e dei tempi tecnici che esse comportano.

Si procederà alla consegna dei lavori a termine di Legge. Nel caso in cui la consegna dovesse essere parziale, per motivi al momento non individuabili, la data di consegna a tutti gli effetti di legge è quella dell'ultimo verbale di consegna parziale.

Subito dopo avvenuta la consegna dei lavori l'Appaltatore è obbligato a iniziarli e procedere nei tempi previsti dal contratto. Realizzati i lavori previsti dal programma/fase, qualora permangano le cause di indisponibilità si applica la disciplina dell'articolo 107 del D.Lgs 50/2016. Sia in caso di consegna urgente, sia in caso di consegna frazionata o di sospensione dei lavori, entro i termini di legge, l'appaltatore non potrà pretendere indennità o risarcimenti di sorta.

All'atto di ciascuna consegna, anche se parziale, l'Appaltatore dovrà comunicare alla Direzione Lavori, il relativo cronoprogramma delle lavorazioni secondo la programmazione che si intende da, precisando il presumibile impiego di mano d'opera e di mezzi. Sia alla consegna che in corso d'opera la D.L. e il Responsabile della sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione, se nominato, avranno il compito di verificare e potranno prescrivere al programma dell'Appaltatore, eventuali modifiche di competenza.

In generale l'Appaltatore avrà facoltà di sviluppare i lavori nel modo che riterrà più conveniente per darli perfettamente compiuti nel termine contrattuale, purché ciò, a giudizio della D.L., non risulti pregiudizievole alla buona riuscita delle opere e agli interessi dell'Amministrazione, la quale si riserva comunque il diritto di ordinare l'esecuzione di un determinato lavoro entro un prestabilito termine di tempo o di disporre l'ordine di esecuzione dei lavori nel modo che riterrà più conveniente, specialmente in relazione alle esigenze dipendenti dalla esecuzione di eventuali opere non incluse nei singoli appalti e affidate ad altre Ditte o Imprese, senza che l'Appaltatore possa rifiutarsi o farne oggetto di richiesta di speciali compensi.

Tutte le indicazioni relative ai dettagli di forma e modi di lavorazione non apparenti e non deducibili dal presente Capitolato e dall'Elenco prezzi/voci di elenco, saranno concordate con il Direttore dei Lavori mano a mano, che si rendessero necessarie.

Nell'esecuzione delle opere, in ogni caso, le Imprese dovranno attenersi scrupolosamente al cronoprogramma elaborato anche nell'ambito del "Piano di Sicurezza" approvato dall'Amm.ne Appaltante e alle prescrizioni gli verranno impartite dalla Direzione dei Lavori o dal Coordinatore della sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione del cantiere.
Non saranno accettate né remunerate le opere eseguite dalle imprese appaltatrici e propri subappaltatori, di proprio arbitrio o che non fossero corrispondenti alle prescrizioni della Direzione dei Lavori, per qualità e modalità.

Art. 4
Prescrizioni particolari per il restauro delle statue

1. In ogni cantiere l'Appaltatore, o per lui il restauratore responsabile di cantiere dovrà sempre eseguire prima, durante e a fine lavori la documentazione grafica (mappatura NORMAL) e fotografica (digitale) dello stato di fatto e degrado e di intervento (restauro) anche in relazione a precedenti cantieri di restauro/manutenzione. Dovrà essere inoltre redatto specifico giornale di cantiere dei lavori
2. **Prima** dell'avvio di qualsiasi opera, il restauratore responsabile del cantiere di restauro delle statue, **dovrà:**
    1. Eseguire e produrre tutte le campionature, test ed eventuali ulteriori indagini fisico chimiche, necessarie a definire con sufficiente chiarezza natura e stato di effettivo degrado e patologie correlate, modalità operative e prodotti d'impiego
    2. Presentare/concordare una dettagliata proposta metodologica di intervento, redatta e sottoscritta da restauratore/i di beni culturali (DM 294/2000 e Decreto n. 86 del 26/05/2009) con specifica competenza sull'intervento oggetto di restauro
    3. schede tecniche dei prodotti chimici d'uso
    4. cronoprogramma di dettaglio delle lavorazioni

3. **Durante** tutte le fasi di cantiere Il Direttore Tecnico responsabile dei lavori, titolare della qualifica di Restauratore, dovrà:

- essere presente **sempre** in cantiere;
- redigere quotidianamente un apposito giornale dei lavori, con indicate le lavorazioni eseguite nella giornata, l'oggetto degli interventi, le modalità operative, i materiali d'uso e consumo, le composizioni dei prodotti e i tempi delle singole applicazioni, nonché le tecniche e tecnologie adottate.

4. **A fine lavori**, entro il tempo utile di appalto, l'Appaltatore dovrà consegnare alla stazione appaltante:
    - una dettagliata relazione finale di intervento, corredata dal rilievo grafico in scala e dalla mappatura di restauro di ogni singola statua, oltre ad una esauriente documentazione fotografica in formato digitale che testimoni lo stato di consegna e degrado, le varie lavorazioni, le fasi di restauro e lo stato finale a restauro avvenuto;
    - le risultanze documentali e fotografiche delle campionature e delle indagini e analisi fisico chimiche di dettaglio comunque eseguite in corso d'opera.

    <u>Il tutto redatto e firmato dal restauratore/direttore dei lavori di cantiere dell'appaltatore e riversato su supporto digitale in doppia copia CD/DVD + originale cartaceo.</u>

Art. 5
Prescrizioni sulla sicurezza

Nell'esecuzione delle opere di restauro gli Appaltatori dovranno rispettare tutte le norme legislative e i regolamenti vigenti in materia di prevenzione degli infortuni sul lavoro e di assicurazione degli operai contro gli stessi; in particolare si dovrà applicare quanto previsto nei D.Lgs. 9 aprile 2008 n°81, D.Lgs. 3 agosto 2009, n. 106 e successive modificazioni, e nel Piano di Sicurezza e di Coordinamento di Progetto redatto a cura della Stazione

Appaltante. Gli Appaltatori dovranno, inoltre, ottemperare a tutti gli obblighi contenuti in normative che dovessero entrare in vigore in fase di cantiere e alle prescrizioni inserite negli aggiornamenti al P.S.C. a cura del Coordinatore della sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione.

All'atto della sottoscrizione del contratto di appalto e prima dell'inizio dei lavori, ogni ditta, inclusi eventuali subappaltatori, dovrà fornire il proprio Piano Operativo della Sicurezza (POS) o Piano Sostitutivo della Sicurezza (PSS) specifico delle lavorazioni di cantiere, e sottoporlo all'approvazione del Coordinatore della sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione, pena la rescissione del contratto di appalto per inadempienza.

Art. 6
Il cantiere

Le aree concesse ad uso cantiere saranno quelle strettamente necessarie all'esecuzione dei lavori che si dovranno eseguire in opera, come indicato nella planimetria di cantiere e l'ingombro dovrà essere opportunamente recintato e segnalato come da indicazione della D.L. ..

Quindi oltre alla sede dei lavori e delle zone espressamente indicate dal Direttore dei lavori, ogni Appaltatore non potrà occupare con il cantiere alcuna altra area pubblica senza debito permesso da parte della competente Amministrazione, né interrompere il pubblico transito nelle vie o interferire con il quotidiano flusso di utilizzatori dei giardini .

Le aree, in aggiunta a quelle del cantiere per depositi di materiali o attrezzi e quelle in genere occorrenti all'Appaltatore per sviluppare i lavori, saranno provvedute esclusivamente a cura e spese dell'Appaltatore stesso senza diritto a speciali compensi, intendendosi che il corrispettivo per l'occupazione di dette aree sia incluso nei prezzi delle diverse categorie di lavori.

Le aree occupate dovranno essere mantenute costantemente pulite ed ordinate e ripristinate se danneggiate da estranei.

Art. 7
Verifiche - difetti - rifacimenti

Nell'esecuzione dei lavori, tutte le opere di appalto e quelle aggiuntive eventualmente prescritte dalla D.L. e dal Responsabile e Coordinatore della sicurezza, dovranno essere eseguite a perfetta regola d'arte, ogni onere incluso, in conformità e alle condizioni precisate nel contratto di appalto, negli elaborati di progetto e nel presente Capitolato, nonché alle disposizioni verbali e scritte che verranno, man mano, impartite dalla D.L. e dal Responsabile e Coordinatore della sicurezza di cantiere .

Gli Appaltatori sono tenuti ad eseguire a propria cura e spese, tutti gli esami e test che la D.L. ritenesse necessari per la verifica delle lavorazioni effettuate e dell'idoneità dei risultati conseguiti .

E' anche facoltà dell'Amministrazione di eseguire, in qualunque fase dei lavori e sino al collaudo, qualsiasi accertamento sulle opere oggetto di ogni singolo corpo d'opera e appalto, con totale onere a carico del relativo Appaltatore, il quale sarà tenuto a demolire e rifare, a totali sue spese, le opere che, a giudizio insindacabile della D.L., dovessero essere eseguite non a regola d'arte o con materiali diversi da quelli prescritti come qualità e quantità, e a risarcire i danni che fossero conseguenti alla demolizione e rifacimento.
Qualora l'Appaltatore non dovesse ottemperare alle disposizioni ricevute, nei tempi indicati dalla D.L., l'Amministrazione potrà procedere direttamente, o a mezzo altra Impresa, alla demolizione e rifacimento di tali opere, restando a carico dell'Appaltatore tutte le spese e i danni relativi.

La circostanza che i lavori siano stati eseguiti alla presenza della D.L. non esonera gli Appaltatori dalle responsabilità circa l'esatto adempimento degli ordini e la perfetta esecuzione delle opere a norma del contratto, nonché dalla scrupolosa osservanza delle regole dell'arte e dell'ottima qualità di ogni materiale impiegato, anche se eventuali deficienze fossero passate inosservate al momento della esecuzione.

In caso di discordanza o contrasto tra gli elaborati tecnici facenti parte del presente Capitolato, varranno le disposizioni più favorevoli all'Amministrazione o quelle che l'Amministrazione, a suo insindacabile giudizio, riterrà di adottare.

Art. 8
Smaltimento rifiuti, finiture e pulizie

E' fatto obbligo agli Appaltatori di mantenere sempre il quotidiano massimo ordine e pulizia delle aree di cantiere e a provvedere a propria cura e spese all'allontanamento in corso d'opera e a fine lavori dei rifiuti e materiali di risulta, sfridi, ecc…, mediante trasporto in discarica autorizzata o altra forma di smaltimento prevista dal D.P.R. 152/06 e s.m. e dalla L.R.V. 33/85 e s.m.; nel caso di trasporto di detti materiali in conto proprio, l'Appaltatore è tenuto a munirsi di autorizzazione del Sindaco, giusta deliberazione G.M. n. 3774 del 06.09.1988 e s.m. e all'osservanza del D.M. 6 settembre 1994 e s.m. sulle normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3,.

Ad avvenuta ultimazione dei lavori gli Appaltatori provvederanno alla perfetta pulizia e riordino dei luoghi e a rimuovere ogni materiale curando che l'intera opera, ivi comprese le finiture, possano essere immediatamente utilizzate senza alcun pregiudizio e/o difficoltà.

Il direttore lavori, prima di procedere all'emissione dei rispettivi certificati di regolare esecuzione (o il collaudatore, se opere soggette a collaudo), o prima di prendere in consegna l'opera, in caso di consegna provvisoria, procederà alla verifica del corretto e puntuale adempimento di quanto sopra, restando ad esso subordinata l'erogazione del saldo lavori e lo svincolo della cauzione.

Qualora un'impresa non provvedesse a quanto necessario per la completa fruizione dell'opera, si procederà d'ufficio in danno al relativo appaltatore.

Art. 9
Attivita' rumorose a carattere temporaneo - orari

1) L'attivazione di macchine rumorose e l'esecuzione di lavori rumorosi in cantieri edili od assimilabili è consentita nei giorni feriali, escluso il sabato pomeriggio, nell'orario:

- invernale (dal 01 ottobre al 30 aprile): dalle ore 8,00 alle ore 12,30 e dalle ore 14,00 alle ore 18,00;
- estivo (dal 01 maggio al 30 settembre): dalle ore 8,00 alle ore 13,00 e dalle 15,00 alle ore 19,00.

2) L'attivazione di macchine rumorose e l'esecuzione di lavori rumorosi è consentito dalle ore 9,00 alle ore 13,00 e dalle ore 15,00 alle 18,00; in particolare l'uso di macchine le cui emissioni certificate sono superiori a 75 dB(A) deve essere limitato nell'orario compreso tra le ore 9,00 e le ore 12,00 e dalle 16,00 alle ore 18,00.

3) E' vietato l'uso di macchinari privi della certificazione di emissione acustica contenuta nella scheda tecnica.

Art. 10
Attivita' rumorose a carattere temporaneo – limiti massimi

1) I limiti assoluti da non superare relativamente alle sorgenti fisse, ad esclusione dei traffico veicolare, sono:

- in zona I: 65 dB(A);

Tali limiti si intendono fissati in facciata delle abitazioni confinanti con le aree in cui vengono esercitate le attività.

2) Le misurazioni dovranno essere eseguite secondo i criteri di cui all'Allegato "B", del "Regolamento per la disciplina delle attività rumorose" del Comune di Padova e comunque in riferimento al DPCM 14.11.1997, DM 16.03.1998 e DPCM 31.03.1998.

Art. 11
Attivita' rumorose a carattere temporaneo – modalità per il rilascio delle autorizzazioni

1) L'attivazione di cantieri, nel rispetto dei limiti indicati negli articoli precedenti, non necessita di autorizzazione, ma solo di una dichiarazione, con la quale il responsabile dei cantiere si impegna al rispetto di tutte le seguenti condizioni:

- Orari di cui al precedente articolo 4;
- Limiti di cui al precedente articolo 5;
- la durata dei cantiere non supererà i 15 giorni lavorativi;

2) Qualora per eccezionali e contingenti motivi documentabili, il responsabile del cantiere ritenga necessario superare i limiti indicati nel regolamento, dovrà indirizzare al Comune specifica domanda di autorizzazione in deroga, possibilmente secondo il modello approntato dall'Ufficio preposto, 30 giorni prima dell'inizio dei lavori. Il Dirigente competente, valutate le motivazioni eccezionali e contingenti, rilascia l'autorizzazione in deroga, che potrà contenere comunque prescrizioni, tra cui ad esempio il divieto di uso contemporaneo di macchinari particolarmente rumorosi, o la messa in opera di adeguati schermi fonoisolanti e/o fonoassorbenti sulla recinzione dei cantiere o a protezione dei singoli macchinari di maggiore impatto acustico. Copia dell'autorizzazione dovrà essere tenuta sul luogo ove viene svolta l'attività ed esibita al personale incaricato dì eseguire i controlli.

3) La durata complessiva dell'attività rumorosa nonché i relativi orari devono essere resi noti alla popolazione mediante apposito e ben visibile avviso da apporsi, a cura dei soggetto autorizzato, quantomeno all'ingresso dei cantiere o dell'area sede dell'attività stessa.

4) Per particolari motivazioni eccezionali e contingenti, il Dirigente può autorizzare deroghe a quanto stabilito nel presente regolamento.

Art. 12
Rappresentanza tecnica

L'Impresa/e appaltatrici dovranno comunicare al Responsabile unico del procedimento e al Direttore dei Lavori della stazione appaltante, prima dell'avvio delle opere in appalto, il nome del Direttore Tecnico dell'impresa espressamente preposto ai lavori, che potrà anche coincidere con il titolare dell'impresa appaltatrice, ove qualificato ai sensi di legge; così come dovrà comunicare il nome del Direttore di cantiere e/o Capo cantiere, che oltre ad essere di gradimento della Stazione Appaltante, dovrà avere le necessarie qualifiche, conoscenze e professionalità per l'organizzazione e l'esecuzione di tutte le opere a regola d'arte.

I Lavori di restauro e/o manutenzione di beni vincolati, anche ove in parte subappaltati (nei limiti di legge) o scorporati potranno essere affidati e assunti solo da ditte qualificate ai sensi di legge, nel rispetto del Decreto Legislativo n.163/06 e DM 294/00 e DM 86/2009.

Le imprese qualificate nella CAT. OS2 dovranno essere in possesso dei requisiti di cui all'art.10 del Decreto 3 agosto 2000, n. 294 e aver eseguito, negli ultimi cinque anni lavori di restauro di materiali lapidei analoghi (statuaria) a quelli oggetto di appalto, per un importo pari a quello posto a bando di gara; inoltre **i/il Direttore Tecnico dell'impresa responsabile dei lavori dovrà possedere il titolo di Restauratore secondo la normativa vigente relativa ai Beni Culturali (Decreto n. 86 del 26/05/2009) e dovranno**

essere parimenti qualificati Restauratori o Operatori di Restauro tutte le ulteriori maestranze impiegate.

Per gli aspetti relativi alla conduzione e gestione dei lavori il **Direttore Tecnico dei Lavori dell'impresa potrà avvalersi della collaborazione di un Capo Cantiere qualificato "Restauratore",** (Decreto n. 86 del 26/05/2009: figura tecnica specializzata avente diploma o laurea specialistica dell'area di cui si occupa) **con l'obbligo di presenza continuativa sul luogo di lavoro,** a cui verranno comunicati gli ordini scritti o verbali della D.L., valevoli a tutti gli effetti.

I/il Direttore Tecnico dei Lavori e il Capo Cantiere oltre, ad essere di gradimento della D.L., dovranno essere autorizzati dall'appaltatore a far allontanare dalla zona dei lavori, dietro richiesta verbale della D.L., assistenti ed operai che non fossero comunque di gradimento alla D.L., provvedendo nel contempo alla loro immediata sostituzione con altro personale idoneo, pena la rescissione del contratto e la richiesta di rifusione dei danni e spese conseguenti. In proposito si fa riferimento a quanto stabilito dal Capitolato Generale di appalto DPR 145/2000.

In mancanza dei/del Capo Cantiere, l'obbligo di presenza continuativa passa in capo al Direttore Tecnico dei Lavori.

Art. 13
Avvertenze generali:

Tutti i prezzi di appalto si intendono comprensivi di spese generali =15% e utili d'impresa =10%
In tutte le stime e prezzi a corpo, misura e economia, relativi a questo appalto sono inclusi i costi e gli oneri relativi ai mezzi d'opera, materiali e maestranze tutte, forniture e noli, al calo e alzo, carico e scarico, trasporto, smaltimento e oneri relativi, alle pubbliche discariche autorizzate dei materiali e prodotti di risulta anche speciali, nonché quelli concernenti l'avvicinamento e stoccaggio al luogo di deposito provvisorio, in attesa del trasporto allo scarico o riuso, nonché quelli per la cernita, la catalogazione e l'accatastamento entro il perimetro del cantiere, dei materiali di risulta che la D.L. riterrà riutilizzabili.
Per ogni singolo cantiere di statuaria, in qualsiasi lavorazione di manutenzione/restauro o preparazione della stessa sono sempre comprese, con esclusione della diagnostica remunerata a parte, i ponteggi, le puntellazioni, presidi e strutture temporanee a norma (trabattelli, scale ecc.), ove necessari e richiesti dalla D.L., per la completa esecuzione in sicurezza dei lavori, oltre a qualsiasi opera di protezione, sia temporanea che stabile rispetto agli edifici circostanti, ai luoghi di lavoro o alle persone fuori e dentro il cantiere. Eventuali danni a cose e persone saranno quindi a esclusivo e totale carico dell'impresa appaltatrice.
Sono anche comprese e compensate tutte le campionature e i test necessari, a insindacabile discrezione della D.L. e degli Organi di Tutela preposti, per conoscere e precisare, prima durante e a fine lavori, l'effettivo stato di conservazione/degrado/risanamento dei materiali in manutenzione/restauro e per la definizione delle tecniche e modalità operative più idonee e per l'accertamento dei risultati conseguiti.
Sono infine incluse:
- le assicurazioni e garanzie dovute per legge e contratto,
- la fornitura e il posizionamento di un cartello di cantiere, minimo m.2x3, secondo prescrizioni della D.L.,
- l'allestimento in quantità utile di quadri elettrici (interni-esterni) di cantiere a norma di legge, comprese spese ed oneri per la richiesta/rilascio, gli allacciamenti e la fornitura di energia elettrica,
- l'allestimento di un idoneo impianto di erogazione di acqua, comprese spese ed oneri relativi per la richiesta/rilascio dell'allacciamento e la fornitura dell'acqua, inclusa la raccolta e lo smaltimento dei reflui delle lavorazioni a norma di legge,

- la redazione per ogni statua di un giornale di cantiere corredato dalle schede tecniche dei materiali utilizzati, dalla relazione di fine lavori e da esaustiva documentazione fotografica eseguita prima, durante e dopo le lavorazioni.
- lo sgombero e la pulizia totale del cantiere e delle aree a fine cantiere.

Il lavoro in appalto si intenderà concluso e integralmente eseguito solo in seguito alla consegna alla D.L., oltre che delle opere stesse, di tutta la documentazione riguardante il cantiere: giornale di cantiere, schede tecniche dei materiali utilizzati, relazione di fine lavori, mappature grafiche NORMAL (degrado e opere), riprese fotografiche in quantità utile, digitali e cartacee prima, durante e dopo le lavorazioni.

PARTE 2°

PRESTAZIONALE

NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI,
QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI, INDAGINI PRELIMINARI, MODO DI ESECUZIONE DI OGNI CATEGORIA DI LAVORO

INDICE:

Art. 14 - NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI 1
Art. 14.1 - Generalità 1
Art. 14.2 - Criteri di valutazione 3
Art. 15 - QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI 4
Art. 15.1 - Prodotti per la pulizia dei materiali porosi 4
Art. 15.1.a - Generalità 3
Art. 15.1.b - Pulitura con acqua nebulizzata 3
Art. 15.1.c - Pulitura chimica 3
Art. 15.1.d - Biocidi 6
Art. 15.2 - Prodotti impregnanti 6
Art. 15.2.a - Generalità 6
Art. 15.2.b - Impregnanti per il consolidamento 7
Art. 15.2.b.1 - Consolidanti organici 7
Art. 15.2.b.1a - Resine epossidiche 7
Art. 15.2.b.1b - Resine poliuretaniche 7
Art. 15.2.b.1c - Resine acriliche 7
Art. 15.2.b.1d - Resine acril-siliconiche 7
Art. 15.2.b.1e - Polietilenglicoli o poliessietilene 9
Art. 15.2.b.1f - Estere etilico dell'acido silicico 9
Art. 15.2.b.2 - Consolidanti inorganici 9
Art. 15.2.b.2.a - Calce - 9
Art. 15.2.b.2b - Idrossido di bario 10
Art. 15.2.b.2c - Alluminato di potassio 10
Art. 15.2.c - Impregnanti per la protezione 10
Art. 15.2.c.1 - Idrorepellenti protettivi siliconic 10
Art. 15.2.c.1a - Resine siliconiche 10
Art. 15.2.c.1b - Silossanici oligomeri 10
Art. 15.2.c.1c - Alchil-silani 10
Art. 15.2.c.1d - Olii e cere 10
Art. 16 - DIAGNOSTICA 11
Art. 16.1 - - Indagini diagnosi e materiali. Tecniche e strumenti 11
Art. 1.1.a - Generalità 11
Art. 16.1.b - Pietre 12
Art. 16.1.c - Metalli 13
Art. 17 - MODO DI ESECUZIONE DI OGNI CATEGORIA DI LAVORO 14
Art. 17.0 - Mappatura e Documentazione Fotografica 14
Art. 17.1 - Opere provvisionali 14
Art. 17.2 - Pulitura dei materiali 15
Art. 17.2.a - Generalità 15
Art. 17.2.b - Sistemi di pulitura 16
Art. 17.2.b.1 - sistemi di pulitura meccanici 15
Art. 17.2.b.1a - Spray di acqua/Nebulizzazione 15
Art. 17.2.b.1b - Argille assorbenti 15
Art. 17.2.b.1c - Apparecchiatura laser 16
Art. 17.2.b.1d - Microaeroabrasivo 16
Art. 17.2.b.1e - Ultrasuoni 16
Art. 17.2.b.1f - Sabbiatura 19
Art. 17.2.b.1g - Altri sistemi di pulitura meccanici 19
Art. 17.2.b.2 - Sistemi di tipo chimico 19
Art. 17.2.b.2a - Altre tecniche di pulitura di tipo chimico 18
Art. 17.3 - Bonifica da macro e microflora 18
Art. 17.3.a - Eliminazione di piante superiori 18
Art. 17.3.b - Eliminazione di alghe, muschi e licheni 21
Art. 17.4 - Consolidamento dei materiali 22
Art. 17.4.a - Generalità 22
Art. 17.4.b - Applicazione dei principali consolidanti 22
Art. 17.5 - Trattamemto elementi metallici 24
Art. 17.6 - Protezione dei materiali 24
Art. 17.6.a - Generalità 24

Art. 17.6.b - Interventi indiretti 25
Art. 17.6.c - Sistemi applicativi 25
Art. 17.7 - Malte e conglomerati 25
Art. 17.7.a - Generalità 26
Art. 17.7.b - Malte additivate 28
Art. 17.7.c - Malte preconfezionate 30
Art. 17.7.d - Conglomerati di resina sintetica 31
Art. 18 - SCHEDE OPERATIVE DI RESTAURO 31

Art. 14 - NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI,

Art. 14.1 - Generalità

L'elenco prezzi costituisce la descrizione ovvero i limiti di fornitura corrispondenti ai prezzi di appalto.
I prezzi si riferiscono a lavori eseguiti applicando la miglior tecnica, idonea mano d'opera e materiali di ottima qualità in modo che i manufatti, le somministrazioni e prestazioni risultino complete e finite a regola d'arte in relazione agli elaborati progettuali ed alle migliori spiegazioni che la Direzione dei Lavori vorrà esplicitare.
1. I prezzi unitari assegnati dall'elenco dei prezzi a ciascun lavoro e/o somministrazione, comprendono e, quindi, compensano ogni opera, materia e spesa principale e accessoria, provvisionale o effettiva che direttamente o indirettamente concorra al compimento del lavoro a cui il prezzo si riferisce sotto le condizioni di contratto e con i limiti di fornitura descritti.
2. Tutti i materiali saranno della migliore qualità nelle rispettive categorie, senza difetti e in ogni caso con qualità e pregi uguali o superiori a quanto descritto nel presente capitolato. La provenienza dei singoli materiali sarà liberamente scelta dall'Appaltatore, purché non vengano manifestati espliciti rifiuti dalla Direzione dei Lavori.
I materiali forniti saranno rispondenti a tutte le leggi vigenti in materia, ovvero alle norme UNI in vigore al momento della fornitura.
3. Per la esecuzione di categorie di lavoro non previste si potrà provvedere in contraddittorio alla determinazione di nuovi prezzi ovvero si procederà in economia, con operai, mezzi d'opera e provviste fornite dall'appaltatore e contabilizzate a parte. In tal caso le eventuali macchine ed attrezzi dati a noleggio saranno in perfetto stato di servibilità e provvisti di tutti gli accessori necessari al loro perfetto funzionamento.
4. L'Appaltatore sarà responsabile della disciplina del cantiere per quanto di sua competenza e si obbliga a far osservare dal suo personale tecnico e/o dai suoi operai le prescrizioni e gli ordini ricevuti. L'appaltatore sarà in ogni caso responsabile dei danni causati da imperizia e/o negligenza di suoi tecnici e/o operai.
5. I lavori saranno contabilizzati a corpo e/o misura seguendo gli usuali criteri di misura per ogni categoria di lavoro e applicando i prezzi unitari di cui all'elenco: in tali prezzi, al netto del ribasso d'asta, si intendono compresi la necessaria assistenza tecnica nonché tutti gli obblighi ed oneri generali e speciali precisati nel presente capitolato e nel contratto di fornitura.
Saranno invece valutati in economia tutti i lavori che, per natura, dimensione, difficoltà esecutiva od urgenza, non saranno suscettibili di misurazione. Questi lavori saranno preventivamente riconosciuti come tali (da eseguirsi cioè in economia) e concordati a priori.
6. Tutte le opere saranno eseguite dall'Appaltatore secondo le migliori regole d'arte e di prassi di cantiere nonché in perfetta conformità alle istruzioni impartite dalla Direzione dei Lavori.
7. L'Appaltatore si impegna a garantire assistenza tecnica e disponibilità alla esecuzione di lavori di qualsiasi tipo o natura anche in periodo di ferie o festivi.

Art. 14.2 - Criteri di valutazione

Qualora non sia diversamente indicato nelle singole voci, la quantità delle opere sarà valutata con metodi geometrici oppure a peso secondo le seguenti specifiche generali.
Ponteggi e puntellazioni - I ponteggi si intendono sempre compensati con la voce di elenco prezzi relativa al lavoro che ne richieda l'installazione.
Trasporti - I trasporti di terre o altro materiale sciolto verranno valutati in base al volume prima dello scavo, per le materie in cumulo prima del carico su mezzo senza tener conto dell'aumento di volume all'atto dello scavo o del carico, oppure a peso con riferimento alla distanza. Qualora non sia diversamente precisato in contratto, sarà compreso il carico e lo scarico dei materiali ed ogni spesa per dare il mezzo di trasporto in piena efficienza.
Noleggi - Le macchine e gli attrezzi dati a noleggio devono 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. 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 prestabilito.
Nel prezzo di noleggio sono compresi gli oneri e tutte le spese per il trasporto a piè d'opera, montaggio, smontaggio ed allontanamento di detti meccanismi.
Per il noleggio di carri ed autocarri il prezzo verrà corrisposto soltanto per le ore di effettivo lavoro, rimanendo escluso ogni compenso per qualsiasi altra causa o perdita di tempo.

Art. 15 - QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI.

Art. 15.1 - Prodotti per la pulizia dei materiali porosi

Art. 15.1.a - Generalità

La pulitura delle superfici lapidee e laterizie, è un'operazione complessa e delicata che necessita di un'attenta analisi del quadro patologico generale, di una approfondita conoscenza della specifica natura del degrado, dello stato di consistenza fisico materica dei manufatti . Un livello di conoscenza indispensabile per identificare la natura del supporto e dell'agente patogeno, per determinare il processo chimico che innesca il degrado e, di conseguenza la scelta dei prodotti e delle metodologie più appropriate di intervento (raccomandazioni NORMAL).
Sarà quindi vietato all'Appaltatore utilizzare prodotti senza la preventiva autorizzazione della D.L. e degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto. Ogni prodotto potrà essere utilizzato previa esecuzione di idonee prove applicative eseguite in presenza della D.L. e dietro sua specifica indicazione.
In ogni caso ogni intervento di pulitura dovrà esclusivamente preoccuparsi di eliminare tutte quelle forme patologiche in grado di generare degrado al manufatto. Qualsiasi operazione di pulitura infatti genera un'azione comunque abrasiva nei confronti dei materiali, andando sempre e in ogni modo ad intaccare (seppur minimamente) la loro pellicola naturale (pelle) che si dovrà cercare di conservare integralmente. I singoli prodotti andranno utilizzati puntualmente, mai generalizzandone l'applicazione, partendo sempre e comunque da operazioni più blande passando via a quelle più forti ed aggressive.

Art. 15.1.b - Pulitura con acqua nebulizzata

L'utilizzo di acqua per la pulitura dei materiali porosi richiederà la massima attenzione in primo luogo nei confronti dei materiali stessi che non devono risultare eccessivamente assorbenti.
L'acqua dovrà essere pura, scevra da sostanze inquinanti e sali, deionizzata e/o distillata. Le particelle d'acqua dovranno avere dimensioni medie comprese tra 5 e 1O micron. L'irrorazione utilizzerà una pressione di circa 2/3 atmosfere. L'operazione dovrà essere effettuata con temperatura esterna di almeno 14 gradi centigradi ed effettuata ad intervalli regolari, in ogni caso il tempo di intervento non dovrà mai eccedere le 4 ore consecutive di apporto d'acqua per evitare l'eccessivo dilavamento delle superfici stesse.
La produzione di acqua deionizzata si potrà effettuare in cantiere tramite utilizzo di specifica apparecchiatura con gruppo a resine scambio-ioniche di portata sufficiente a garantire una corretta

continuità di lavoro, gruppo motopompa a rotore in PVC per la adduzione dell'acqua deionizzata di alimentazione ai nebulizzatori, la formazione di adatti circuiti idraulici con tubi in PVC per la distribuzione ad un sufficiente numero di ugelli nebulizzatori completi di rubinetti per la limitazione del flusso, tubi terminali flessibili per la regolazione fine della nebbia di uscita. In ogni caso l'adatto tempo di intervento sarà da determinarsi su zone campione a tempi crescenti concordati con la D.L.

Art. 15.1.c - Pulitura chimica

A causa della pericolosità e della difficoltà di controllo dell'azione corrosiva innescata dai prodotti per la pulitura chimica, si dovrà operare con la massima attenzione e cautela, nel pieno rispetto di leggi e regolamenti, in regime di massima sicurezza per l'operatore. Dovrà essere effettuata esclusivamente dietro specifica autorizzazione della D.L. e solo su quelle zone dove altri tipi di pulitura meno aggressiva non sono state in grado si eliminare l'agente patogeno.
Si dovranno utilizzare formulati in pasta resi tixotropici da inerti di vario tipo quali la metil o carbossilmetilcellulosa, argille, amido, magnesia che verranno opportunamente diluiti, con idonei quantitativi d'acqua.
Ad ogni intervento di tipo chimico dovrà seguire abbondante risciacquo con acqua deionizzata per eliminarne il più possibile le tracce.
I prodotti da utilizzarsi potranno essere basici o acidi o sostanze attive e detergenti, quali saponi liquidi neutri non schiumosi diluiti nell'acqua di lavaggio.
Gli acidi si potranno utilizzare per eliminare sali ed efflorescenze con scarsa solubilità in acqua, per i quali non sono risultate sufficienti le operazioni di lavaggio con l'acqua nebulizzata.
Si potrà inoltre utilizzare, ove espressamente autorizzato dalla D.L., acido cloridrico per l'asportazione di solfato di calcio (rapporto con acqua 1/500); acido ossalico in soluzione per l'asportazione di solfato di ferro; acido etil-diamminico-tetracetico (EDTA) per l'asportazione di consistenti depositi di sali di vanadio e macchie metalliche.
Impacchi basici potranno essere utilizzati per asportare croste dure contenenti materiali poco solubili.
Formulati
Per croste nere di piccolo spessore (1-2 mm) si potrà utilizzare un preparato così formulato:
- 50-100 g di EDTA (sale bisodico);
- 30 g di bicarbonato di sodio;
- 50 g di carbosilmetilcellulosa;
- 1000 g di acqua.

AB 57; formulato messo a punto dall'ICR, preferibilmente con un PH intorno a 7,5 (sarà comunque sufficiente che il PH non superi il valore 8 per evitare fenomeni di corrosione dei calcari e la eventuale formazione di sotto prodotti dannosi)
Il bicarbonato sviluppa anidride carbonica favorendo così il distacco delle croste nere, mentre l'EDTA complessa il calcio del gesso presente nella crosta, portando in soluzione questo minerale e sostituendolo con solfato sodico, molto più solubile. La seguente ricetta va usata con molta attenzione, solo esclusivamente in caso di effettivo bisogno, in quanto è in grado di generare sali solubili sempre dannosi per i materiali solubili:
- 1000 cc di acqua;
- 30 g di bicarbonato d'ammonio;
- 50 g di bicarbonato di sodio;
- 25 g di E.D.T.A. (sale bisodico);
- 10 cc di desogen (sale d'ammonio quaternario, tensioattivo, funghicida);
- 60 g di carbossimetilcellulosa.

La quantità di E.D.T.A. potrà essere variata e portata, se ritenuto necessario, a 100-125 g.
Alla miscela potranno essere aggiunte ammoniaca (NH4OH) o trietanolammina (C3H4OH3)N allo scopo di facilitare la dissoluzione di componenti ®grassi¯ presenti nella crosta. Ad operazione avvenuta si rende indispensabile un lavaggio ripetuto con acqua deionizzata.
Argille assorbenti - Potranno essere utilizzate due tipi di argilla: la sepiolite e l'attapulgite. Sono fillosilicati idrati di magnesio appartenenti al gruppo strutturale della palygorskite, in grado di impregnarsi di oli e grassi senza operare azioni aggressive sulla superficie oggetto di intervento.

L'operazione di pulitura con argille dovrà essere preceduta da uno sgrassamento e dalla rimozione di eventuali incerature con solventi opportuni (acetone, cloruro di metilene)
La granulometria dei due tipi di argilla dovrà essere di almeno 100-220 Mesh. Dovranno essere preparate diluendole esclusivamente con acqua distillata o deionizzata fino a raggiungere una consistenza pastosa che consenta la loro lavorazione in spessori di 2-3 cm.
Impacchi biologici - Sono impasti argillosi a base di sepiolite o attapulgite, contenenti prodotti a base ureica ed avranno la seguente composizione:
- 1000 cc di acqua;
- 50 g di urea (NH2)2CO;
- 20 cc di glicerina (CH2OH)2CHOH.
Il fango che si otterrà dovrà essere steso in spessori di almeno 2cm da coprire con fogli di politene.
I tempi di applicazione si stabiliranno in base a precedenti prove e campionature.

Art. 15.1.d - Biocidi

Prodotti da utilizzarsi per la eliminazione di muschi e licheni. La loro applicazione dovrà essere preceduta da una serie di operazioni di tipo meccanico per l'asportazione superficiale utilizzando spatole, pennelli a setole rigide, bisturi ecc. attrezzi comunque da utilizzarsi con estrema cautela in modo da non esercitare un'azione troppo incisiva sul manufatto. I biocidi da impiegarsi potranno essere specifici, calibrati su alcune specie, oppure a vasto raggio di azione.
Per muschi e licheni si possono utilizzare soluzioni acquose all'1/2% di ipoclorito di litio. Per i licheni soluzioni di sali di ammonio quaternario in acqua al"1/2% o di pentaclorofenolo di sodio all'1% . Per alghe verdi e muffe è possibile irrorare la superficie intaccata con formalina oppure con una soluzione di acqua ossigenata (25%) e ammoniaca.
Tutti i biocidi, pur non essendo in linea di massima tossici per l'uomo, saranno comunque da utilizzarsi con molta attenzione e cautela; alla loro applicazione dovrà sempre seguire un abbondante risciacquo con acqua deionizzata.

Art. 15.2 - Prodotti impregnanti

Art. 15.2.a - Generalità

- L'impregnazione dei materiali lapidei e laterizi, è un'operazione tesa a salvaguardare il manufatto aggredito da agenti patogeni siano essi di natura fisica, chimica e/ o meccanica . Le sostanze da impiegarsi per l'impregnazione dei manufatti potranno essere utilizzate in varie fasi del progetto di conservazione quali pre-consolidanti, consolidanti e protettivi. Dovranno in ogni caso essere sempre utilizzate con estrema cautela, mai generalizzandone l'applicazione, finalizzandone l'uso oltre che alla conservazione del manufatto oggetto di intervento, anche alla prevenzione del degrado che comunque potrebbe continuare a sussistere anche ad intervento conservativo ultimato. Degrado essenzialmente dovuto:
- ad un'azione fisica indotta dagli agenti atmosferici quali azioni meccaniche erosive dell'acqua piovana, (dilavamento, crioclastismo) azioni meccaniche di cristallizzazione dei sali solubili (umidità da risalita), azioni eoliche (fortemente abrasive per il continuo trasporto del particellato atmosferico), fessurazioni, rotture, cedimenti di tipo strutturale.
L'impregnante, in questi casi, dovrà evitare una rapida disgregazione delle superfici, l'adescamento delle acque ed il loro ristagno all'interno dei materiali;
- un'azione chimica, che agisce mediante un contatto, saltuario o continuato, con sostanze attive quali piogge acide ed inquinanti atmosferici (condensazione del particellato atmosferico, croste nere ecc.).
In questo caso l'impregnante dovrà fornire alle superfici un'appropriata inerzia chimica.
La scelta della sostanza impregnante dipenderà dalla natura e dalla consistenza delle superfici considerate
In presenza di una complessità patologica così varia ed eterogenea si dovrà intervenire con grande attenzione e puntualità effettuando preventivamente tutte quelle analisi e diagnosi in grado di fornire indicazioni sulla natura della materia oggetto di intervento e sulle fenomenologie di degrado. Le sostanze da utilizzarsi dovranno pertanto svolgere le seguenti funzioni:

- svolgere un'azione consolidante al fine di accrescere o fornire quelle caratteristiche meccaniche di resistenza al degrado (fisico, chimico, materico, strutturale) che si sono indebolite col trascorrere del tempo, o che non hanno mai posseduto;
- svolgere un'azione protettiva, mediante la idrofobizzazione dei supporti in modo da renderli adatti a limitare l'assorbimento delle acque meteoriche, l'adescamento dell'umidità per risalita o da condensa, la proliferazione da macro e micro flora.

In ogni caso la scelta delle sostanze impregnanti sarà effettuata in funzione dei risultati emersi a seguito delle analisi di cui sopra, di prove e campionature condotte secondo quanto prescritto dalle raccomandazioni NORMAL e da quanto indicato dalla D.L. Ogni prodotto dovrà comunque essere sempre preventivamente accompagnato da una scheda tecnica esplicativa fornita dalla casa produttrice, quale utile riferimento per le analisi che si andranno ad effettuare.

In particolare, le caratteristiche richieste in base al loro impiego, saranno le seguenti:
- atossicità;
- elevata capacità di penetrazione;
- resistenza ai raggi UV;
- 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 della reazione di indurimento;
- facilità di applicazione;
- solubilizzazione dei leganti.

Art. 15.2.b - Impregnanti per il consolidamento

I prodotti da utilizzarsi per il consolidamento dei manufatti oggetto di intervento, fatte salve le prescrizioni relative al loro utilizzo specificate nelle generalità ed alla campagna diagnostica da effettuarsi preventivamente, dovranno possedere le seguenti caratteristiche:
- 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 la formazione di sottoprodotti di reazione pericolosi (sali);
- capacità di fare traspirare il materiale;
- penetrazione in profondità in modo da evitare la formazione di pellicole in superficie;
- ®pot-life¯ sufficientemente lungo in modo da consentire l'indurimento solo ad impregnazione completata;
- perfetta trasparenza priva di effetti traslucidi;
- spiccata capacità a mantenere inalterato il colore del manufatto;

Art. 15.2.b.1 - Consolidanti organici

Possiedono una dilatazione termica diversa da quella dei materiali oggetto di intervento.

Sono tutti dei polimeri sintetici ed esplicano la loro azione grazie ad un'elevata adesività. Possono essere termoplastici o termoindurenti; se termoplastici assorbono bene urti e vibrazioni e soprattutto, non polimerizzando una volta penetrati nel materiale, mantengono una certa solubilità che ne consente la reversibilità; i prodotti termoindurenti hanno invece solubilità pressoché nulla, sono irreversibili, piuttosto fragili e sensibili all'azione dei raggi ultravioletti. Hanno un vasto spettro di impiego: i termoplastici sono impiegati per materiali lapidei, per le malte, per la muratura e per i legnami (nonché per la protezione degli stessi materiali e dei metalli), mentre i termoindurenti vengono impiegati soprattutto come adesivi strutturali.

Alcune resine organiche, diluite con solventi, possiedono la capacità di diffondersi in profondità all'interno dei materiali.

L'utilizzo delle resine organiche sarà sempre condizionato dalle indicazioni fornite dal progetto di conservazione e alla specifica autorizzazione della D.L. e degli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento.

Art. 15.2.b.1a - Resine epossidiche

Prodotti termoindurenti, con buona resistenza chimica, ottime proprietà meccaniche, eccellente adesività, ma con difficoltà di penetrazione e tendenza ad ingiallire e a sfarinare alla luce solare. Sono impiegate soprattutto per la protezione di manufatti sottoposti ad una forte aggressione chimica, per incollaggi e per consolidamenti strutturali di materiali lapidei, legname, murature.
Sono prodotti bicomponenti (un complesso propriamente epossidico ed una frazione amminica o acida), da preparare a piè d'opera e da applicare a pennello, a tampone, con iniettori o comunque sotto attento controllo dal momento che hanno un limitato tempo di applicazione.
Il loro impiego dovrà essere attentamente vagliato dall'Appaltatore, dietro espressa richiesta della D.L.

Art. 15.2.b.1b - Resine poliuretaniche

Prodotti termoplastici o termoindurenti, a seconda dei monomeri che si impiegano in partenza, hanno buone proprietà meccaniche e buona adesività.
Mescolati con isocianati alifatici, hanno una buona capacità di penetrazione nel materiale poroso (hanno bassa viscosità), sono resistenti ai raggi ultravioletti e agli inquinanti atmosferici e garantiscono un'ottima permeabilità al vapore. Il trattamento consolidante con poliuretani permette l'applicazione successiva di protettivi idrorepellenti siliconici e fluorurati.
Sono adatti al consolidamento di malte, murature, elementi lapidei e legname. Si applicano a pennello o, preferibilmente con iniettori.
Il prodotto dovrà possedere una idrofilia accentuata per permettere la penetrazione per capillarità anche operando su murature umide; deve possedere, prima della polimerizzazione, una viscosità intrinseca di circa 250 cPs a 25øC ed un residuo secco tra il 10 e il 35%
Dovranno possedere le seguenti proprietà:
- buona penetrabilità;
- assenza d'ingiallimento;
- elevata resistenza agli agenti atmosferici e ai raggi ultravioletti
- indurimento graduale ed estremamente lento;
- indurimento regolabile fino a 24 ore dopo l'applicazione;
- possibilità di asporto di eventuali eccessi dopo 24 dalla applicazione per mezzo di adatti solventi;
- reversibilità fino a 36 ore dopo l'applicazione;
- basso peso molecolare.

Art. 15.2.b.1c - Resine acriliche

Composti termoplastici ottenuti polimerizzando gli acidi acrilico e metacrilico, hanno una scarsa capacità di penetrazione (al massimo 1 cm), sono solubili in opportuni solventi organici e hanno una buona resistenza all'invecchiamento, alla luce e agli agenti chimici. Possiedono in genere una buona idrorepellenza che tende a decadere se il contatto con l'acqua si protrae per tempi superiori alle 100 ore. Inoltre, sempre in presenza di acqua, tendono a dilatarsi. Come consolidanti se ne consiglia l'impiego in miscela con resine siliconiche.

Art. 15.2.b.1d - Resine acril-siliconiche

Uniscono la resistenza e la capacità protettiva delle resine acriliche con l'adesività, l'elasticità, la capacità di penetrazione e la idrorepellenza delle resine siliconiche.
Disciolte in particolari solventi, risultano indicate per interventi di consolidamento di materiali lapidei specie quando si verifica un processo di degrado provocato dall'azione combinata di aggressivi chimici ed agenti atmosferici.
Sono particolarmente adatte per opere in pietra calcarea o arenaria.
Le resine acriliche e acril-siliconiche si dovranno impiegare con solvente aromatico, in modo da garantire una viscosità della soluzione non superiore a 10 cPs, il residuo secco garantito deve 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.
Non dovranno presentare in fase di applicazione (durante la polimerizzazione e/o essiccamento del solvente), capacità reattiva con acqua, che può portare alla formazione di prodotti secondari dannosi; devono disporre di una elevata idrofilia in fase di impregnazione; essere in grado di

aumentare la resistenza agli sbalzi termici eliminando i fenomeni di decoesione; non devono inoltre presentare ingiallimento nel tempo, ed essere in grado di resistere agli agenti atmosferici e ai raggi UV. Deve sempre essere possibile intervenire con adatto solvente per eliminare gli eccessi di resina.

Art. 15.2.b.1e - Polietilenglicoli o poliessietilene - Sono prodotti termoplastici, molto solubili, usati soprattutto per piccole superfici e su legnami, in ambiente chiuso.

Art. 15.2.b.1f - Estere etilico dell'acido silicico - (silicati di etile) - Monocomponente fluido, incolore, si applica in solvente, in percentuali (in peso) comprese fra 60 e 80%. Precipita per idrolisi, dando alcool etilico come sottoprodotto. è una sostanza basso-molecolare a base inorganica in solvente organico.

Viene impiegato soprattutto per arenarie e per pietre silicatiche, ma fornisce ottimi risultati anche su mattoni ed intonaci.

Ha una bassissima viscosità, per cui penetra profondamente anche in materiali poco porosi, va applicato preferibilmente con il sistema a compresse o per immersione; è tuttavia applicabile anche a pennello, a spruzzo con irroratori a bassa pressione, a percolazione. Il materiale da trattare va completamente saturato sino a rifiuto; si potrà ripetere il trattamento dopo 2,3 settimane.

Il consolidante completa la sua reazione a seconda del supporto dopo circa 4 settimane con temperatura ambiente di circa 20°C ed U.R del 40-50%.

In caso di sovradosaggio sarà possibile asportare l'eccesso di materiale, prima dell'indurimento, con tamponi imbevuti di solventi organici minerali (benzine).

Alcuni esteri silicici, miscelati con silossani, conferiscono una buona idrorepellenza al materiale trattato; costituiscono anche un prodotto di base per realizzare sbarramenti chimici contro l'umidità di risalita.

Molto resistente agli agenti atmosferici e alle sostanze inquinanti, non viene alterato dai raggi ultravioletti.

Dovrà possedere i seguenti requisiti:

- prodotto monocomponente non tossico;
- penetrazione ottimale;
- essiccamento completo senza formazione di sostanze appiccicose;
- formazione di sottoprodotti di reazione non dannosi per il materiale trattato;
- formazione di un legante stabile ai raggi UV, non attaccabile dagli agenti atmosferici corrosivi;
- impregnazione completa con assenza di effetti filmogeni e con una buona permeabilità al vapor d'acqua;
- assenza di variazioni cromatiche del materiale trattato.

Art. 15.2.b.2 - Consolidanti inorganici

Sono certamente duraturi, compatibili con il materiale al quale si applicano, ma irreversibili e poco elastici. Possono inoltre generare prodotti di reazione quali sali solubili. Per questi motivi il loro utilizzo andrà sempre attentamente vagliato e finalizzato, fatte salve tutte le prove diagnostiche e di laboratorio da effettuarsi preventivamente.

Art. 15.2.b.2.a - Calce - Applicata alle malte aeree e alle pietre calcaree come latte di calce precipita entro i pori e ne riduce il volume.

Non ha però le proprietà cementanti del $CaCO_3$ che si forma nel lento processo di carbonatazione della calce, per cui l'analogia tra il processo naturale ed il trattamento di consolidamento con calce o bicarbonato di calcio è limitata ad una analogia chimica, poiché tutte le condizioni di carbonatazione (temperatura, pressione, forza ionica, potenziale elettrico) sono molto diverse.

Ne consegue che il carbonato di calcio che precipita nei pori di un intonaco o di una pietra durante un trattamento di consolidamento non necessariamente eserciterà la stessa azione cementante di quello formatosi durante un lento processo di carbonatazione.

Il trattamento con prodotti a base di calce può lasciare depositi biancastri di carbonato di calce sulla superficie dei manufatti trattati, che vanno rimossi, a meno che non si preveda un successivo trattamento protettivo con prodotti a base di calce (grassello, scialbature).

Art. 15.2.b.2b - Idrossido di bario - $Ba(OH)_2$ - Si impiega su pietre calcaree e per gli interventi su porzioni di intonaco affrescato di dimensioni ridotte laddove vi sia la necessità di neutralizzare prodotti gessosi di alterazione. L'idrossido di bario è molto affine al $CaCo_3$, essendo, in partenza, carbonato di bario $BaCO_3$; reagisce con il gesso per dare $BaSO_4$ (solfato di bario), che è

insolubile. Può dar luogo a patine biancastre superficiali, ha un potere consolidante piuttosto basso e richiede l'eliminazione preventiva degli eventuali sali presenti in soluzione nel materiale.
Non porta alla formazione di barriera al vapore, in quanto non satura completamente i pori del materiale; per lo stesso motivo non esplica un'efficace azione nei confronti della penetrazione di acqua dall'esterno.
Come nel caso del trattamento a base di calce la composizione chimica del materiale trattato cambia solo minimamente; il prodotto consolidante (carbonato di bario, $BaCO_3$) ha un coefficiente di dilatazione termica simile a quello della calcite, è molto stabile ed è praticamente insolubile; se esposto ad ambiente inquinato da anidride solforosa, può dare solfato di bario ($BaSO_4$), che è comunque un prodotto insolubile. Viceversa non deve essere applicato su materiali ricchi, oltre al gesso, di altri sali solubili, con i quali può combinarsi, dando prodotti patogeni.
Art. 15.2.b.2c - Alluminato di potassio - $KALO_2$ - Può dare sottoprodotti dannosi. Come sottoprodotto si ha infatti idrossido di potassio, che, se non viene eliminato in fase di trattamento, può trasformarsi in carbonato e solfato di potassio, sali solubili e quindi potenzialmente dannosi.

Art. 15.2.c - Impregnanti per la protezione

I prodotti da usare per l'impermeabilizzazione corticale e la protezione dei materiali dovranno possedere caratteristiche specifiche eventualmente confortate da prove ed analisi da effettuarsi in laboratorio o direttamente in cantiere.
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 da utilizzarsi 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 di effetti collaterali e la 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%; atossicità.
Sarà sempre opportuno ad applicazione avvenuta provvedere ad un controllo (cadenzato nel tempo) sulla riuscita dell'intervento onde verificarne l'effettiva efficacia.
Polimeri organici - Avendo caratteristiche particolari, ricche di controindicazioni (scarsa capacità di penetrazione all'interno del manufatto, probabile alterazione cromatica dello stesso ad applicazione avvenuta; effetto traslucido) il loro utilizzo sarà limitato a casi particolari. La loro applicazione si potrà effettuare dietro esplicita richiesta della D.L. e/o degli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento.
Art. 15.2.c.1 - Idrorepellenti protettivi siliconici - Costituiscono una numerosa ed importante famiglia di idrorepellentii derivati dalla chimica del silicio generalmente conosciuti come siliconi.
I protettivi siliconici sono caratterizzati da comportamenti e performance tipici delle sostanze organiche come l'idrorepellenza, e nel contempo la resistenza chimico-fisica delle sostanze inorganiche apportate del gruppo siliconico presente.
In questo grande gruppo di protettivi esistono prodotti più o meno indicati per l'impiego nel settore edile. Le cattive informazioni e l'inopportuna applicazione dei protettivi ha causato notevoli danni al patrimonio monumentale ed è pertanto fondamentale la conoscenza delle caratteristiche dei prodotti da utilizzare. Il loro utilizzo sarà sempre subordianto a specifica attuazione del D.L. e degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto.
Art. 15.2.c.1a - Resine siliconiche - Generalmente vengono utilizzate resine metil-siliconiche diluite con solventi organici quali idrocarburi, xilolo, rage minerali. La concentrazione da utilizzare non deve essere inferiore al 5% in peso. Le resine siliconiche a causa dell'elevato peso molecolare non sono consigliate sui supporti compatti e poco assorbenti, inoltre le resine metil-siliconiche a causa della scarsa resistenza agli alcali sono consigliate su materiali scarsamente alcalini.
In altri casi è possibile utilizzare le resine siliconiche come leganti per malte da ripristino per giunti.

Art. 15.2.c.1b - Silossanici oligomeri - Generalmente alchil-silossani costituiti da 4 a 10 atomi di monomeri silanici condensati, sono prepolimeri reattivi che reagendo all'interno dei materiali lapidei con l'umidità presente polimerizzano in situ, formando resine siliconiche. I silossani oligomeri sono d'impiego generalmente universale e, a differenza delle resine siliconiche, manifestano una più elevata penetrazione, e quindi una miglior protezione nel tempo, su supporti compatti e scarsamente assorbenti.
Gli alchil-silossani oligomeri grazie al gruppo alchilico, generalmente con medio o alto peso molecolare, offrono sufficienti garanzie contro l'aggressione delle soluzioni alcaline.
Art. 15.2.c.1c - Alchil-silani - Protettivi costituiti da monomeri reattivi polimerizzanti in situ che possiedono un'elevatissima capacità di penetrazione dovuta al basso peso molecolare e quindi la capacità di idrofobizzare i capillari più piccoli (10 A) e di combattere la penetrazione dei cloruri e dei sali solubili.
Grazie al loro basso peso molecolare gli alchil-silani sono utilizzati concentrati normalmente dal 20 al 40% in peso in casi particolari si possono utilizzare anche al 10%, cioè permette di ottenere ottime impregnazioni su supporti particolarmente compatti e scarsamente assorbenti. Gli alchil-silani devono essere impiegati su supporti alcalini e silicei e non sono adatti per l'applicazione su marmi carbonatici.
Tuttavia alchil-silani modificati danno ottimi risultati sul travertino Romano e Trachite.
Una nuova generazione di alchil-silani idrosolubili sta dando ottimi risultati nelle barriere chimiche contro la risalita capillare e nella protezione del cotto e del tufo.
Recenti sperimentazioni dimostrano l'applicazione degli alchil-silani idrosolubili nel blocco totale dei sali solubili presenti in supporti lapidei porosi ed assorbenti quali il tufo.
Art. 15.2.c.1d - Olii e cere - Quali prodotti naturali sono stati usati molto spesso, anche anticamente a volte in maniera impropria, ma in determinate condizioni e su specifici materiali ancora danno ottimi risultati per la loro protezione e conservazione con il grosso limite però di una scarsa resistenza all'invecchiamento.
L'olio di lino è un prodotto essicativo formato da gliceridi di acidi grassi insaturi . Viene principalmente usato per l'impregnazione del legno, così pure di pavimenti e materiali in cotto. Gli olii essicativi si usano normalmente dopo essere stati sottoposti a una particolare cottura, per esaltarne il potere essicativo. L'olio di lino dopo la cottura (250-300°C) si presenta molto denso e vischioso, con colore giallo o tendente al bruno.
Le cere naturali, microcristalline o paraffiniche, vengono usate quali validi protettivi per legno e manufatti in cotto (molto usate sui cotti le cere steariche bollite in ragia vegetale in soluzione al 20%; sui legni la cera d'api in soluzione al 40% in toluene).
Questi tipi di prodotti prevedono comunque sempre l'applicazione in assenza di umidità, che andrà pertanto preventivamente eliminata. Per le strutture lignee si potrà ricorrere al glicol polietilenico (PEG) in grado di sostituirsi alle molecole d'acqua che vengono allontanate.
Ad ogni modo olii e cere, applicati normalmente a pennello, non vanno usati su manufatti in cotto in esterno, esposti alle intemperie ed all'atmosfera, possibili terreni di coltura per batteri ed altri parassiti.

Art. 16 - DIAGNOSTICA

Art. 16.1 - - Indagini diagnosi e materiali. Tecniche e strumenti nel rispetto dei criteri e indicazioni N.O.R.M.A.L. per il Restauro

Art. 16.1.a - Generalità
Una campagna diagnostica effettuata su qualsiasi tipo di materiale deve permettere innanzitutto di individuare le caratteristiche fisico-chimiche oltre che del materiale specifico, anche dei prodotti derivati dai processi di alterazione, per redigere successivamente una mappatura del degrado sulla base degli elaborati di rilievo.

Ogni tipo di indagine andrà preventivamente discussa con la Direzione Lavori relativamente al tipo di operazione da effettuarsi e alla zona del prelievo. Campagne ed analisi si potranno affidare ad istituti, ditte, laboratori specializzati che dovranno operare secondo specifica normativa e le più recenti indicazioni NORMAL. La scelta degli operatori dovrà sempre essere discussa ed approvata dal Progettista, dal D.L. e dagli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento.

L'anamnesi storica può essere molto utile in quanto arriva sovente a documentare trattamenti protettivi o di finitura realizzati in passato, quando non si riescono addirittura a recuperare informazioni che testimoniano la provenienza ed il tipo di lavorazione del materiale.

Art. 16.1.b - Pietre

Si dovrà inizialmente effettuare un primo esame visivo in modo da distinguere le caratteristiche macroscopiche della pietra: colore, abito cristallino, piani di sfaldatura, piani di sedimentazione, patologie di degrado, giungendo anche ad identificare il tipo mineralogico senza praticare prelievi.
Si potrà successivamente ricorrere a prove ottiche non distruttive (processi termovisivi e fotografici, all'infrarosso e a luce radente) per individuare discontinuità, alterazioni superficiali, quadro fessurativo, zone imbibite d'acqua, distaccate o comunque alterate.
Le prove per determinare con precisione le caratteristiche fisico-chimiche del materiale sono per lo più a carattere minimamente distruttivo: sarà pertanto da prevedere il prelievo di almeno un campione, delle dimensioni di 2 x 3 x 1 cm (pochi grammi). La portata distruttiva potrà essere ulteriormente limitata avendo l'accortezza di prelevare anche parti di roccia degradata, magari in frammenti già distaccati dalla matrice (croste nere, esfoliazioni), eventuali talli o parti di organismi biologici presenti, e, mediante impacchi di sostanze solventi, anche campioni delle sostanze presenti come macchie.
I campioni prelevati dovranno essere sottoposti ad analisi petrografica e ad analisi chimica.

L'analisi petrografica dovrà definire, osservando al microscopio sezioni sottili di materiale, la sua struttura mineralogica, la genesi e la provenienza.
In particolare l'analisi diffrattometrica ai raggi X sarà utile per definire la composizione cristallina delle croste nere, oltre ad identificare componenti argillose. Quest'ultima operazione sarà indispensabile per stabilire il tipo di intervento di pulitura da adottare, in presenza di argilla bisognerà infatti evitare l'impiego di acqua, data la sua tendenza ad imbibirsi, aumentando di volume.

L'analisi chimica dovrà identificare e quantificare le sostanze presenti nel campione.
Si dovrà avvalere di prove di laboratorio quali:
- la microanalisi;
- la fluorescenza ai raggi X;
- la spettrometria;
- la fotometria;
- la colorimetria.

Si dovranno inoltre effettuare le analisi delle croste, delle macchie, oltre alle prove per verificare la presenza di acqua e di sali solubili.
Per la identificazione della microflora, posto che la macroflora possa essere identificata senza ricorrere ad analisi specifiche, si dovrà ricorrere a ricerche al microscopio, su sezioni sottili, o a colture su terreni selettivi, in modo da permettere di indirizzare l'intervento biocida.
Sui materiali lapidei a pasta porosa in genere, sarà opportuno eseguire una serie di prove atta ad approfondire la natura fisico-chimica del materiale. L'insieme minimo di prove che dovranno essere seguite sono le seguenti: assorbimento d'acqua, porosità, carico di rottura a compressione, prima e dopo il trattamento con materiali o resine consolidanti.
Assorbimento d'acqua - La prova consiste nel posizionare sul punto il tubo di Karsten all'interno del quale si aggiunge dell'acqua deionizzata fino al raggiungimento della tacca zero. A questo punto inizia la misura del tempo di assorbimento con un cronometro. Il contenuto d'acqua nei tubi viene misurato dopo 90 secondi, 5, 10 e 15
minuti.

La differenza del valore dopo 5 e 15 minuti corrisponde alla quantità d'acqua assorbita da una superficie di 5 cmq in un intervallo di tempo di 10 minuti e viene indicata come grado di assorbimento. Il grado di assorbimento ottenuto durante i primi 90 secondi viene misurato per osservare la penetrazione iniziale del liquido.
In linea di massima i valori di assorbimento più elevati (per uno stesso materiale) si riferiranno a materiale che ha già subito un certo grado di alterazione.
Misure di porosità - Le misure di porosità saranno eseguite con porosimetro a mercurio.
Prove con resine - Su provini di materiale, si effettueranno prove di assorbimento di resina consolidante prima della scelta definitiva di questa per la valutazione sia della sua capacità consolidante che della penetrabilità per assorbimento capillare.
I provini saranno immersi parzialmente in una soluzione opportuna della resina da esaminare; questa, per capillarità, imberrà il materiale.
Dopo un periodo di tempo definito si valuterà la differenza di peso dovuta all'impregnazione da parte della resina. Poiché la resina sarà utilizzata in adatto solvente, per garantire una buona penetrabilità, prima della valutazione della quantità assorbita, sarà necessario attendere che il solvente sia completamente evaporato (valutazione del residuo secco).
Prove su campioni trattati - Per valutare l'efficacia del trattamento di consolidamento e l'opportunità della scelta del tipo di resina nonché la sua corretta modalità di applicazione sarà opportuno ripetere le prove di cui sopra, su campioni preventivamente trattati.
Si potranno effettuare ulteriori prove per meglio valutare la correttezza dell'intervento. Sinteticamente vengono qui elencate:

- invecchiamenti artificiali mediante cicli di gelo e disgelo e cicli di cristallizzazione dei sali solubili;
- attacchi acidi mediante spray di soluzioni di acido solforico e/o cloridrico, in diverse condizioni termoigrometriche;
- esposizione alla radiazione ultravioletta;
- misure di assorbimento d'acqua in fase di vapore;
- misure di assorbimento d'acqua per capillarità.
- Misure colorimetriche

Art. 16.1.c - Metalli

I manufatti metallici potranno essere oggetto di due ordini di indagini conoscitive: indagini volte a determinare la natura del materiale e indagini volte a valutare la funzionalità strutturale del medesimo.
Nel caso dei metalli, a parte alcuni aspetti del degrado del cemento armato, l'esame visivo potrà essere già sufficiente all'individuazione delle patologie di degrado nella loro globalità. Per la determinazione degli aspetti chimici bisognerà invece ricorrere a prove strumentali.
Fra queste, le analisi chimiche e metallografiche minimamente distruttive servono a stabilire la composizione chimica del metallo e delle patine. Si effettuano su campioni di piccolissima dimensione, adatti alla realizzazione di sezioni microscopiche e metallografiche (pochi grammi). Le analisi non differiscono, pur avendo una propria specificità, da quelle mineralogiche; in particolare anche per i metalli è consigliabile l'indagine per diffrazione ai raggi X, o l'elettrografia per emissione, che sono in grado di stabilire la composizione dei materiali cristallini che si formano sulla superficie del manufatto a seguito delle reazioni patogene. La conoscenza della composizione chimica dei metalli e delle sostanze presenti sulla loro superficie può agevolare la scelta dei prodotti detergenti, che devono in molti casi essere selettivi.
Le indagini strutturali comprendono invece prove non distruttive, come la termografia, la gammagrafia, la radiografia a raggi X, la fotografia ad infrarosso e a luce radente e prove minimamente distruttive, come quelle per la determinazione della resistenza del metallo, che prevede una campionatura piuttosto consistente.
In particolare la termovisione permette di valutare le modalità di diffusione della temperatura in una struttura e lo scambio termico con l'intorno, che determinano movimenti anche di grande

ampiezza, in rapporto alle dimensioni del manufatto e che possono essere all'origine di dissesti, soprattutto se i vincoli non sono in buono stato di conservazione.
Metal detector, magnetometria, termografia, ultrasuoni, radar e altre tecniche possono consentire di determinare la posizione dei ferri di armatura in strutture di cemento armato.
Complemento inscindibile delle indagini diagnostiche su strutture metalliche sarà la verifica statica: dovrà essere realizzata con elaborazioni di calcolo impostate sui principi della statica e della scienza delle costruzioni, prendendo in considerazione le caratteristiche del materiale (geometriche e chimiche), l'entità dei carichi d'esercizio, le tensioni ammissibili, i vincoli e le loro condizioni, lo schema strutturale e i possibili effetti di incendi e di eventi eccezionali (in particolare sismi e alluvioni). La verifica, per essere valida, si dovrà avvalere di rilievi adeguati e dei risultati delle prove diagnostiche e generalmente si avvale di prove di carico che possono anche avere valore di collaudo.

Art. 17 - MODO DI ESECUZIONE DI OGNI CATEGORIA DI LAVORO

Art. 17.0 - Mappatura e Documentazione Fotografica

In ogni cantiere il restauratore dovrà sempre eseguire prima, durante e a fine lavori la documentazione grafica (mappatura NORMAL) e fotografica (digitale) dello stato di fatto e degrado e di intervento (restauro) anche in relazione a precedenti cantieri di restauro/manutenzione. Dovrà essere inoltre redatto specifico giornale di cantiere dei lavori.

Art. 17.1 - Opere provvisionali

È dovuto il progetto d'opera redatto da tecnico abilitato.
Si renderà opportuno, prima di qualsiasi opera di intervento predisporre uno studio preventivo e razionale dell'impianto di cantiere. Comprenderà la distribuzione di tutti i servizi inerenti la costruzione e tendenti a rendere il lavoro più sicuro e spedito.
Il Ponteggio tipo dovrà essere uguale per tutte le singole statue

- Ponteggi in legno fissi: NON sono AMMESSI
- Ponteggi a sbalzo contrappesati o con piedi e montanti nella "canaletta dell'Isola Memmia" dovranno essere limitati a casi eccezionali e rispondere alle seguenti norme:
  1) il tavolato non dovrà presentare alcun interstizio e non dovrà sporgere dalla statua più di m 1,20;
  2) i traversi di sostegno dovranno prolungarsi all'interno ed essere collegati rigidamente tra di loro con robusti correnti,
  3) le sollecitazioni date dalle sbadacchiature andranno ripartite almeno su una tavola;
  4) i ponteggi a sbalzo contrappesati saranno limitati al solo caso in cui non sia possibile altro accorgimento tecnico per sostenere il ponteggio.
- Ponteggi metallici a struttura modulare Sono ammessi tutti i Ponteggi metallici a struttura modulare tipo ALFIX, ALFIX MODUL, LAYER, PLETTAC CONTUR, ecc., purché a norma e dotati di libretto di collaudo e istruzioni di montaggio e manutenzione.
  I Ponteggi metallici a struttura scomponibile o modulare: Andranno montati da personale pratico e fornito di attrezzi appropriati. Si impiegheranno strutture munite dell'apposita autorizzazione ministeriale che dovranno comunque rispondere ai seguenti requisiti:
  1) gli elementi metallici (aste, tubi, giunti, basi) dovranno portare impressi a rilievo o ad incisione il nome o marchio del fabbricante;
  2) le aste di sostegno dovranno essere in profilati o in tubi senza saldatura;
  3) l'estremità inferiore del montante dovrà essere sostenuta da una piastra di base a superficie piatta e dimensioni adeguate per garantire la sicurezza del ponteggio e della superficie d'appoggio;
  4) i ponteggi dovranno essere controventati sia in senso longitudinale che trasversale, e ogni controventatura dovrà resistere sia a compressione che a trazione;

5) i montanti di ogni fila dovranno essere posti ad interassi maggiori o uguali a m 1,80;
6) le tavole che costituiscono l'impalcato andranno fissate, in modo che non scivolino sui travi metallici;

Caratteristiche tecniche dei ponteggi tipo PLETTAC CONTUR:

Il ponteggio che forma la struttura è di tipo multidirezionale, costituito da elementi in acciaio zincato a caldo di diam. 48 mm.
Il fissaggio tra gli elementi è garantito da sistemi di morse in acciaio pressofuse, con cunei solidali alla morsa che permettano una chiusura dl sicurezza con la rosetta del montante portante. La rosetta è saldata al montante in tutta la sua circolarità e ha 8 fori, di cui 4 fori piccoli posti a 90^0 che non consentano oscillazioni degli elementi longitudinali (correnti), e 4 fori grandi, posti a 45^0; inoltre devono permettere un angolazione e una correzione del ponteggio di almeno 15°
Le rosette devono sopportare il carico totale in corrispondenza delle morse dei correnti di almeno 60 kN (ipotizzando 8 elementi collegati).
Il sistema prevede la possibilità di variare i passi delle stilate da un minimo di 25 cm ad un massimo di 300 cm ed i montanti possono essere assemblati affiancati in modo solidale nel caso di strutture con carichi particolari. Il ponteggio quindi avrà tutti gli elementi ed accessori per il montaggio di questi passi (diagonali, tavole metalliche, correnti, ferma piedi e quant'altro previsto dalle normative vigenti

Tutti i Ponteggi

- dovranno essere chiusi perimetralmente da idoneo recinto di cantiere realizzato in tavolato (h.> mt. 2,5/3 s > cm. 2) chiuso da portone e catena con lucchetto antieffrazione e chiavi
- dovranno essere dotati della segnaletica diurna e notturna di legge e di copertura fissa antipioggia/neve, idonea a resistere a eventuali sollecitazioni (carichi/neve) e turbolenze (vento)
- dovranno essere dotati di cartello di cantiere (L.2,00 x H.3,00 mt.) su indicazione del Direttore Lavori.
- A fine lavori l'area dovrà essere perfettamente sgombrata e pulita entro i successivi sette giorni

- Puntelli: interventi provvisori per assorbire le azioni causanti il fenomeno di dissesto dell'elemento strutturale, sostituendosi sia pure in via provvisoria, a questo. Potranno essere realizzati in legno, profilati o tubolari di acciaio o in cemento armato, unici ad un solo elemento, o multipli, a più elementi, formati, anche dalle strutture articolate.
  L'impiego dei puntelli è agevole e immediato per qualsiasi intervento coadiuvante: permetterà infatti di sostenere provvisoriamente, anche per lungo periodo, qualsiasi parte della costruzione gravante su elementi strutturali pericolanti.
  I puntelli sono sollecitati assialmente, in generale a compressione e, se snelli, al carico di punta. Pertanto dovranno essere proporzionati al carico agente e ben vincolati: alla base, su appoggi capaci di assorbire l'azione che i puntelli stessi trasmettono; in testa, all'elemento strutturale da sostenere in un suo punto ancora valido, ma non lontano dal dissesto e con elementi ripartitori (dormiente, tavole). Il vincolo al piede andrà realizzato su parti estranee al dissesto e spesso alla costruzione.
  I vincoli dovranno realizzare il contrasto con l'applicazione di spessori, cunei, in legno di essenza forte o in metallo.

Art. 17.2 - Pulitura dei materiali lapidei e laterizi

Art. 17.2.a - Generalità

La pulitura consiste in una serie di operazioni per rimuovere dalla superficie di un materiale le sostanze estranee, patogene generatrici di degrado, che si avvale di metodi fisici e/o chimici da impiegare con gradualità e intensità diversa in rapporto al tipo di sostanza che si intende eliminare.

Per questo motivo risulta certamente un'operazione tra le più complesse e delicate all'interno del progetto di conservazione, e che quindi necessita di un'attenta analisi del quadro patologico generale, di una approfondita conoscenza della specifica natura del degrado, dello stato di consistenza fisico-materica dei manufatti. Un livello di conoscenza indispensabile per verificare la natura del supporto e dell'agente patogeno, per determinare il processo chimico che innesca il degrado e, di conseguenza, la scelta dei prodotti e delle metodologie più appropriate di intervento (raccomandazioni NORMAL).
All'Appaltatore sarà, quindi, vietato effettuare qualsiasi tipo di operazione e l'utilizzo di prodotti, anche prescritti, senza la preventiva esecuzione di prove applicative o esplicita autorizzazione della D.L. In ogni caso ciascun intervento di pulitura dovrà esclusivamente preoccuparsi di eliminare tutte quelle forme patologiche in grado di generare degrado al manufatto, senza pensare quindi all'aspetto estetico e cromatico post-intervento. Qualsiasi operazione di pulitura infatti genera un'azione comunque abrasiva nei confronti dei materiali, andando sempre e in ogni modo ad intaccare (seppur minimamente) la loro pellicola naturale (pelle) che si dovrà cercare di conservare integralmente. I singoli interventi vanno realizzati puntualmente, mai in modo generalizzato, partendo sempre e comunque da operazioni più blande passando via a quelle più forti ed aggressive.
In particolare fra i manufatti impiegati in edilizia i materiali a pasta porosa (pietre, marmi, cotti) sono quelli che risentono maggiormente dell'interazione con gli agenti endogeni ed esogeni (Vedi B, ART.11 per i prodotti da utilizzarsi).
La loro superficie, già profondamente caratterizzata e segnata superficialmente dalla eventuale lavorazione, diviene, una volta in opera, terreno di una serie delicatissima di modificazioni, legate alle condizioni al contorno e determinate dall'esposizione agli agenti atmosferici.
In primo luogo a contatto con l'aria si ha una variazione delle caratteristiche chimiche e fisiche della superficie, dove si forma, nell'arco di anni, una patina ossidata più o meno levigata.
La patina può esercitare un'azione protettiva sul materiale retrostante, ne determina la facies cromatica e, in definitiva, ne caratterizza l'effetto estetico. La patina naturale è il prodotto di un lento processo di microvariazioni ed è quindi una peculiarità del materiale storico; non solo, ma la sua formazione su manufatti esposti alle attuali atmosfere urbane è totalmente pregiudicata dall'azione delle sostenze inquinanti che provocano un deterioramento degli strati esterni molto più rapido della genesi della patina.
Al naturale processo irreversibile di graduale formazione di patine superficiali non deteriogene si sono sostituiti, negli ultimi decenni, meccanismi di profonda alterazione innescati dalle sostanze acide presenti nell'atmosfera inquinata. Sostanze che hanno una grande affinità con acqua e con la maggioranza dei materiali a pasta porosa. La formazione di croste o la disgregazione superficiale sono i risultati più evidenti di questa interazione.
La pulitura dei materiali porosi deve quindi in primo luogo rimuovere dalla loro superficie le sostanze patogene, rispettando la patina naturale, quando esista ancora, ed allontanando i prodotti di reazione (croste nere, efflorescenze, macchie) che possono proseguire l'azione di deterioramento.
Inoltre, dal momento che nella maggior parte dei casi si interviene su materiale già profondamente degradato, il trattamento di pulitura deve essere attentamente calibrato: non deve provocare un ulteriore indebolimento, a livello micro o macroscopico, esercitando un'azione troppo incisiva; non deve asportare frammenti indeboliti, decoesionati o esfoliati; non deve attivare sostanze che possono risultare dannose; deve arrestarsi, per proseguire con altre tecniche, qualora l'asportazione dei depositi possa compromettere l'integrità del materiale.

Art. 17.2.b - Sistemi di pulitura

Un primo livello di pulitura tende a rimuovere essenzialmente i depositi incoerenti (generalmente formati da particellato atmosferico, carbonioso o terroso) che si accumulano per gravità o dopo essere state veicolate da acqua atmosferica o di risalita (efflorescenze saline) e che non realizzano alcun tipo di coesione o di reazione con il materiale sottostante. Questo tipo di deposito possiede una debole potenzialità patogena, che varia moltissimo in rapporto alla composizione delle sostanze e al materiale su cui si sedimentano. Anche i tempi di aggressione possono essere

differenti, e dipendono dalla presenza o meno di sostanze attivatrici (perlopiù l'acqua, che entra in quasi tutte le reazioni patogene) o catalizzatrici.
Un secondo livello di pulitura prevede la rimozione di depositi composti esclusivamente o prevalentemente da sostanze allogene che tendono a solidarizzarsi alla superficie del manufatto con un legame essenzialmente meccanico, senza intaccare (o intaccando in minima parte) la natura chimica del materiale. L'entità e la coesione di questi depositi dipende dalla porosità del materiale. Le sostanze da rimuovere possono essere ancora particellato atmosferico, penetrato in profondità, magari veicolato da acqua, oppure sali (carbonati) depositati per esempio da acqua di dilavamento, o presenti come macchie.
Un terzo livello di pulitura prevede invece la rimozione dello strato superficiale che si forma sul materiale allorché le sostanze esterne, volatili o solide, si combinano con il materiale di finitura, mutandone la composizione chimica e dando origine a prodotti secondari, di reazione: è il caso dell'ossido di ferro (ruggine) che si forma sulle superfici metalliche, o dei prodotti gessosi che vengono definiti croste, in ragione del loro aspetto, che si formano sui materiali lapidei. Perdurando l'apporto delle sostanze patogene dall'esterno, si ha un progresso continuo dell'attacco in profondità, con distacco e caduta delle parti esterne degradate.
Per rimuovere i materiali incoerenti sono sufficienti blandi sistemi meccanici: aspiratori, stracci, scope e spazzole in fibra vegetale - saggina - (meno incisive di quelle in materiale sintetico), aria compressa. Questi metodi possono venire integrati dall'impiego puntuale di bisturi, spatole, piccole spazzole in nailon o metalliche.
Per rimuovere i depositi fortemente coesi e solidarizzati i metodi sopra elencati possono essere integrati da cicli di pulitura più incisivi, che trovano larga applicazione soprattutto nel trattamento dei materiali di rivestimento e, in generale, di pietre, murature, malte e, in molti casi (ad esclusione dei sistemi che impiegano acqua), anche di legno e metalli.

Art. 17.2.b.1 - Sistemi di pulitura meccanici

Art. 17.2.b.1a - Spray di acqua/Nebulizzazione - A bassa pressione (3-4 atmosfere). Uno dei metodi meno abrasivi; i risultati migliori si ottengono nebulizzando o, meglio, atomizzando l'acqua, utilizzando appositi ugelli, in numero adeguato alla superficie da pulire: le goccioline d'acqua rimuovono i composti solubili e, data la piccola dimensione, raggiungono capillarmente la superficie da trattare. Non si potranno trattare materiali che possono essere danneggiati dall'acqua (molti tipi di rivestimenti, oltre, naturalmente, a legno e metalli) o che sono formati da sostanze solubili o comunque poco resistenti all'azione solvente dell'acqua (come molte pietre, malte e pitturazioni). Dato che il sistema, per essere efficace, richiede tempi di esercizio piuttosto ampi (1-2 giorni), è opportuno provvedere alla raccolta dell'acqua impiegata in grande quantità, effettuando il trattamento in periodi caldi. è fondamentale impiegare acqua deionizzata, priva di impurità e di sali in soluzione, che si depositerebbero sulla superficie trattata. Le particelle d'acqua dovranno avere dimensioni medie comprese tra 5 e 10 micron.
L'irrorazione utilizzerà un pressione di circa 3 atmosfere. L'operazione dovrà essere effettuata con temperatura esterna di almeno 14 gradi centigradi ed effettuata ad intervalli regolari, in ogni caso il tempo di intervento non dovrà mai eccedere le 4 ore consecutive di apporto d'acqua per evitare l'eccessiva impregnazione da parte delle murature. La produzione di acqua deionizzata si potrà affettuare in cantiere tramite utilizzo di specifica apparecchiatura con gruppo a resine scambioioniche di portata sufficiente a garantire una corretta continuità di lavoro, gruppo motopompa a rotore in PVC per la adduzione dell'acqua deionizzata di alimentazione ai nebulizzatori, la formazione di adatti circuiti idraulici con tubi in PVC per la distribuzione ad un sufficiente numero di ugelli nebulizzatori completi di rubinetti per la limitazione del flusso, tubi terminali flessibili con ugelli conici per la regolazione fine della sabbia di uscita. In ogni caso l'adatto tempo di intervento sarà da determinarsi su zone campione a tempi crescenti concordati con la D.L.
Art. 17.2.b.1b - Argille assorbenti - Se vi sono problemi di esercizio legati all'acqua dispersa, si può applicare sul materiale di superficie un impacco di speciali argille (attapulgite e sepiolite, due silicati idrati di magnesio, oppure bentonite) imbibite di acqua, dopo aver bagnato anche il materiale con acqua distillata. In un primo momento l'acqua solubilizza i composti gessosi delle croste e gli eventuali sali presenti; l'argilla agisce poi da spugna, cedendo vapore acqueo

all'atmosfera e assorbendo acqua dal materiale cui è applicata, con tutte le sostanze in soluzione, che vengono asportate con l'impasto, una volta che si sia essiccato. La granulometria dei due tipi di argilla dovrà essere di almeno 100-220 Mesh. Dovranno essere preparate diluendole esclusivamente con acqua distillata o deionizzata fino a raggiungere una consistenza pastosa che consenta la loro lavorazione in spessori di 2-3 cm. Per rallentare il processo di evaporazione dell'acqua potranno essere sigillate con fogli di polietilene. Potranno inoltre essere caricate con resine scambiatrici di ioni.

Art. 17.2.b.1c - Apparecchiatura laser - L'apparecchiatura selettiva laser, ad alta precisione, è in grado di rimuovere depositi carbogessosi da marmi e da materiali di colore chiaro. Sottoposti ad impulsi successivi (spot) di raggio laser, i depositi di colore scuro vengono portati istantaneamente ad altissima temperatura e vaporizzati senza apprezzabile propagazione di calore e di vibrazioni alle parti sottostanti di colore chiaro, che riflettono il raggio. Il laser permette di rispettare integralmente la patina di materiali sui quali siano presenti croste e depositi nerastri; per contro ha alti costi di esercizio, dovuti alla specificità dell'apparecchiatura (presente in Italia in pochissimi esemplari) e ai tempi di intervento.

Art. 17.2.b.1d - Microaeroabrasivo - La microsabbiatura di precisione tramite microaeroabrasivo utilizza aria compressa disidratata e ugelli in grado di proiettare microsfere di vetro o di allumina del diametro di qualche decina di micron. Il vantaggio dell'impiego della microsabbiatura risiede nella possibilità di esercitare l'azione abrasiva con grande puntualità e con gradualità, anche in zone particolarmente sfavorevoli (sottosquadri, cornici), regolando la pressione di esercizio (0.5-1.5 atm); per essere impiegata al meglio, e per la delicatezza dell'apparecchiatura, richiede l'intervento di operatori particolarmente qualificati e su superfici poco estese. è particolarmente indicata sui materiali lapidei.

Art. 17.2.b.1e - Ultrasuoni - Utilizzati generalmente in veicolo acquoso, richiedono una notevole perizia nell'impiego in quanto possono generare microfratture all'interno del materiale. Sempre da utilizzarsi in maniera puntuale e dietro autorizzazione specifica della D.L.

Art. 17.2.b.1f - Sabbiatura - Assolutamente da non impiegarsi su manufatti porosi e degradati può diventare utile su superfici molto compatte, utilizzando abrasivi sintetici o naturali a pressioni piuttosto basse (500-2000 g/m2). La sabbiatura è ottimale per la pulitura a metallo bianco di parti in ferro ossidate (in questo caso le pressioni sono maggiori e gli abrasivi possono anche essere metallici) e anche per la rimozione di vernici e pitturazioni da parti in legno, sempre e comunque utilizzando abrasivi ben calibrati a pressioni controllate dietro esplicita richiesta della D.L. e sua autorizzazione.

Art. 17.2.b.1g - Altri sistemi di pulitura meccanici, sono assolutamente da non impiegarsi in quanto possono comportare la distruzione sistematica della superficie del materiale sottoposto a trattamento e quindi inaccettabili dal punto di vista conservativo. Non sono quindi da impiegare: l'idrosabbiatura, la sabbiatura ad alta pressione, l'uso di spazzole rotanti in ferro, di scalpelli o di dischi e punte abrasive, l'impiego di acqua o vapore ad alta pressione e temperatura.

Art. 17.2.b.2 - Sistemi di tipo chimico

Da impiegarsi su superfici ridotte ed in maniera puntuale. Per pulire murature e paramenti da croste, da macchie o da strati sedimentati di particellato, cere, film protettivi.

Si basano sull'applicazione di reagenti che intaccano le sostanze leganti dei depositi; sono per lo più sali (carbonati) di ammonio e di sodio, da applicare con supporti di carta giapponese o compresse di cellulosa, per tempi che variano da pochi secondi a qualche decina di minuti, a seconda del materiale da trattare e dello spessore delle croste. Fra i prodotti più usati l'AB57, utilizzato per i materiali lapidei (vedi B, ART.11).

Art. 17.2.b.2a - Altre tecniche di pulitura di tipo chimico, da usarsi con la massima cautela e solo per limitate casistiche, prevedono l'aspersione delle superfici dei materiali con:

- acidi - cloridrico, fosforico, fluoridrico (possono creare sottoprodotti quali sali insolubili oltre che corrodere il carbonato di calcio);
- alcali - a ph 7-8, come il bicarbonato di ammonio e o di sodio, da non impiegarsi per calcari e marmi porosi (possono portare alla formazione di sali);
- carbonato di ammonio - diluito al 20% in acqua, utile ad eliminare sali di rame;

- solventi basici - per la eliminazione degli oli (butilammina, trietanolammina);
- solventi clorurati - per la eliminazione di cere.

Questi prodotti estendono quasi sempre la loro azione anche al materiale sano e portano alla comparsa di macchie, vanno quindi attentamente calibrati, testati e finalizzati in relazione al supporto:

- solventi alifatici o verniciatori - per rimuovere anche notevoli spessori di vernice da legno e metallo senza intaccare il materiale sottostante (toluene, metanolo e ammoniaca per vernici e bitume);
- impacchi biologici - per la pulitura dei materiali lapidei da croste nere, che consistono nell'applicazione di prodotti a base ureica in impasti argillosi, da coprire con fogli di polietilene e da lasciare agire per diverse decine di giorni, prima di rimuovere il tutto e disinfettare la superficie trattata. L'efficacia dell'impacco biologico è legata allo sviluppo di colonie di batteri che intaccano i leganti gessosi delle croste.

Nella scelta di uno dei sistemi di pulitura presentati o di più sistemi da impiegare sinergicamente, bisogna considerare che l'azione di rimozione del materiale di deposito può comunque intaccare irreversibilmente anche la superficie da pulire. Spesso è impossibile rimuovere completamente i depositi dalla superficie dei materiali senza distruggerla: è il caso in cui le sostanze esterne siano penetrate troppo in profondità, o siano fissate così solidamente da essere raggiunte dai sistemi di pulitura. In questi casi è conveniente rinunciare ad un intervento approfondito, a meno che ciò non sia pregiudizio per la durata del materiale stesso.
Non è infrequente il caso, inoltre, in cui il materiale da pulire (generalmente pietra, intonaco, legno, pitture) sia già profondamente degradato, al punto che ogni azione meccanica, compresa l'applicazione degli impacchi, comporterebbe la caduta di parti esfoliate o rese incoerenti. è allora consigliabile procedere ad un operazione di preconsolidamento, applicando sulla superficie da trattare, o nelle zone maggiormente compromesse, dei preparati consolidanti. Così fissato, il materiale può essere pulito, ma può darsi il caso (quando il preconsolidamento è richiesto dalla mancanza di coesione delle parti superficiali) che ulteriori operazioni di pulitura siano impossibili. Spesso il preconsolidamento è richiesto non tanto dal forte decoesionamento del materiale, quanto dall'impiego di tecniche di pulitura piuttosto energiche in presenza di lesioni o distacchi anche lievi; in questi casi, dopo la pulitura, il consolidante impiegato preventivamente può anche essere rimosso, a condizione che si tratti di sostanze reversibili.

Art. 17.3 - Bonifica da macro e microflora

Un particolare tipo di pulitura è quello che riguarda la bonifica dell'ambiente circostante al materiale, o la sua stessa superficie, da vegetazione inferiore o superiore: muschi, licheni, alghe, apparati radicali di piante infestanti. Questi trattamenti possono essere effettuati in maniera meccanica e/o spargendo disinfestanti liquidi (da applicare a pennello o con apparecchiatura a spruzzo), in gel o in polvere, ripetendo il trattamento periodicamente. è necessario impiegare prodotti la cui capacità tossica decada rapidamente, in modo da non accumularsi nel terreno, e la cui efficacia sia il più possibile limitata alle specie invasive da eliminare.
Questi tipi di trattamenti andranno sempre effettuati con la massima cura ed in piena sicurezza per gli operatori, sempre e comunque autorizzati dalle autorità competenti alla tutela del bene, dietro specifica autorizzazione e controllo della D.L.
Mai da effettuarsi in maniera generalizzata, ma puntuale e finalizzata previa l'acquisizione di tutti i dati necessari per la conoscenza precisa del materiale sottostante (consistenza fisico-materica, composizione chimica), del tipo di infestante presente e del tipo di prodotto da utilizzarsi.

Art. 17.3.a - Eliminazione di piante superiori

Esistono numerosissime specie di piante che allignano di preferenza sui muri o alla base di questi o che comunque si adattano molto bene a vivere su questo tipo di substrato.
Queste essenze sono in grado di emmettere, attraverso l'apparato radicale, una serie di sostanze dette diffusanti (costituite principalmente da acidi organici e alcaloidi) capaci di digerire specialmente le malte delle murature, gli intonaci, gli stucchi e, entro certi limiti, anche le pietre ed i laterizi.

L'azione delle radici sulle strutture murarie non comporta ovviamente danni di sola natura chimica, ma provoca anche ben più gravi danni di natura meccanica, dovuta alla spinta perforante degli apparati radicali.
Grazie infatti alle loro innate capacità, le radici riescono a penetrare tra leganti e intonaci, microfessure, rotture del materiale, dove vanno a radicare sviluppandosi e aumentando continuamente di diametro sino a diventare veri e propri cunei ad azione progressiva. Oltre a produrre una azione meccanica fortemente negativa per ogni genere di muratura, riescono a creare corsie preferenziali di penetrazione alle acque meteoriche che potranno quindi con più facilità disgregare malte ed intonaci, produrre nuove azioni meccaniche tramite i cicli del gelo e disgelo, aumentando progressivamente le aree interessate da fenomeni fessurativi.
La eliminazione della vegetazione infestante dovrà avere inizio con una estirpazione frenata, cioè una estirpazione meccanica che assolutamente non alteri i materiali componenti la muratura.
Vanno quindi ovviamente scartati i mezzi che a prima vista potrebbero apparire risolutivi (come ad es. il fuoco), ma che potrebbero alterare profondamente il substrato del muro.
Tutte le specie arboree ed erbacee dovranno essere estirpate nel periodo invernale, tagliandole a raso con mezzi adatti, a basso spreading di vibrazioni.
In ogni caso sempre si dovranno tenere presenti i seguenti fattori:
- la resistenza allo strappo opposta dalle radici;
- l'impossibilità di raggiungere con mezzi meccanici le radici ed i semi penetrati in profondità, senza recare danni ulteriori alla struttura muraria da salvaguardare;
- le modalità operative che si incontrano nel raggiungere, tutte le parti infestate.
L'operazione di controllo e di eliminazione della vegetazione spontanea dovrà garantire il pieno rispetto delle strutture e dei paramenti dell'edificio su cui si opera, sarà quindi necessario intervenire con la massima cautela, sempre utilizzando prodotti chimici a completamento dell'intervento di estirpazione meccanica che mai riuscirà a soddisfare i requisiti di cui sopra.
L'utilizzo di sostanze chimiche dovrà offrire tutte le garanzie necessarie , consentendo con una semplice irrorazione di eliminare tutte quelle essenze non gradite.
I requisiti fondamentali di un formulato ottimale per il controllo della vegetazione spontanea saranno:
- assenza di qualsiasi azione fisica o chimica, diretta o indiretta nei riguardi delle strutture murarie che debbono essere trattate;
- il prodotto nella sua formulazione commerciale dovrà essere incolore, trasparente e non lasciare, dopo l'applicazione, residui inerti stabili. Sono da escludersi pertanto tassativamente tutti quei prodotti colorati, oleosi e che possono lasciare tracce permanenti del loro impiego;
- neutralità chimica;
- atossicità nei riguardi dell'uomo, degli animali domestici e selvatici;
- assenza di fenomeni inquinanti per la acque superficiali e profonde delle zone interessate all'applicazione.
Il principio attivo dovrà essere stabile, dovrà cioè restare nettamente entro i limiti della zona di distribuzione, senza sbavature, che potrebbero estendere l'azione del formulato anche in altri settori che non sono da trattare.
Dovrà essere degradabile nel tempo ad opera delle microflore del substrato.
Per la esecuzione degli interventi sarà consentito l'uso dei seguenti prodotti:
- Clorotriazina
Il prodotto posto in commercio con il marchio Primatol M50, è una polvere bagnabile al 50% di principio attivo ed è stato assegnato alla terza classe tossicologica. L'inerzia chimica del principio attivo e la scarsissima solubilità, lo rendono molto stabile. Poiché agisce principalmente per assorbimento radicale, sarà particolarmente indicato per il trattamento delle infestanti sia a foglia larga (dicotiledoni) che a foglia stretta (graminacee).
- Metosittriazina
Il prodotto posto in commercio con il marchio Primatol 3588, è formulato in polvere bagnabile al 25% di principio attivo, con il 2% di GS 13529 è stato assegnato alla terza classe tossicologica. Per le sue caratteristiche chimiche è molto stabile nel terreno, ove penetra a maggior profondità rispetto al formulato precedente.

Questo agirà per assorbimento radicale e fogliare, sarà quindi caratterizzato da una vasta gamma di azione anche su infestanti molto resistenti. Sarà particolarmente adatto per applicazioni su strutture murarie.
Dopo l'applicazione di questi formulati, sarà necessario controllarne l'efficacia dopo un periodo di almeno 60 gg.
Durante la fase operativa dovrà sempre essere tenuto presente il concetto fondamentale del rispetto assoluto delle strutture murarie e dei paramenti da difendere ed anche delle eventuali essenze da salvare, scegliendo la via della moderazione e della prudenza.

Art. 17.3.b - Eliminazione di alghe, muschi e licheni

Muschi, alghe e licheni crescono frequentemente su murature di edifici in aree fortemente umide, in ombra, non soggette a soleggiamento, o, ancora, perché alimentate da acque da risalita, meteoriche, disperse, da umidità di condensazione.
Nei limiti del possibile quindi, prima di operare qualsiasi intervento a carattere diretto, sarà necessario eliminare tutte quelle cause riscontrate al contorno generanti le patologie, per evitare che l'operazione di disinfestazione perda chiaramente efficacia.
Muschi, alghe e licheni possono esercitare negative azioni chimiche e meccaniche sul substrato che li ospita provocandone la progressiva disgregazione o fenomeni di corrosione, interferendo cromaticamente sull'aspetto delle superfici interessate per impedirne una corretta lettura. L'azione di alcuni tipi di alghe e batteri può portare a concentrare il ferro all'interno di paramenti superficiali, dove esso si ossida e carbonata, macchiando i paramenti stessi in maniera profonda. I licheni, forme simbiotiche di alghe e funghi sono in particolare molto dannosi: penetrando nelle microfessure delle murature con i loro talli, possono esercitare pressioni sulle pareti delle stesse e comunque introdurre soluzioni chimiche corrosive (acido carbonico, ossalico,...).
La disinfestazione contro la presenza di alghe cianoficee e cloroficee sarà effettuata mediante appropriati sali di ammonio quaternario (cloruri di alchildimetilbenzilammonio) si potrebbero utilizzare altri prodotti come il formolo ed il fenolo,..., pur essendo meno efficaci del precedente.
Sempre per l'operazione di disinfestazione contro le alghe potranno essere utilizzati composti di rame quali il solfato di cupitetramina $(NH3)4CuSO4$ e i complessi solfato di rame idrazina $CuSO4-(N2H5)2SO4$, o anche i sali sodici dell'acido dimetiltiocarbammico e del mercaptobenzotriazolo.
I biocidi di cui al presente paragrafo sono generalmente solubili in acqua e saranno utilizzati per l'operazione di disinfestazione in soluzioni all'1/3%.
I trattamenti potranno essere ripetuti qualora si ritenesse necessario, e andranno sempre conclusi con abbondanti lavaggi con acqua per eliminare ogni residuo di biocida. Nei casi più ostinati e difficili, potranno essere utilizzate soluzioni più concentrate, eventualmente sospese in fanghi o paste opportune (mediante argilla, metilcellulosa,...) e lasciate agire per tempi sufficientemente lunghi (1 o 2 giorni).
Per evitare l'uso di sostanza velenose per l'uomo e pericolose per i materiali costituenti le murature, contro alghe cianoficee e cianobatteri, si potrà operare una sterilizzazione mediante l'applicazione di radiazioni ultraviolette di lunghezza d'onda da definirsi, ottenute con lampade da 40W poste a circa 10/20 cm dal muro e lasciate agire ininterrottamente per una settimana.
Sarà necessario prendere precauzioni particolari nella protezione da danni agli occhi degli operatori.
Poiché i muschi crescono su substrati argillosi depositati sulle murature e formano sulla superficie di queste escrescenze ed anche tappeti uniformi piuttosto aderenti, sarà necessario far precedere alla disinfestazione vera e propria una loro rimozione meccanica a mezzo di spatole e altri strumenti (pennelli a setole rigide,...) onde evitare di grattare sulle superfici dei manufatti. L'operazione successiva consisterà nell'applicazione del biocida che potrà essere specifico per certe specie oppure a vasto raggio di azione.
Si potrà ancora agire contro muschi e licheni mediante la applicazione di una soluzione acquosa all'1-2% di ipoclorito di litio.
Tutti i biocidi menzionati, pur non essendo in linea di massima tossici per l'uomo, saranno comunque da utilizzarsi con molta attenzione e cautela, in quanto possono risultare irritanti, specie in soggetti sensibili, o creare allergie, o essere pericolosi per gli occhi e le mucose.
Si dovranno quindi sempre impiegare, nella loro manipolazione, guanti ed eventuali occhiali, osservando le norme generali di prevenzione degli infortuni relativi all'uso di prodotti chimici velenosi.

Art. 17.4 - Consolidamento dei materiali

Art. 17.4.a - Generalità

Un'operazione piuttosto complessa e delicata all'interno del progetto di conservazione; necessita quindi di un'attenta analisi del quadro patologico generale, di una approfondita conoscenza della specifica natura del degrado, dello stato di consistenza fisico-materica dei manufatti. Un livello di conoscenza indispensabile per verificare principalmente la natura del supporto, dell'agente patogeno, il processo chimico che innesca il degrado e, di conseguenza la scelta dei prodotti e delle metodologie più appropriate di intervento (raccomandazioni NORMAL).

All'Appaltatore sarà, quindi, vietato effettuare qualsiasi tipo di operazione e l'utilizzo di prodotti, anche prescritti, senza la preventiva esecuzione di prove applicative o esplicita autorizzazione della D.L.. In ogni caso ogni intervento di consolidamento dovrà essere di carattere puntuale, mai generalizzato. Ad operazione effettuata sarà sempre opportuno verificarne l'efficacia, tramite prove e successive analisi, anche con controlli periodici cadenzati nel tempo (operazioni comunque da inserire nei programmi di manutenzione periodica post-intervento).

Per le specifiche sui prodotti si veda l'art. 2.12.

Il consolidamento di un materiale consiste in un intervento atto a migliorarne le caratteristiche meccaniche, in particolare la resistenza agli sforzi e la coesione, senza alterare patologicamente le prestazioni igrotermiche. è possibile effettuare vari tipi di consolidamento:

Consolidamento chimico - L'intervento può consistere in un trattamento di somministrazione in profondità di sostanze in soluzione che siano in grado, evaporato il solvente, di fissarsi al materiale elevandone i parametri di resistenza.

Consolidamento corticale - Le stesse sostanze possono essere applicate localmente o in modo generalizzato sulla superficie del materiale per ristabilire la coesione di frazioni degradate con gli strati sani sottostanti.

Il trattamento chimico di consolidamento si applica evidentemente a materiali sufficientemente porosi (pietra, malte, laterizi, legname), in grado di assorbire composti leganti compatibili in soluzione.

Le sostanze consolidanti possono essere leganti dello stesso tipo di quelli contenuti naturalmente nel materiale (per esempio il latte di calce o i silicati), oppure sostanze naturali o sintetiche estranee alla composizione originaria del materiale ma comunque in grado di migliorarne le caratteristiche fisiche.

Per i materiali non porosi o scarsamente porosi (metalli, elementi lapidei ad alta densità, vetro, cemento armato), data l'impossibilità di realizzare una diffusa e sicura penetrazione in profondità di sostanze in soluzione, il consolidamento consiste invece nella ricomposizione di fratture, nella solidarizzazione di parti distaccate o nel ripristino delle sezioni reagenti.

Consolidamento strutturale - Il consolidamento può consistere nella messa in opera di elementi rigidi (mediante il calcolo e la realizzazione di nuovi elementi da affiancare a quelli degradati) che sollevano in parte o del tutto il materiale dalla sua funzione statica, compromessa dal degrado o inadatta a mutate condizioni di esercizio.

Le nuove strutture possono essere solidarizzate con quelle esistenti e divenire collaboranti, oppure sostituirle interamente nella funzione portante. Il consolidamento strutturale si avvale di soluzioni che vengono elaborate caso per caso, e dimensionate secondo le leggi statiche e della scienza delle costruzioni.

Art. 17.4.b - Applicazione dei principali consolidanti

Il consolidamento chimico si avvale di diverse categorie di prodotti, classificati in base alla composizione e alle modalità di impiego.

Nella scelta del prodotto è fondamentale conoscere in modo approfondito il materiale da trattare, le patologie rilevate o da prevenire e, nel caso di adeguamento funzionale a nuovi carichi e a nuovi standard di sicurezza, le nuove prestazioni funzionali che si richiedono.

Poiché il recupero della coesione e della capacità resistente del materiale è il primo obiettivo del consolidamento, può sembrare opportuno ricorrere a prodotti che saturino quanto più possibile il

volume dei pori del materiale. è invece consigliabile usare sostanze che occupano solo parzialmente i pori, in modo da mantenere un'alta permeabilità al vapore. Un altro parametro da non sottovalutare è la profondità di penetrazione e di diffusione della soluzione consolidante, che deve essere più alta possibile, in modo da evitare la formazione di uno strato solamente superficiale ad elevata resistenza o una diffusione disomogenea del prodotto.
La reversibilità è un altro requisito necessario ad un prodotto consolidante: è utile però soprattutto per migliorare la penetrazione del prodotto, somministrando ulteriore solvente e per rimuovere sbavature all'esterno. In pratica è pressocché impossibile estrarre sostanze penetrate e solidificate all'interno di un materiale poroso.
In base alla composizione chimica possiamo individuare due categorie principali di consolidanti: i consolidanti inorganici e quelli organici.
Consolidanti inorganici - Hanno generalmente una grande affinità con i materiali da trattare; si possono impiegare sostanze che possiedono la stessa struttura chimica del materiale da consolidare, come l'idrossido di bario, impiegato sulle malte; in altri casi si impiegano le stesse componenti principali del materiale: così su malte e su pietre calcaree viene usato il latte di calce, mentre su murature, malte e pietre vengono usati prodotti a base silicatica.
Consolidanti organici - Sono perlopiù polimeri sintetici in soluzioni viscose, che possono dare delle difficoltà di penetrazione; capita anche che il solvente, evaporando, riporti il consolidante in superficie. Hanno una buona idrorepellenza, ma invecchiano facilmente per effetto dell'ossigeno atmosferico, dell'acqua, dei raggi ultravioletti, dell'alta temperatura e degli agenti biologici, per cui infragiliscono e cambiano colore, modificando anche sensibilmente la propria struttura chimica.
I consolidanti inorganici, rispetto a quelli organici sono piuttosto fragili e poco elastici, saldano solo fratture di lieve entità e possono avere scarsa penetrazione; per contro hanno una durata superiore.
Metodi applicativi
I metodi di applicazione dei prodotti consolidanti fluidi prevedono l'impiego di strumentazione elementare (pennelli, rulli, apparecchi a spruzzo airless) o, nei casi in cui è richiesta una penetrazione più profonda e capillare, richiedono un impianto di cantiere più complesso: nei casi più semplici bisognerà delimitare e proteggere le zone non interessate dall'intervento in modo da raccogliere e riciclare la soluzione consolidante che non viene assorbita e provvedere a cicli continui di imbibizione. In particolare si possono applicare batterie di nebulizzatori che proiettano il prodotto sulla superficie da trattare, oppure si possono realizzare impacchi di cotone, di cellulosa o di carta giapponese, che vengono tenuti costantemente imbevuti di sostanza consolidante.
Qualora le parti da trattare siano smontabili (statue, elementi decorativi, balaustre estremamente degradate) o distaccate, il trattamento in laboratorio è quello che garantisce la massima efficacia. I manufatti saranno impregnati in contenitori di resina, per immersione parziale o totale o per impregnazione sotto vuoto. Anche su materiali in situ è comunque possibile ottimizzare l'impregnazione ricoprendo le parti da trattare con fogli di polietilene, sigillandone i bordi con lattice di gomma e nastri adesivi, in modo da poter creare il vuoto fra superficie della pietra e fogli di protezione, dove può essere iniettata la resina. In alternativa si possono realizzare, con lo stesso principio e gli stessi materiali, delle tasche di dimensioni ridotte per impregnare a fondo zone articolate e particolarmente degradate.
I tempi di applicazione variano in rapporto al prodotto, al sistema scelto, alla porosità del materiale e possono variare da poche ore a diversi giorni.
In generale i prodotti consolidanti potranno essere applicati:

- ad airless, tramite l'utilizzo di apposite apparecchiature in grado di vaporizzare il liquido messo in pressione da pompa oleo-pneumatica;
- tramite applicazione a pennello morbido 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 di bagnato;
- tramite applicazione a tasca, da utilizzarsi per impregnazioni particolari di decori, aggetti, formelle finemente lavorate e fortemente decoesionate. Si tratta di applicare intorno alla zona da consolidare una sorta di tasca, collocando nella parte inferiore una specie di gronda impermeabilizzata (ad esempio di cartone imbevuto di resina epossidica), con lo scopo di recuperare il prodotto consolidante in eccesso. La zona da consolidare potrà essere riscoperta

da uno strato di cotone idrofilo ed eventualmente chiusa da politene; nella parte alta viceversa si collocherà un tubo con tanti piccoli fori con la funzione di distributore. Il prodotto consolidante sarà spinto da una pompa nel distributore e da qui attraverso il cotone idrofilo penetrerà nella zona da consolidare, l'eccesso di resina si raccoglierà nella grondaia verrà recuperato e rimesso in circolo. Sarà necessario assicurarsi che il cotone idrofilo sia sempre perfettamente in contatto con la superficie interessata;

- applicazione per percolazione. Si tratta di una semplificazione del metodo precedente. Un opportuno distributore verrà collocato nella parte superiore della superficie da trattare, il prodotto, distribuito lungo un segmento, per gravità tenderà a scendere impregnando la superficie da trattare per capillarità. La quantità di prodotto in uscita dal distributore dovrà essere calibrato in modo tale da garantire un graduale e continuo assorbimento evitando eccessi di formulato tali da coinvolgere aree non interessate. Il distributore potrà essere costituito da un tubo o da un canaletto forato con nella parte inferiore dello stesso un pettine o una spazzola con funzione di distributore.

Art. 17.5 - Trattamemto elementi metallici (sia originali che di restauro, non rimovibili)

Generalità. L'intervento è finalizzato all'asportazione di materiale incoerente sia di deposito sia formatosi come prodotto di alterazione, nonché al trattamento protettivo e/o inibitore di nuovi processi di corrosione.
L'intervento di rimozione del materiale incoerente o ossidato potrà essere realizzato con mezzi meccanici e/o chimici. Prima del lavoro si dovrà verificare lo stato di conservazione delle malte/altro che inglobano l'elemento, per adottare tutte le misure necessarie a preservare da danni di tipo meccanico le porzioni limitrofe alle zone dell'intervento.
Il trattamento protettivo potrà essere effettuato in alcuni casi applicando un prodotto che permetta la trasformazione dei prodotti di corrosione in prodotti più stabili in altri casi applicando una sostanza che limiti gli scambi con l'ambiente.

Art. 17.6 - Protezione dei materiali

Art. 17.6.a - Generalità

Operazione da effettuarsi nella maggior parte dei casi al termine degli interventi prettamente conservativi. La scelta delle operazioni di protezione da effettuarsi e/o degli specifici prodotti da utilizzarsi andrà sempre concordata con gli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento, così pure dietro autorizzazione e indicazione della D.L. L'utilizzo di specifici prodotti sarà sempre preceduto da test di laboratorio in grado di verificarne l'effettiva efficacia in base al materiale da preservare. L'applicazione di prodotti protettivi rientra comunque nelle operazioni da inserire nei programmi di manutenzione periodica post-intervento.
Per le specifiche sui prodotti si veda l'art. 2.12.2. Gran parte delle patologie di degrado dei materiali da costruzione dipende da alterazioni provocate da agenti esterni (infiltrazioni d'acqua, depositi superficiali di sostanze nocive...). Ogni intervento di conservazione, per essere tale, non deve avere come obiettivo solamente il risanamento del materiale, ma anche la sua ulteriore difesa dalle cause che hanno determinato l'insorgere dello stato patologico.
In certi casi è possibile un'azione radicale di eliminazione totale della causa patologica, quando questa è facilmente individuabile e circoscritta e dipende da fattori accidentali o comunque strettamente legati alle caratteristiche del manufatto. Al contrario, in un gran numero di situazioni le patologie sono generate da cause non direttamente affrontabili e risolvibili nell'ambito dell'intervento: presenza di sostanze inquinanti nell'atmosfera, piogge acide, fenomeni di tipo sismico o di subsidenza del terreno.
In genere queste due tipologie di cause degradanti si sovrappongono, per cui l'intervento, per quanto preciso, potrà prevenirne o eliminarne solo una parte.

Art. 17.6.b - Interventi indiretti

Per salvaguardare i materiali dagli effetti delle condizioni patogene non eliminabili bisogna prevedere ulteriori livelli di intervento, che possono essere di tipo indiretto o diretto.

Interventi indiretti

Questi possono essere trattati con sostanze chimiche analoghe a quelle impiegate per il consolidamento, applicate a formare una barriera superficiale trasparente e idrorepellente che impedisca o limiti considerevolmente il contatto con sostanze patogene esterne. E' sconsigliabile l'impiego, a protezione di intonaci e materiali lapidei, di scialbi di malta di calce, da utilizzare come strato di sacrificio; il risultato è l'occultamento della superficie del manufatto e l'esibizione del progressivo degrado che intacca la nuova superficie fino a richiederne il rinnovo. Da qui il rigetto che nasce spontaneo di fronte a forme di intervento irreversibili o che nascondono la superficie del manufatto sotto uno strato di sacrificio che rende difficile valutare l'eventuale avanzamento e propagarsi del degrado oltre lo strato protettivo.

Anche i protettivi chimici hanno una durata limitata, valutabile intorno alla decina di anni, ma, oltre che per le caratteristiche di trasparenza, sono preferibili agli scialbi in quanto realizzano un ampio filtro contro la penetrazione di acqua e delle sostanze che questa veicola.

In alcuni casi sono le stesse sostanze impiegate nel ciclo di consolidamento che esercitano anche un'azione protettiva, se sono in grado di diminuire la porosità del materiale rendendolo impermeabile all'acqua.

Le principali caratteristiche di base richieste ad un protettivo chimico sono la reversibilità e l'inalterabilità, mentre il principale requisito prestazionale è l'idrorepellenza, insieme con la permeabilità al vapore acqueo.

La durata e l'inalterabilità del prodotto dipendono innanzitutto dalla stabilità chimica e dal comportamento in rapporto alle condizioni igrotermiche e all'azione dei raggi ultravioletti. L'alterazione dei composti, oltre ad influire sulle prestazioni, può portare alla formazione di sostanze secondarie, dannose o insolubili, che inficiano la reversibilità del prodotto.

I protettivi chimici più efficaci appartengono alle stesse classi dei consolidanti organici (resine acriliche, siliconiche, acrilsiliconiche, molto usate su intonaci e pietre), con l'aggiunta dei prodotti fluorurati. Questi ultimi, in particolare i perfluoropolieteri, sono sostanze molto resistenti agli inquinanti, ma tendono ad essere rimosse dall'acqua, per cui è allo studio la possibilità di additivarle con sostanze idrorepellenti.

Per la protezione di alcuni materiali lapidei e dei metalli, oltre che delle terrecotte, vengono impiegati anche saponi metallici e cere microcristalline; i legnami vengono invece trattati con vernici trasparenti resinose, ignifughe e a filtro solare.

Art. 17.6.c - Sistemi applicativi

La fase applicativa dei prodotti protettivi richiederà una certa cautela ed attenzione, sia nei confronti del materiale sia per l'operatore che dovrà essere munito di apposita attrezzatura di protezione secondo normativa.

In generale i prodotti dovranno essere applicati su supporti puliti, asciutti e privi di umidità a temperature non eccessive (possibilmente su paramenti non esposti ai raggi solari) onde evitare un'evaporazione repentina dei solventi utilizzati.

L'applicazione si effettuerà irrorando le superfici dall'alto verso il basso, in maniera uniforme, sino a rifiuto.

In generale i prodotti potranno essere applicati:

- ad airless, tramite l'utilizzo di apposite apparecchiature in grado di vaporizzare il liquido messo in pressione da pompa oleo-pneumatica;
- tramite applicazione a pennello morbido 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 di bagnato.

Art. 17.7 - Malte e conglomerati

Art. 17.7.a - Generalità

Le malte da utilizzarsi per le opere di conservazione dovranno essere confezionate in maniera analoga a quelle esistenti. Per questo motivo si dovranno effettuare una serie di analisi fisico chimico , quantitative e qualitative sulle malte esistenti, in modo da calibrare in maniera ideale le composizioni dei nuovi agglomerati. Tali analisi saranno a carico dell'Appaltatore dietro espressa richiesta della D.L.

Ad ogni modo, la composizione delle malte, l'uso particolare di ognuna di esse nelle varie fasi del lavoro, l'eventuale integrazioni con additivi, inerti, resine, polveri di marmo, coccio pesto, particolari prodotti di sintesi chimica, etc., saranno indicati dalla D.L. dietro autorizzazione degli organi preposti alla tutela dell'edificio oggetto di intervento.

Nella preparazione delle malte si dovranno usare sabbie di granulometria e natura chimica appropriata. Saranno, in ogni caso, preferite le sabbie di tipo siliceo o calcareo, mentre andranno escluse quelle provenienti da rocce friabili o gessose; non dovranno contenere alcuna traccia di cloruri, solfati, materie argillose, terrose, limacciose e polverose. I componenti di tutti i tipi di malte dovranno essere mescolati a secco.

L'impasto delle malte dovrà effettuarsi manualmente o con appositi mezzi meccanici, dovrà risultare omogeneo e di tinta uniforme. I vari componenti, con l'esclusione di quelli forniti in sacchi di peso determinato, dovranno ad ogni impasto essere misurati sia a peso che a volume. La calce spenta in pasta dovrà essere accuratamente rimescolata in modo che la sua misurazione riesca semplice ed esatta.

Tutti gli impasti dovranno essere preparati nella quantità necessaria per l'impiego immediato e possibilmente in prossimità del lavoro. I residui di impasto non utilizzati immediatamente dovranno essere gettati a rifiuto fatta eccezione per quelli formati con calce comune che, il giorno stesso della loro miscelazione, potranno essere riutilizzati.

Tutte le prescrizioni relative alle malte faranno riferimento alle indicazioni fornite nella parte seconda art. 2.3 del presente capitolato.

I tipi di malta e le loro classi sono definite in rapporto alla composizione in volume secondo la tabella seguente (D.M. 9 gennaio 1987):

		Composizione				
Classe	Tipo	Cemento aerea	Calce idraulica	Calce	Sabbia	Pozzolana
M4	Idraulica	-	-	1	3	-
M4	Pozzolanica	-	1	-	-	3
M4	Bastarda	1	-	2	9	-
M3	Bastarda	1	-	1	5	-
M2	Cementizia	1	-	0.5	4	-
M1	Cementizia	1	-	-	3	-

Alla malta cementizia si può aggiungere una piccola quantità di calce aerea con funzione plastificante.

Malte di diverse proporzioni nella composizione confezionate anche con additivi, preventivamente sperimentate, possono essere ritenute equivalenti a quelle indicate qualora la loro resistenza media e compressione risulti non inferiore ai valori seguenti:

12 N/mm2 (120 Kgf/cm2) per l'equivalenza alla malta M1
18 N/mm2 (80 Kgf/cm2) per l'equivalenza alla malta M2
15 N/mm2 (50 Kgf/cm2) per l'equivalenza alla malta M3
12,5 N/mm2 (25 Kgf/cm2) per l'equivalenza alla malta M4

I quantitativi dei diversi materiali da impiegare per la composizione delle malte e dei conglomerati, secondo le particolari indicazioni che potranno essere imposte dalla D.L. o stabilite nell'elenco prezzi, dovranno corrispondere le seguenti proporzioni:

a) Malta comune

Calce spenta in pasta mc 0,25 - 0,40

Sabbia	mc	0,85 - 1,00
b) Malta comune per intonaco rustico (rinzaffo)		
Calce spenta in pasta	mc	0,20 - 0,40
Sabbia	mc	0,90 - 1,00
c) Malta comune per intonaco civile (stabilitura)		
Calce spenta in pasta	mc	0,35 - 0,45
Sabbia vagliata	mc	0,80
d) Malta grassa di pozzolana		
Calce spenta in pasta	mc	0,22
Pozzolana grezza	mc	1,10
e) Malta mezzana di pozzolana		
Calce spenta in pasta	mc	0,25
Pozzolana vagliata	mc	1,10
f) Malta fina di pozzolana		
Calce spenta in pasta	mc	0,28
Pozzolana vagliata	mc	1,05
g) Malta idraulica		
Calce idraulica	q.li	(1)
Sabbia	mc	0,90
h) Malta bastarda		
Malta di cui alle lettere a), e), g)	mc	1,00
Agglomerante cementizio a lenta presa	q.li	1,50
i) Malta cementizia forte		
Cemento idraulico normale	q.li	(2)
Sabbia	mc	1,00
l) Malta cementizia debole		
Agglomerato cementizio a lenta presa	q.li	(3)
Sabbia	mc	1,00
m) Malta cementizia per intonaci		
Agglomerante cementizio a lenta presa	q.li	6,00
Sabbia	mc	1,00
n) Malta fina per intonaci		
Malta di cui alle lettere c), f), g) vagliata allo staccio fino		
o) Malta per stucchi		
Calce spenta in pasta	mc	0,45
Polvere di marmo	mc	0,90
p) Calcestruzzo idraulico di pozzolana		
Calce comune	mc	0,15
Pozzolana	mc	0,40
Pietrisco o ghiaia	mc	0,80
q) Calcestruzzo in malta idraulica		
Calce idraulica	q.li	(4)
Sabbia	mc	0,40
Pietrisco o ghiaia	mc	0,80
r) Conglomerato cementizio per muri, fondazioni, sottofondazioni, ecc.		
Cemento	q.li	(5)
Sabbia	mc	0,40
Pietrisco o ghiaia	mc	0,80
s) Conglomerato cementizio per strutture sottili		
Cemento	q.li	(6)
Sabbia	mc	0,40
Pietrisco o ghiaia	mc	0,80

(1) Da 3 a 5, secondo l'impiego che si dovrà fare della malta;
(2) Da 3 a 6, secondo l'impiego;

(3) Da 2,5 a 4, secondo l'impiego che dovrà farsi della malta, intendendo per malta cementizia magra quella dosata a 2,5 q.li di cemento e per malta cementizia normale quella dosata a q.li 4 di cemento;
(4) Da 1,5 a 3 secondo l'impiego che dovrà farsi del calcestruzzo;
(5) Da 1,5 a 2,5 secondo l'impiego;
(6) Da 3 a 3,5.

Quando la D.L. ritenesse di variare tali proporzioni, l'Appaltatore sarà obbligato ad uniformarsi alle prescrizioni della medesima, salvo le conseguenti variazioni di prezzo in base alle nuove proporzioni previste. I materiali, le malte ed i conglomerati, esclusi quelli forniti in sacchi di peso determinato, dovranno ad ogni impasto essere misurati con apposite casse della capacità prescritta dalla D.L., che l'Appaltatore sarà in obbligo di provvedere e mantenere a sue spese costantemente su tutti i piazzali ove verrà effettuata la manipolazione. La calce spenta in pasta non dovrà essere misurata in fette, come viene estratta con badile dal calcinaio, bensì dopo essere stata rimescolata e ricondotta ad una pasta omogenea consistente e ben unita.
L'impasto dei materiali dovrà essere fatto a braccia d'uomo, sopra aree convenientemente pavimentate, oppure a mezzo di macchine impastatrici o mescolatrici.
I materiali componenti le malte cementizie saranno prima mescolati a secco, fino ad ottenere un miscuglio di tinta uniforme, il quale verrà poi asperso ripetutamente con la minore quantità di acqua possibile, ma sufficiente, rimescolando continuamente.
Nella composizione di calcestruzzi con malte di calce comune od idraulica, si formerà prima l'impasto della malta con le proporzioni prescritte, impiegando la minore quantità di acqua possibile, poi si distribuirà la malta sulla ghiaia o pietrisco e si mescolerà il tutto fino a che ogni elemento sia per risultare uniformemente distribuito nella massa ed avviluppato di malta per tutta la superficie.
Per i conglomerati cementizi semplici od armati gli impasti dovranno essere eseguiti in conformità alle prescrizioni contenute nel R.D. 16 novembre 1939, n. 2729, nonchè nel D.M. 27 luglio 1985 punto, 2.1 e allegati 1 e 2. Gli impasti sia di malta che di conglomerato, dovranno essere preparati soltanto nella quantità necessaria, per l'impiego immediato, cioè dovranno essere preparati volta per volta e per quanto possibile in vicinanza del lavoro. I residui d'impasto che non avessero, per qualsiasi ragione, immediato impiego dovranno essere gettati a rifiuto, ad eccezione di quelli formati con calce comune, che potranno essere utilizzati però nella sola stessa giornata del loro confezionamento.

Art. 17.7.b - Malte additivate

Per tali s'intendono quelle malte alle quali vengono aggiunti, in piccole quantità, degli agenti chimici che hanno la proprietà di migliorarne le caratteristiche meccaniche, migliorare la lavorabilità e ridurre l'acqua di impasto. L'impiego degli additivi negli impasti dovrà sempre essere autorizzato dalla D.L., in conseguenza delle effettive necessità, relativamente alle esigenze della messa in opera, o della stagionatura, o della durabilità. Dovranno essere conformi alle norme UNI 7101-72 e successive, e saranno dei seguenti tipi: aereanti, ritardanti, acceleranti, fluidificanti-aereanti, fluidificanti-ritardanti, fluidificanti-acceleranti, antigelo, superfluidificanti. Per speciali esigenze di impermeabilità del calcestruzzo, o per la messa in opera in ambienti particolarmente aggressivi, potrà essere ordinato dalla D. L. l'impiego di additivi reoplastici.
Acceleranti - Possono distinguersi in acceleranti di presa e in acceleranti di indurimento. Gli acceleranti di presa sono di norma soluzioni di soda e di potassa. Gli acceleranti di indurimento contengono quasi tutti dei cloruri, in particolare cloruro di calcio. Per gli additivi a base di cloruro, per il calcestruzzo non armato i cloruri non devono superare il 4/5% del peso del cemento adoperato; per il calcestruzzo armato tale percentuale non deve superare l'1%; per il calcestruzzo fatto con cemento alluminoso non si ammette aggiunta di cloruro.
Ritardanti - Anch'essi distinti in ritardanti di presa e ritardanti di indurimento. Sono di norma: gesso, gluconato di calcio, polimetafosfati di sodio, borace.
Fluidificanti - Migliorano la lavorabilità della malta e del calcestruzzo. Tensioattivi in grado di abbassare le forze di attrazione tra le particelle della miscela, diminuendone l'attrito nella fase di miscelazione. Gli additivi fluidificanti sono a base di resina di legno o di ligninsolfonati di calcio,

sottoprodotti della cellulosa. Oltre a migliorare la lavorabilità sono in grado di aumentare la resistenza meccanica.
Sono quasi tutti in commercio allo stato di soluzione; debbono essere aggiunti alla miscela legante-inerti-acqua nelle dosi indicate dalle ditte produttrici: in generale del 2,3 per mille rispetto alla quantità di cemento.
Plastificanti - Sostanze solide allo stato di polvere sottile, di pari finezza a quella del cemento. Tra i plastificanti si hanno: l'acetato di polivinile, la farina fossile, la bentonite. Sono in grado di migliorare la viscosità e la omogeneizzazione delle malte e dei calcestruzzi, aumentando la coesione tra i vari componenti. In generale i calcestruzzi confezionati con additivi plastificanti richiedono, per avere una lavorabilità simile a quelli che non li contengono, un più alto rapporto A/C in modo da favorire una diminuzione delle resistenze. Per eliminare o ridurre tale inconveniente gli additivi in commercio, sono formulati con quantità opportunamente congegnate, di agenti fluidificanti, aereanti e acceleranti.
Aereanti - In grado di aumentare la resistenza dei calcestruzzi alle alternanze di gelo e disgelo ed all'attacco chimico di agenti esterni. Sono soluzioni alcaline di sostanze tensioattive (aggiunte secondo precise quantità da 40 a 60 ml per 100 kg di cemento) in grado di influire positivamente anche sulla lavorabilità. Le occlusioni d'aria non dovranno mai superare il 4/6% del volume del cls per mantenere le resistenze meccaniche entro valori accettabili.
Agenti antiritiro e riduttori d'acqua - Sono malte capaci di ridurre il quantitativo d'acqua normalmente occorrente per la creazione di un impasto facilmente lavorabile, la cui minore disidratazione ed il conseguente ritiro, permettono di evitare screpolature, lievi fessurazioni superficiali che spesso favoriscono l'assorbimento degli agenti atmosferici ed inquinanti.
I riduttori d'acqua che generalmente sono lattici in dispersione acquosa composti da finissime particelle di copolimeri di stirolo-butadiene, risultano altamente stabili agli alcali e vengono modificati mediante l'azione di specifiche sostanze stabilizzatrici (sostanze tensioattive e regolatori di presa). Il tipo e la quantità dei riduttori saranno stabiliti dalla D.L.
La quantità di additivo da aggiungere agli impasti sarà calcolata considerando:
- il quantitativo d'acqua contenuto nel lattice stesso;
- l'umidità degli inerti (è buona norma, infatti, separare gli inerti in base alla granulometria e lavarli per eliminare sali o altre sostanze inquinanti);
- la percentuale di corpo solido (polimetro).
La quantità ottimale che varierà in relazione al particolare tipo di applicazione potrà oscillare, in genere, dai 6 ai 12 lt di lattice per ogni sacco da 50 kg di cemento.
Per il confezionamento di miscele cemento/lattice o cemento/inerti/lattice si dovrà eseguire un lavoro d'impasto opportunamente prolungato facendo ricorso, preferibilmente, a mezzi meccanici come betoniere e mescolatori elicoidali per trapano.
Per la preparazione delle malte sarà necessario miscelare un quantitativo di cemento/sabbia opportunamente calcolato e, successivamente aggiungere ad esso il lattice miscelato con la prestabilita quantità d'acqua.
In base al tipo di malta da preparare la miscela lattice/acqua avrà una proporzione variabile da 1:1 a 1:4. Una volta pronta, la malta verrà immediatamente utilizzata e sarà vietato rinvenirla con acqua o con miscele di acqua/lattice al fine di riutilizzarla.
L'Appaltatore sarà obbligato a provvedere alla miscelazione in acqua dei quantitativi occorrenti di additivo in un recipiente che sarà tenuto a disposizione della D.L. per eventuali controlli e campionature di prodotto.
La superficie su cui la malta sarà applicata dovrà presentarsi solida, priva di polveri e residui grassi.
Se richiesto dalla D.L. l'Appaltatore dovrà utilizzare come imprimitore un'identica miscela di acqua, lattice e cemento molto più fluida.
Le malte modificate con lattici riduttori di acqua poiché induriscono lentamente, dovranno essere protette da una rapida disidratazione (stagionatura umida).
Malte espansive - Malte additivate con prodotti in grado di provocare aumento di volume all'impasto onde evitare fenomeni di disgregazione. L'utilizzo di questi prodotti sarà sempre utilizzato dietro indicazione della D.L. ed eventualmente autorizzato dagli organi competenti per la tutela del manufatto oggetto di intervento

L'espansione dovrà essere molto moderata e dovrà essere sempre possibile arrestarla in maniera calibrata tramite un accurato dosaggio degli ingredienti. L'espansione dovrà essere calcolata tenendo conto del ritiro al quale l'impasto indurito rimane soggetto.
Si potrà ricorrere ad agenti espansivi preconfezionati, utilizzando materiali e prodotti di qualità con caratteristiche dichiarate, accompagnati da schede tecniche contenenti specifiche del prodotto, rapporti di miscelazione, modalità di confezionamento ed applicazione, modalità di conservazione. Potranno sempre effettuarsi test preventivi e campionature di controllo.
Sebbene gli agenti espansivi siano compatibili con un gran numero di additivi, tuttavia sarà sempre opportuno mescolare gli additivi di una sola ditta produttrice eventualmente ricorrendo alla consulenza tecnica del produttore.
Malte confezionate con riempitivi a base di fibre sintetiche o metalliche - Si potranno utilizzare solo dietro specifica prescrizione progettuale o richiesta della D.L. comunque dietro autorizzazione degli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento. Si potrà richiedere l'utilizzo di riempitivi che hanno la funzione di modificare e plasmare le caratteristiche degli impasti mediante la tessitura all'interno delle malte indurite di una maglia tridimensionale.
Si potranno utilizzare fibre in metallo, poliacrilonitrile, nylon o polipropilene singolarizzato e fibrillato che durante la miscelazione degli impasti, si aprono distribuendosi uniformemente. Le fibre di metallo saranno comunque più idonee a svolgere compiti di carattere meccanico che di contrasto al ritiro plastico.
Le fibre dovranno essere costituite da materiali particolarmente resistenti con diametri da 15 a 20 micron, una resistenza a trazione di 400-600 MPa, un allungamento a rottura dal 10 al 15% e da un modulo di elasticità da 10.000 a 15.000 MPa.
Le fibre formeranno all'interno delle malte uno scheletro a distribuzione omogenea in grado di ripartire e ridurre le tensioni dovute al ritiro, tali malte in linea di massima saranno confezionate con cemento pozzolanico 325, con dosaggio di 500 Kg/m3, inerti monogranulari (diam.max.20 mm), additivi superfluidificanti. Le fibre potranno essere utilizzate con differenti dosaggi che potranno essere calibrati tramite provini (da 0,5 a 2 Kg/m3)
Le fibre impiegate dovranno in ogni caso garantire un'ottima inerzia chimica in modo da poter essere utilizzate sia in ambienti acidi che alcalini, facilità di utilizzo, atossicità.

Art. 17.7.c - Malte preconfezionate

Malte in grado di garantire maggiori garanzie rispetto a quelle dosate manualmente spesso senza le attrezzature idonee. Risulta infatti spesso difficoltoso riuscire a dosare in maniera corretta le ricette cemento/additivi, inerti/cementi, il dosaggio di particolari inerti, rinforzanti, additivi.
Si potrà quindi ricorrere a malte con dosaggio controllato confezionate con controllo automatico ed elettronico in modo che nella miscelazione le sabbie vengano selezionate in relazione ad una curva granulometrica ottimale e i cementi ad alta resistenza e gli additivi chimici rigorosamente dosati.
Tali malte sono in grado di garantire un'espansione controllata. Espansioni eccessive a causa di errori di miscelazione e formatura delle malte potrebbero causare seri problemi a murature o strutture degradate.
Anche utilizzando tali tipi di malte l'Appaltatore sarà sempre tenuto, nel corso delle operazioni di preparazione delle stesse, su richiesta della D.L., a prelevare campioni rappresentativi per effettuare le prescritte prove ed analisi, che potranno essere ripetute durante il corso dei lavori od in sede di collaudo.
Le malte preconfezionate potranno essere usate per stuccature profonde, incollaggi, ancoraggi, rappezzi, impermeabilizzazioni, getti in fondazione ed, in genere, per tutti quei lavori previsti dal progetto, prescritti dal contratto o richiesti dalla D.L.
In ogni fase l'Appaltatore dovrà attenersi alle istruzioni per l'uso prescritte dalle ditte produttrici che, spesso, prevedono un particolare procedimento di preparazione atto a consentire una distribuzione più omogenea dell'esiguo quantitativo d'acqua occorrente ad attivare l'impasto. Dovrà altresì utilizzare tutte le apparecchiature più idonee per garantire ottima omogeneità all'impasto (miscelatori elicoidali, impastatrici, betoniere, ecc.) oltre a contenitori specifici di adatte dimensioni.
Dovrà inoltre attenersi a tutte le specifiche di applicazione e di utilizzo fornite dalle ditte produttrici nel caso dovesse operare in ambienti o con temperature e climi particolari.

Sarà in ogni modo consentito l'uso di malte premiscelate pronte per l'uso purché ogni fornitura sia accompagnata da specifiche schede tecniche relative al tipo di prodotto, alle tecniche di preparazione e applicazione oltre che da una dichiarazione del fornitore attestante il gruppo della malta, il tipo e la quantità dei leganti e degli eventuali additivi. Nel caso in cui il tipo di malta non rientri tra quelli prima indicati il fornitore dovrà certificare con prove ufficiali anche le caratteristiche di resistenza della malta stessa.

Art. 17.7.d - Conglomerati di resina sintetica

Saranno da utilizzarsi secondo le modalità di progetto, dietro specifiche indicazioni della D.L. e sotto il controllo degli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento.
Trattandosi di materiali particolari, commercializzati da varie ditte produttrici dovranno presentare alcune caratteristiche di base garantendo elevate resistenze meccaniche e chimiche, ottime proprietà di adesione, veloce sviluppo delle proprietà meccaniche, buona lavorabilità a basse ed elevate temperature, sufficiente tempo di presa.
Si dovranno confezionare miscelando adatti inerti, con le resine sintetiche ed i relativi indurenti
Si potrà in fase di intervento variarne la fluidità regolandola in funzione del tipo di operazione da effettuarsi relativamente al tipo di materiale.
Per la preparazione e l'applicazione dei conglomerati ci si dovrà strettamente attenere alle schede tecniche dei produttori, che dovranno altresì fornire tutte le specifiche relative allo stoccaggio, al tipo di materiale, ai mezzi da utilizzarsi per l'impasto e la miscelazione, alle temperature ottimali di utilizzo e di applicazione. Sarà sempre opportuno dotarsi di idonei macchinari esclusivamente dedicati a tali tipi di prodotti (betoniere, mescolatrici, attrezzi in genere) Per i formulati a due componenti sarà necessario calcolare con precisione il quantitativo di resine e d'indurente attenendosi, con la massima cura ed attenzione alle specifiche del produttore. resta in ogni caso assolutamente vietato regolare il tempo d'indurimento aumentando o diminuendo la quantità di indurente .
Si dovrà comunque operare possibilmente con le migliori condizioni atmosferiche, applicando il conglomerato preferibilmente con temperature dai 12 ai 20°C, umidità relativa del 40-60%, evitando l'esposizione al sole. Materiali e superfici su cui saranno applicati i conglomerati di resina dovranno essere asciutti ed opportunamente preparati tramite accurata pulitura.
L'applicazione delle miscele dovrà sempre essere effettuata nel pieno rispetto delle norme sulla salute e salvaguardia degli operatori.

Art. 18 - Schede Operative di Restauro (metodologie di riferimento non esaustive)

SCHEDA TECNICA DI RESTAURO	
(ai sensi dell'art. 202 del D.Lgs. 12 aprile 2006, n.163)	
DATI IDENTIFICATIVI	
LOCALIZZAZIONE **Municipio/Rione**	PADOVA - Prato della Valle
OGGETTO **Tipologia/Denominazione**	Monumento
SOGGETTO	
DESCRIZIONE	Monumento costituito da un alto basamento alla cui sommità poggia la statua

CRONOLOGIA,	*1775-1838*
AUTORE	
MATERIALI COSTITUTIVI	Pietra di Vicenza
TECNICA ESECUTIVA	Scultura
MISURE	Monumento altezza totale: m. 5,20 circa altezza statua m. 3,00 altezza basamento m.2,20
CONDIZIONE GIURIDICA E VINCOLI	Proprietà Comune di Padova

CARATTERISTICHE AMBIENTALI

LOCALIZZAZION E DELL'AMBIENTE	Ambiente esterno
POSIZIONAMENTO	Prato della Valle
ORIENTAMENTO	
AREA DI RISPETTO	Piazza
CARATTERISTICHE DI ESPOSIZIONE	Esposto all'azione diretta di agenti biodeteriogeni, agenti atmosferici e agenti inquinanti
CONDIZIONI IGROMETRICHE	Presenza di umidità costante derivante sia dall'atmosfera che dalle piogge meteoriche
ILLUMINAZIONE NATURALE	Irraggiamento diretto
ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE	Notturna

ANALISI MACROSCOPICA DEL DEGRADO

Restauri precedenti	
EPOCA	Restauro eseguito dal Comune di Padova negli anni 80/90
VALUTAZIONE GENERALE	Lo stato di conservazione generale del monumento appare insoddisfacente
ALTERAZIONI CROMATICHE	Presenti su parte della superficie lapidea
DEPOSITI SUPERFICIALI	Diffusi su tutte le superfici
CROSTE NERE	Limitate
DECOESIONE	Presenti: alveolizzazione limitata, degradazione differenziale e disgregazione localizzata, erosione
SCAGLIATURE	Sono presenti piccole scagliature localizzate in vari punti
SCIE DI PERCOLAZIONE	Limitate sulla sopracornice sporgente
PATINE BIOLOGICHE	Diffuse
PRESENZA DI VEGETAZIONE	Presenza diffusa di licheni, principalmente sulla sommità delle statue
STUCCATURE	E' necessario rivedere le stuccature soprattutto in corrispondenza delle giunzioni tra i diversi blocchi lapidei e le stuccature eseguite in precedenti interventi di restauro che per caratteristiche morfologiche risultino incongrue o che abbiano perduto la loro funzione conservativa o estetica
FESSURAZIONI/FRATTURAZIONI	fessurazioni in corrispondenza delle giunzioni tra i blocchi del basamento e su zone limitate della statua
MANCANZE MATERIALE COSTITUTIVO	Presenza di alcune lesioni
ATTI VANDALICI	Vandalismo grafico
POLVERIZZAZIONE	Presente ma non diffusa, con piccolissimi punti di rigonfiamento dello strato più superficiale

AREA DI RISPETTO	Modeste condizioni conservative

INDAGINI PRELIMINARI	
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	Da eseguire da parte della ditta appaltatrice
MAPPATURA Materiali costitutivi/Degrado	Da eseguire da parte della ditta appaltatrice
RELAZIONE TECNICA	Da eseguire da parte della ditta appaltatrice
INDAGINI	Da eseguire da parte della ditta appaltatrice
ANALISI DI LABORATORIO	Da eseguire
INTERVENTI PREVISTI	
CATEGORIE LAVORI	OS 2 „ Restauro superfici decorate
TEMPISTICA	30-40 giorni solari e consecutivi a statua + tempo reticolazione consolidante

PIETRA	SCHEDA 1
ASPORTAZIONE DELLE POLVERI	

Descrizione
Asportazione dei depositi superficiali più incoerenti costituiti da polveri e particellato atmosferico depositati sulla superficie
Modalità
Utilizzo di pennelli a setola morbida e con recupero delle polveri a mezzo di aspiratori da cantiere con modulatore di potenza e beccucci intercambiabili adatti alle diverse condizioni di uso. Tale operazione si deve eseguire con attenzione in quelle parti dove la buona coesione della materia lo permetta, se eseguita con cura facilita e migliora la resa dell'intervento di pulitura.

PIETRA	SCHEDA 2
PRECONSOLIDAMENTO	

Descrizione
Fissaggio di rigonfiamenti e scaglie e incollaggio di frammenti lapidei in via di distacco effettuato mediante microiniezioni, direttamente nel substrato e non in superficie, con prodotti adesivi strutturali aventi carattere di tixotropicità (resina epossidica eurostac ep-in 2501).

Modalità
- Dopo aver accuratamente miscelato i componenti della combinazione scelta (resina epossidica + indurente lento o rapido)
- Si procede al fissaggio della frattura partendo dal basso
- Si asportano le eccedenze e le fuoriuscite del prodotto con tamponi in cotone imbevuti di solvente

Materiale tipo d'uso:
Resina epossidica per iniezioni Ep-in 2501, resina epossidica per incollaggi Etobond 6066,

Solventi: Diluente nitro, solventi minerali (ragia)

PIETRA	SCHEDA 3
DISINFESTAZIONE	
Descrizione Disinfestazione da colonie di microrganismi autotrofi/eterotrofi mediante applicazione biocida, applicata anche in più cicli se necessario, successiva rimozione con spazzole e bisturi. Eventuale decolorazione dei residui delle colonie di microorganismi non rimuovibili, perché profondamente ancorati nelle porosità delle pietra degradata. Modalità Utilizzo di pennelli a setola morbida e/o impacchi, tempi di reazione a seconda della persistenza della presenza dei microoganismi, risciacquo della superficie con acqua demineralizzata.	

PIETRA	SCHEDA 4
PULITURA	
Descrizione Pulitura chimica ad impacco dei depositi del particellato atmosferico e croste nere ed eventuali prodotto preesistente o dei precedenti restauri, da ripetere anche più volte, fino al raggiungimento di un risultato ottimale. - preparazione di impasto di polpa di carta e bicarbonato di calcio al 7-10% in acqua demineralizzata o solvengel - applicazione dell'impacco - asportazione dell'impacco - risciacquo della superficie con acqua demineralizzata Pulitura meccanica o manuale, localizzata e mirata, in presenza di concrezioni, incrostazioni di elevata consistenza che non asportabili con l'impacco, per calibrare cromaticamente superfici contigue. - Operazione eseguita con bisturi, strumenti abrasivi tipo spazzole e spazzolini. - Spolveratura della superficie con spazzole asciutte a setole morbide	
Strumenti e mezzi d'opera Secchi, spugne, Spruzzino manuale, Bastoncini di legno, spatole, bisturi	
Materiale bicarbonato d'ammonio, acqua demineralizzata, polpa di carta, ecc…	

PIETRA	SCHEDA 5

RISTABILIMENTO COESIONE

Descrizione

Ristabilimento della coesione mediante impregnazione o mediante infiltrazione con microiniezioni, per mezzo di pennelli o siringhe, eventuale riadesione di elementi distaccati o fratturati mediante incollaggio con resina epossidica tixotropica e l'inserimento di staffe o perni inox di ancoraggio. Eventuale sostituzione di perni ossidati o spazzolatura e trattamento convertitore per quelli non sostituibili ed asportabili

Modalità

Utilizzo di pennelli a setola morbida, siringhe, secchi

PIETRA	SCHEDA 6

CONSOLIDAMENTO CORTICALE E SUBCORTICALE a pennello

Modalità

- Rendere le superfici completamente asciutte e con temperature atmosferiche comprese tra +5 e + i 25°C
- Applicazione a pennello (minimo tre mani bagnato su bagnato), di consolidante ad alto potere di penetrazione.
- Si dovrà continuare l'impregnazione fino a rifiuto

Rimozione dell'eccesso finale di prodotto impregnante con ragia minerale

CONSOLIDAMENTO CORTICALE E SUBCORTICALE in sottovuoto a sacco

Modalità

- Rendere le superfici completamente asciutte e con temperature atmosferiche comprese tra +5 e + i 25°C
- *Esempio tratto dalla scheda di restauro del 1990 della St. n° 36 "Galileo Galilei"*

Consolidamento

Completata la pulitura e il risanamento della statua si è proceduto con il consolidamento eseguito "sottovuoto in situ". L'operazione non effettuata in laboratorio, ha denunciato una maggiore complessità per il raggiungimento della totale saturazione degli strati meno superficiali della pietra. Si è proceduto coprendo tutta la statua con una garza di cotone (figura 4) al fine di impedire al fluff di cotone idrofilo, steso successivamente sopra la garza, di rilasciare delle fibre sulla superficie della pietra difficili da rimuovere a consolidamento effettuato. Il cotone idrofilo impiegato, di ottima qualità, ha avuto la funzione, durante l'operazione di consolidamento in voto, di espandere omogeneamente la miscela consolidante sulla superficie della pietra e di impedire al sacco in polietilene di rompersi sulle asperità della scultura.

Successivamente si è approntata una guarnizione a tenuta, alla base della statua, dove ancorare il sacco. La scelta dei materiali per la guarnizione è stata condizionata dall'uso di clorotene come solvente alla resina consolidante.

Tale solvente aggredisce facilmente molti tipi di sigillanti; si è optato per la realizzazione di una guarnizione con materiali come para, colla di pesce, teflon ed un sigillante a base di resine acriliche in dispersione acquosa.

Coperta la statua con il sacco, al quale era stato applicato un filtro collegato alla pompa a vuoto, è stato chiuso sulla guarnizione con una fascia in acciaio tesa fino a garantire una perfetta tenuta. Verificato il grado di vuoto sugli strumenti applicati alla macchina si sono cominciate le operazioni introducendo dapprima del solvente puro per imbibire il cotone e favorire le successive migrazioni della resina all'interno dei pori della pietra.

Successivamente la resina è stata introdotta attraverso delle flebo e delle butterfly, applicate forando il sacco e sigillandolo con resina acrilica in dispersione acquosa . L'applicazione è durata cinque giorni, alternando l'immissione di resina a momenti di riposo.

Il vuoto è sempre stato mantenuto con il funzionamento della macchina dato che si era manifestato durante l'immissione del solvente il fenomeno di diminuzione della percentuale di vuoto a macchina ferma, fenomeno che non si è verificato alla fine delle operazioni di consolidamento.

La resina usata è stata la Rhodorsil 11309 della Rhône-Poulenc al 10% e il consumo è stato di 120 litri per la statua e di 80 litri per il basamento.

Al termine dell'operazione di immissione della resina, il sacco è rimasto sulla statua per una settimana al fine di rallentare l'evaporazione del solvente consentendo un'ulteriore maggiore penetrazione.

Al termine della settimana si è sbendata la statua e si è lasciato evaporare completamente il solvente lasciando circolare aria in cantiere favoriti dalle condizioni climatiche di un caldissimo agosto.

Tutta questa serie di operazioni si sono ripetute conseguenti sul basamento della statua creando per il vuoto due guarnizioni: una alla base della statua ed una ai piedi del basamento.

Dopo due settimane si è proceduto alla rimozione degli eccessi di resina in superficie con strumento aerobrasivo di precisione con polveri di alluminio da 220 mesh. Tale operazione è stata eseguita in maniera particolarmente delicata al fine di eliminare la lucentezza sulla superficie litoide, causata appunto dagli eccessi di resina, senza rimuovere particelle di pietra.

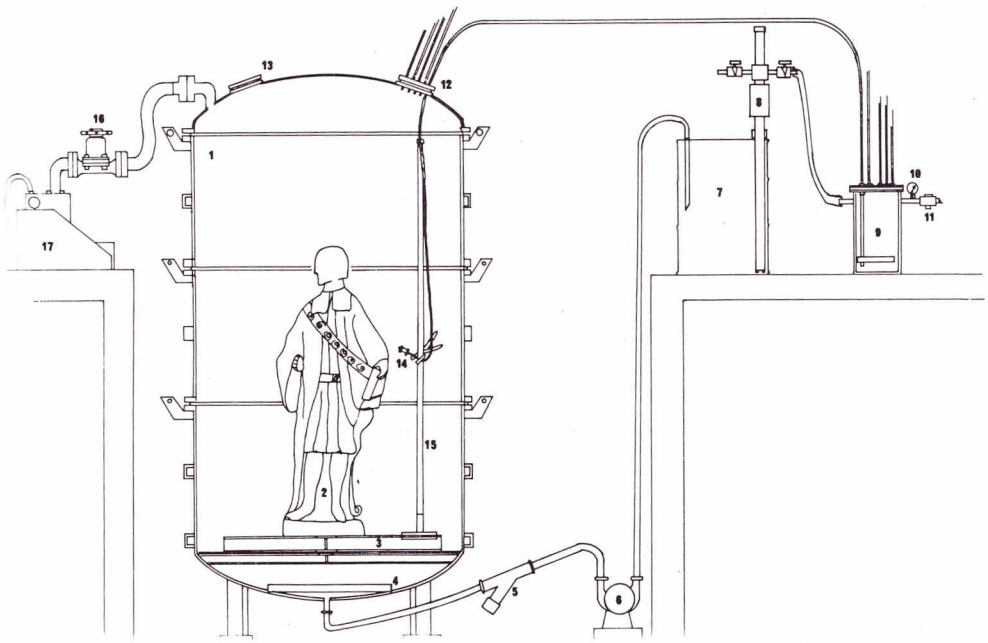
CONSOLIDAMENTO CORTICALE E SUBCORTICALE in sottovuoto in autoclave

Modalità

- Rendere le superfici completamente asciutte e con temperature atmosferiche comprese tra +5 e + i 25°C
- Esempio tratto dalla scheda di restauro del 1989 della St. n° 85 "Andrea Briosco"

Schema dell'impianto di nebulizzazione sotto vuoto in ambiente saturo.

1. Autoclave da vuoto a elementi modulari sovrapponibili, dimensioni utili: ø interno m 2, altezza m 3.40.
2. Statua da consolidare.
3. Piastra di appoggio della statua.
4. Filtro di separazione di eventuali impurità.
5. Filtro di linea sulla linea di riciclo.
6. Pompa centrifuga a trascinamento magnetico, resistente ai solventi, per riciclare il consolidante in eccedenza
7. Contenitore da cui si preleva la resina per i nebulizzatori e a cui arriva quella riciclata.
8. Pompa pneumatica di alimentazione dei nebulizzatori.
9. Pressostato in acciaio inox con ripartitore di flusso ai venti nebulizzatori.
10. Manometro di controllo della pressione del consolidante ai nebulizzatori.
11. Valvola di sicurezza di sovrappressione.
12. Raccordo flangiato, a tenuta di ingresso dei tubi all'autoclave.
13. Oblò in vetro (adeguatamente flangiato) di controllo visivo del processo.
14. Ugello nebulizzatore 1/4 N4 S.S. Co. supportato con pinza in ottone.
15. Sostegni regolabili dei dodici nebulizzatori.
16. Linea di vuoto.
17. Pompa da vuoto



CONSOLIDAMENTO DI RIGONFIAMENTI, SCAGLIE E ELEMENTI DI MODESTA DIMENSIONE

Risanamento di rigonfiamenti e scaglie effettuato mediante microiniezioni, direttamente nel substrato e non in superficie, con prodotti adesivi strutturali aventi carattere di tixotropicità (resina epossidica eurostac ep-in 2501).

- Onde evitare colature al di fuori delle aree interessate dal trattamento si provvede, prima dell'applicazione, a sigillare le fessure lasciando a distanza opportuna i punti di iniezione.
- Dopo aver accuratamente miscelato i componenti della combinazione scelta (resina epossidica + indurente lento o rapido)
- Si procede alla saturazione della frattura partendo dal basso
- Si asportano le eccedenze e le fuoriuscite del prodotto con tamponi in cotone imbevuti di solvente

Modalità

Incollaggio di modesti frammenti lapidei staccati o in via di distacco, eseguito mediante resine tixotropiche con elevate caratteristiche meccaniche (etobond 6066)

- Dopo aver accuratamente miscelato i componenti (resina + indurente)
- Si procede al trattamento delle superfici da incollare pulendole e sgrassandole
- Si applica nell'interfaccia frammento/supporto il prodotto servendosi di un pennello a setole dure o di una spatola
- Si posiziona il frammento sul supporto
- Si asportano le eccedenze e le fuoriuscite del prodotto con tamponi in cotone imbevuti di solvente

CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE di elementi di grande dimensione distaccati, fratturati o in via di distacco

Modalità

Risanamento del materiale lapideo con intervento sulle fratture, fessure e distacchi di grandi dimensioni, mediante inserimento di leganti opportunamente caricati e atti a svolgere la funzione di collegamento della materia lapidea, ove necessario si provvederà alla ricomposizione della portanza statica con l'inserimento di perni e/o grappe in acciaio inossidabile AISI 316 ad aderenza migliorata di Ø. da 6 a 14 mm., incollaggi e/o iniezioni con leganti strutturali e la successiva stuccatura con calce e polvere di marmo delle mancanze e possibili vie di infiltrazioni dell'acqua, cromaticamente calibrate sull'esistente. Inclusa l'integrazione di lacune/mancanze del materiale lapideo, da eseguirsi con impasto di calce e polvere di pietra rinforzato da perni in vetroresina, sempre cromaticamente calibrato sull'esistente, compresa l'eventuale predisposizione uso di idonee sagome in compensato per il rifacimento in sagoma dei profili originali. Nel caso di microiniezioni a saturazione e negli impasti per stuccature si utilizzeranno leganti a base di calce naturale, compatibili con il substrato lapideo, ed esenti da sali solubili.

Si ricorda che le operazioni dovranno essere preventivamente concordate con la D.L. e con lo strutturista della ditta, se implicano complicazioni di natura statica e che tutte le opere dovranno evitare percolamenti e degradi alle superfici adiacenti, dovranno essere eseguite con materiali testati e da personale specializzato

Materiale tipo d'uso:

Resina epossidica per iniezioni Ep-in 2501, resina epossidica per incollaggi Etobond 6066, silicato d'etile Monopol C 03, ecc…

Solventi: Diluente nitro, solventi minerali (ragia)

PIETRA	SCHEDA 7

STUCCATURE

Descrizione

Rifacimento, reintegrazione/ricostruzione, previa campionatura, al fine di ridare agli elementi e superfici anche l'unitarietà formale persa, delle stuccature incompatibili, dei rifacimenti, degli elementi o giunti decoesi e di superfici alterate o cementizie, delle discontinuità materiche (alveoli, fessurazioni, fratture, sollevamenti, ecc ...) quali possibili vie di infiltrazione di polveri, inquinanti e acqua.

Modalità

- Demolizione su tutte le superfici e materiali/elementi lapidei di stuccature incompatibili presenti, con idonei microscalpelli manuali, senza operare danni al materiale lapideo adiacente
- Pulitura profonda dei giunti e la spolveratura delle superfici
- Stuccature di superficie dei bordi di lacune, giunti, delle lesioni e microlesioni e la sigillatura tra i conci, eseguita mediante un impasto compatibile con il supporto lapideo composto da una miscela di calce tipo LAFARGE esente da sali, polvere di pietra e/o marmo, sabbie silicee (con eventuale aggiunta di resina acrilica in emulsione acquosa max.5 %).
- Stuccature di profondità effettuato mediante un impasto compatibile costituito da miscele di calce idraulica esente da sali e macinato di pietra con eventuale aggiunta di max. 5/10% di resina acrilica.
- Riequilibrio cromatico con le superfici contigue mediante velature con terre o ossidi .

Materiale tipo d'uso:

LEGANTI: grassello di calce, calce idrata in polvere, calce idraulica naturale
AGGREGATI: sabbia fitta, sabbie selezionate a granulometria nota, polvere di marmo, ecc…
ADDITIVI: Lattice acrilico PRIMA AC33
PIGMENTI: terre coloranti, pietre macinate, ossidi di ferro precipitati

PROTEZIONE

Descrizione

Protezione, previa campionatura, delle superfici in pietra precedentemente pulite consolidate ed eventualmente integrate nelle parti mancanti, con applicazione a pennello fino a rifiuto di prodotto idrorepellente.

Modalità

La applicazione avverrà su superfici asciutte, con temperatura ambiente e della superficie compresa tra +5 e +35 °C, con U.R. non superiore al 70% e in assenza di fumi e polvere.

Materiale tipo d'uso:

Idrorepellenti: Esteri dell'acido silicico Prodotti acrilsiliconici
Solventi: Ragia minerale, solvesso 100, Solvente per silossani

PIETRA	SCHEDA 8

FASE CONCLUSIVA

Modalità

Rendere le superfici omogenee mediante :

- Eventuale rimozione di macchie dovute alla reazione dei prodotti applicati con i prodotti preesistenti
- Eventuale velatura di aree cromaticamente disomogenee