

Ordinanza Capo Dipartimento Protezione Civile n° 616/2019 - 851/2022  
Decreto del Sindaco della Città di Venezia n° 69630 del 14/02/2022

AMMINISTRAZIONE COMPETENTE

CITTA' DI  
VENEZIA



Ordinanza CDPC n° 851/2022

SOGGETTO ATTUATORE

CITTA' DI  
VENEZIA



AREA LAVORI PUBBLICI, MOBILITA' E TRASPORTI  
SETTORE VIABILITA' VENEZIA CENTRO STORICO E ISOLE ENERGIA e IMPIANTI  
SERVIZIO MANUTENZIONE VIABILITA' VENEZIA C.S.I.

14959-28

COMPLETAMENTO E MESSA IN SICUREZZA CONSOLIDAMENTO  
MARGINAMENTO E RIALZO PAVIMENTAZIONE  
PRESSO ISOLA DELLA GIUDECCA

CUP J77H21001490001



FASE

PROGETTO ESECUTIVO

DISCIPLINA	SCALA	DATA	TAVOLA
	—	01/07/22	14959/28_PE_07

DESCRIZIONE

DISCIPLINARE DESCRITTIVO TECNICO



RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO  
arch. cons. Cristian Tonetto

PROGETTISTA  
arch. Claudio Biscontin

COORDINATORE SICUREZZA  
arch. Claudio Biscontin

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

Per le opere oggetto d'appalto, si è redatto il presente progetto definitivo che prevede l'esecuzione di una serie organica di operazioni tecniche specialistiche e amministrative indirizzate ad un miglioramento al ripristino, con recupero delle caratteristiche di funzionalità e di efficienza, dei manufatti danneggiati dagli eventi meteorologici eccezionali verificatisi dal 12 novembre 2019 a Venezia.

L'appalto di detti lavori sarà a misura e avrà la copertura di un arco temporale d'intervento di 180 (centoottanta) giorni.

Nello specifico detti lavori si possono meglio esplicitare nel seguente modo:

**lavori a misura:** finalizzati a riportare ad un buono stato manutentivo le sponde e la viabilità pedonale;  
Gli interventi più significativi, sono i seguenti:

#### **A – Ripristino del paramento spondale lapideo di coronamento**

- pulizia profonda mediante idropulitrice ad alta pressione del paramento spondale fino al secondo corso sul canale e delle fughe superiori;
- recupero e riposizionamento quando possibile, dei conci lapidei scivolati o caduti in canale. Valutazione del numero e dello stato di consistenza con particolare riferimento a lesioni o lacune e misure ed eventuale integrazione;
- movimentazione e ricollocamento in sede quando possibile
- inserimento di eventuali grappe o perni in acciaio inox AISI304;
- eventuale inserimento, se necessario, di cannule da iniezione a distanze prestabilite dalla DL in funzione dello stato di consistenza rilevato utilizzando fessure presenti o fori da realizzare appositamente;
- scuci-cuci della muratura in mattoni dove lesionata;
- eventuale rinforzo strutturale di spalla in cls armato;
- stuccatura di tutte le crepe o lesioni con malte strutturali;
- iniezione a bassa pressione fino a rifiuto di malte strutturali superfluide al fine di garantire il riempimento di ogni cavità e la piena coerenza della struttura;
- taglio delle cannule da iniezione e stuccatura.

#### **B – Ripristino e rialzo delle pavimentazioni**

- lievo ordinato, accatastamento e successiva riposa della pavimentazione in trachite soggetta ad abbassamento, secondo le modalità di lievo e posa in ottemperanza al Disciplinare concordato con la Soprintendenza;- posa di nuova pavimentazione in trachite a completamento di eventuali tratti in terra battuta o provvisorie lisciate di cemento;
- scavo di sondaggio per la verifica del sottosuolo fino al primo corso del coronamento lapideo o oltre se necessario;
- verifica, pulizia ripristino di eventuali condotti fognari pubblici inefficienti;
- eventuale inserimento, se necessario, di cannule da iniezione a distanze prestabilite dalla DL in funzione dello stato di consistenza rilevato utilizzando fessure presenti o fori da realizzare appositamente;
- scuci-cuci della muratura in mattoni dove/se lesionata;
- stuccatura di tutte le crepe o lesioni con malte strutturali;
- iniezione a bassa pressione fino a rifiuto di malte strutturali superfluide al fine di garantire il riempimento di ogni cavità e la piena coerenza della struttura;
- taglio delle cannule da iniezione e stuccatura.
- vaglio, rinterro e compattazione;
- trasporto e traduzione a discarica rimanenze.

#### **C – Manutenzione ponte dei Lavraneri**

- trattamento impregnante delle spallette danneggiate dal maltempo. Sono presenti diffusi fenomeni di degrado inerenti lo strato superficiale di verniciatura protettiva.
- smontaggio vecchia pavimentazione;- fornitura e posa nuova pavimentazione in legno lamellare delle medesime forme e dimensioni, verniciato e certificato + trattamento antiscivolo.

#### **D – Manutenzione accessori alla viabilità**

- fornitura e posa di sistemi d'ormeggio (bitta in pietra e/o anelli in acciaio e base in pietra);
- lievo e traduzione a discarica di parapetti metallici danneggiati o irrecuperabili;
- fornitura e posa di nuovi parapetti metallici a barra quadra piena verniciati.

## **RIFERIMENTI NORMATIVI**

- a) DECRETO LEGISLATIVO 18 APRILE 2016, N. 50
- b) Decreto Lgs n° 163/2006;
- c) D.P.R. 207/2010
- d) Decreto Lgs. n° 81/2008;
- e) Legge Regione Veneto n. 11/2007;
- f) D.M. 37/2008;
- g) Legge n. 2248 del 1865 (legge 20 marzo 1865, n. 2248, allegato F)
- h) Legge n. 55 del 1990 (legge 19 marzo 1990, n. 55, e successive modifiche e integrazioni)
- i) Regolamento generale (decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207 - Regolamento di esecuzione ed attuazione della Decreto Legislativo n° 163/2006 in materia di lavori, servizi e forniture per P.A)
- j) D.P.R. n. 34 del 2000 (decreto del Presidente della Repubblica 25 gennaio 2000, n. 34 - Regolamento per l'istituzione di un sistema di qualificazione unico dei soggetti esecutori di lavori pubblici)
- k) Capitolato generale d'appalto (decreto ministeriale - lavori pubblici - 19 aprile 2000, n. 145)

## **REGOLE E NORME TECNICHE DA RISPETTARE**

- a) DECRETO LEGISLATIVO 18 APRILE 2016, N. 50
- b) Decreto Legislativo n°42 del 22.01.2004: Codice dei beni culturali e ambientali;
- c) Decreto Lgs n° 163/2006 ed s.m.i.;
- d) Decreto Lgs. n° 81/2008 ed s.m.i. ;
- e) Legge Regione Veneto n. 11/2007;
- f) D.M. 37/2008 ed s.m.i.;
- g) Legge n° 47/85 : Norme contro l'abusivismo edilizio
- h) Legge Regionale n° 61/85 : Norme per l'uso e l'assetto del territorio
- i) Legge 171 del 16-4-1973 : Norme per la salvaguardia di Venezia.
- j) Legge n. 46 del 5.03.1990 norme per la sicurezza degli impianti.
- k) D.M. 26.08.1992 Norme per la prevenzione incendi.
- l) D.M. 04.05.1998 Norme per la prevenzione incendi.
- m) Legge Regionale n. 32. 1990 Disciplina degli interventi regionali per i servizi educativi della prima infanzia: asili nido e servizi innovativi.
- n) Legge n. 1083 del 6.12.1971 Norme per la sicurezza dell'impiego del gas combustibile.
- o) Legge n. 10.1991 Norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.
- p) D.P.R. 26 agosto 1993 n.412 Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4 comma 4 della legge 9 gennaio 1991 n.10.
- q) Circolare 12/4/94 n. 233/F "Art. 11 del Decreto del Presidente della repubblica 26/8/93, n. 412, recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici. Indicazioni interpretative e di chiarimento"
- r) Circolare di chiarimento del 14/9/95 n. 832060 del Ministero dell'industria, del Commercio e dell'Artigianato "Conduzione e manutenzione degli impianti (art. 31 legge 10/91). Quesiti";
- s) D.P.R. 22 gennaio 2008, n. 37 "Regolamento di attuazione alla legge 5 marzo 1990, n. 46, in materia di sicurezza degli impianti"
- t) Decreto Ministeriale 20.2.92 "Approvazione del modello di dichiarazione di conformità dell'impianto alla regola d'arte di cui all'art. 7 del regolamento di attuazione della legge 5 marzo 1990, n. 46, recante norme per la sicurezza degli impianti"
- u) Decreto Ministeriale 11.6.92 "Approvazione dei modelli dei certificati di riconoscimento dei requisiti tecnico-professionali delle imprese e del responsabile tecnico ai fini della sicurezza degli impianti"
- v) lettere circolari di chiarimento riguardanti la legge 46/90
- w) D.P.R. 18 aprile 1994, n. 392 "Regolamento recante disciplina del procedimento di riconoscimento delle imprese ai fini della installazione, ampliamento e trasformazione degli impianti nel rispetto delle norme di sicurezza"
- x) Decreto Ministeriale 17/2/93 "Modificazione al D.M. 24/8/92 concernente la formazione degli elenchi dei soggetti abilitati alle verifiche in materia di sicurezza degli impianti"

# MATERIALI

## RESTAURO OPERE LAPIDEE

I materiali occorrenti per gli interventi di conservazione, risanamento e restauro, saranno della località che l'appaltatore riterrà di sua convenienza purchè, ad insindacabile giudizio della D.L. e degli organi competenti preposti alla tutela del patrimonio artistico, architettonico e monumentale, siano riconosciuti della migliore qualità, il più possibile compatibili con i materiali preesistenti, in modo da non risultare in contrasto con le proprietà chimiche, fisiche e meccaniche dei manufatti oggetto d'intervento.

Per quanto non espressamente citato si fa riferimento alla normativa specifica riportata dal Capitolato speciale d'appalto del Comune di Venezia 1997.

### **Sabbie, pietre da taglio:**

**Sabbie** - Sabbie vive o di cava, di natura silicica, quarzosa, granitica o calcarea ricavate da rocce con alta resistenza a compressione, né gessose, né gelive. Dovranno essere scevre da materie terrose, da detriti organici e sostanze inquinanti. L'accettabilità della sabbia verrà definita con i criteri indicati nell'allegato 1 del D.M. 3 giugno 1968 e nell'allegato 1, punto 2 del D.M. 27 Luglio 1985.

**Pietre da taglio** - Le pietre naturali da impiegarsi dovranno essere a grana compatta, avere struttura uniforme, esenti da piani di sfaldamento, screpolature, venature, interclusioni di sostanze estranee. In particolare le caratteristiche dovranno corrispondere alle norme di cui al R.D. del 16.11.1939 nn.2229 e 2232 (G.U. n.92/1940), nonché alla norme UNI 8458-83 e 9379-89, e se nel caso, dalle "norme per l'accettazione dei cubetti per pavimentazioni stradali" CNR ediz.1954 e dalle tabelle UNI 2719 - Ediz.1945.

### **Acqua , calci, leganti idraulici, leganti sintetici:**

**Acqua per Costruzioni** - L'acqua dovrà essere dolce, limpida e scevra da sostanze organiche, materie terrose, cospicue quantità di solfati e cloruri. Dovrà possedere una durezza massima di 32°MEC . Sono escluse acque piovane.

**Acqua per Puliture** - Dovranno essere utilizzate acque assolutamente pure, prive di sali e calcari. Per la pulitura di manufatti a pasta porosa si dovranno utilizzare acque deionizzate tramite l'utilizzo di appositi filtri contenenti resine scambiatrici di ioni. Il processo di deionizzazione non rende le acque sterili.

**Calci** - Le calci aeree ed idrauliche dovranno corrispondere ai requisiti di accettazione vigenti al momento di esecuzione dei lavori. L'impiego delle calci è regolato in Italia dal R.D. 2231 del 1939 (Gazz.Uff. n.92 del 18.04.1940). In particolare: Calce idrata in polvere ottenuta dallo spegnimento della calce viva, si distingue in

- fiore di calce, quando il contenuto minimo di idrossidi di  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Mg}(\text{Ho})_2$  non è inferiore al 91%;
  - calce idrata da costruzione, quando il contenuto minimo di  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Mg}(\text{Ho})_2$  non è inferiore all'82%.
- In entrambi i tipi di calce idrata il contenuto massimo di carbonati e di impurità non dovrà superare il 6% e l'umidità il 3%.

Per quanto riguarda la finezza dei granuli, la setacciatura dovrà essere praticata con vagli aventi fori di 0,18mm. e la parte trattenuta dal vaglio non dovrà superare l'1% nel caso del fiore di calce, e il 2% per la calce idrata da costruzione.

Il materiale dovrà essere opportunamente confezionato, protetto dalle intemperie e conservato in locali asciutti; sulle confezioni dovranno essere ben visibili le caratteristiche (peso e tipo di calce) oltre al nome del produttore e/o distributore.

**Leganti idraulici** – I cementi e le calci idrauliche dovranno corrispondere ai requisiti di cui alla legge n.595 del 26/05/1965; le norme relative all'accettazione e le modalità d'esecuzione delle prove di idoneità e collaudo saranno regolate del successivo D.M.03/06/1968 e dal D.M. 20/11/1984. I cementi forniti in sacchi chiusi dovranno avere riportato sugli stessi il nominativo del Produttore, il peso, la qualità del prodotto, la quantità di acqua e la resistenza minima a compressione e a trazione a 28gg. di stagionatura. I cementi devono essere conservati correttamente secondo tutte le norme della buona regola, qualora presentassero comunque all'atto dell'impiego grumi o alterazioni dovranno essere allontanati dal cantiere ad esclusiva cura e spese dell'appaltatore.

- **Cementi** – resistenza a compressione a 28gg.:

Normale (Portland, Pozzolanico, d'alto forno) 32,5 N/mm<sup>2</sup>;

Ad alta resistenza(Portland, Pozzolanico, d'alto forno) 42,5 N/mm<sup>2</sup>;

- **Calci idrauliche** – dovranno essere fornite esclusivamente in sacchi; i loro requisiti di accettazione e le relative modalità di prova saranno conformi alle norme di cui al D.M.14/01/1966, per la conservazione e accettazione all'atto dell'impiego valgono le norme stabilite per i cementi.

**Leganti sintetici** - Sono polimeri ottenuti con metodi di sintesi chimica partendo da molecole di composti organici semplici. Le proprietà e i metodi di prova sono stabiliti dall'UNICHIM, oltre a tutte le indicazioni fornite dalle raccomandazioni NORMAL. La loro applicazione dovrà essere sempre a cura di personale specializzato nel rispetto della normativa sulla sicurezza degli operatori/applicatori.

- **Resine acriliche** - Polimeri di addizione dell'estere acrilico o di suoi derivati. Resine di massima trasparenza, dovranno presentare buona durezza e stabilità dimensionale, buona idrorepellenza e resistenza alle intemperie. A basso peso molecolare presentano bassa viscosità e possono essere lavorate ad iniezione. Potranno essere utilizzate quali consolidanti ed adesivi od additivi, eventualmente miscelate con siliconi.

- **Resine epossidiche** - Si ottengono per policondensazione tra cloridrina e bisfenolisopropano, potranno essere del tipo solido o liquido. Data l'elevata resistenza chimica e meccanica possono essere impiegate come rivestimenti e vernici protettive, adesivi strutturali, laminati antifiamma. Caricate con materiali fibrosi raggiungono proprietà meccaniche vicine a quelle dell'acciaio.

- **Resine poliestere** - Derivate da reazione di policondensazione dei glicoli con gli acidi bi basici insaturi o loro anidridi; potranno prima dell'indurimento essere impastate con calcari, gesso, cementi, sabbie, fibre di vetro o sintetiche.

### **Malte e conglomerati:**

Le malte da utilizzarsi per le opere di conservazione dovranno essere confezionate in maniera analoga a quelle esistenti; per questo motivo si dovranno effettuare analisi chimico-fisiche per determinare la composizione qualitativa e quantitativa del nuovo agglomerato, tali analisi sono a carico dell'appaltatore dietro espressa richiesta della D.L..

I componenti di tutte le malte dovranno essere mescolati a secco. L'impasto dovrà prepararsi manualmente o con appositi mezzi meccanici; gli impasti dovranno essere preparati nella quantità per l'impiego immediato, i residui d'impasto non utilizzati immediatamente dovranno essere gettati. I tipi di malta e le loro classi sono definite in rapporto alla composizione in volume secondo la tabella seguente (D.M.9/01/1987)

	Classe	tipo	cemento	calce aerea	calce idraulica	sabbia	pozzolana
M4	Idraulica	-	-	-	1	3	-
M4	Pozzolonica	-	-	1	-	-	3
M4	Bastarda	1	-	-	2	9	-
M3	Bastarda	1	-	-	1	5	-
M2	Cementizia	1	-	-	0,5	4	-
M1	Cementizia	1	-	-	-	3	-

Per avere maggiori garanzie rispetto alle malte dosate manualmente si potranno utilizzare malte preconfezionate, potranno essere utilizzate per stuccature profonde, incollaggi, ancoraggi, rappezzi, ecc. L'appaltatore dovrà comunque seguire tutte le prescrizioni e ogni fornitura dovrà essere accompagnata dalle specifiche tecniche della ditta produttrice.

Per i conglomerati cementizi semplici o armati gli impasti dovranno essere eseguiti in conformità alle prescrizioni contenute nel R.D. 16/11/1939 n°2729 nonché nel D.M. 27/07/1985 punto 2.1 e allegati 1,2.

### **Colori e vernici:**

Dovranno essere di recente produzione, non dovranno presentare fenomeni di addensamento, peli, gelatinizzazione.

I recipienti dovranno essere approvvigionati in cantiere sigillati, dovranno essere aperti solo al momento dell'uso, dovranno recare l'indicazione della ditta produttrice, tipo, qualità, modalità d'uso e di conservazione del prodotto, la data di scadenza.

I prodotti dovranno essere pronti all'uso fatte salve le diluizioni previste dalle ditte produttrici nei rapporti indicati dalle stesse.

## **PRODOTTI PER LA PULITURA DEI MATERIALI LAPIDEI**

La pulizia delle superfici esterne di un manufatto di valore storico-artistico, è un'operazione complessa che necessita di un'attenta analisi sulla natura delle croste e dei manufatti lapidei, al fine di determinare il



processo chimico che innesca il degrado e, quindi, la scelta dei prodotti e delle metodologie più appropriate (raccomandazioni NORMAL).

All'Appaltatore sarà, quindi, vietato utilizzare qualsiasi tipo di prodotto, anche prescritto, senza la preventiva esecuzione di prove applicative, o esplicita autorizzazione della D.L.

I singoli prodotti andranno utilizzati puntualmente partendo sempre e comunque da operazioni più blande passando via via a quelle più forti ed aggressive.

- **Formulati.** Per croste nere di piccolo spessore (1-2 mm.) si potrà utilizzare carbonato d'ammonio in soluzione acquosa al 10%.  
Per depositi di maggior consistenza si prevede l'utilizzo di una soluzione acquosa di carbonato d'ammonio (5%) e EDTA sale bisodico (5%).
- **Argille assorbenti.** Potranno essere impiegate due tipi di argilla: la sepiolite e l'attapulgit. Sono fillosilicati idrati di magnesio capaci d'impregnarsi senza operare azioni aggressive sulla superficie d'intervento. Particolarmente efficaci in presenza di efflorescenze saline, usate come supportanti nelle puliture chimiche, in alternativa o mescolate alla polpa di carta, uniscono alle caratteristiche di buona aderenza alla superficie quella della loro capacità assorbente facilitando l'azione dei principi attivi scelti.  
La granulometria dovrà essere di almeno 100-220 Mesh; dovranno essere preparate diluendole esclusivamente con acquademineralizzata, fino a raggiungere una consistenza che consenta la lavorazione in spessori di 2-3cm.
- **Biocidi.** Prodotti da utilizzarsi per l'eliminazione di biodeteriogeni (alghe, cianobatteri, licheni, muschi e piante superiori); potranno essere applicati prodotti specifici calibrati su alcune specie, oppure a vasto raggio d'azione. Per muschi e piante superiori, qualora non radicati all'interno del materiale lapideo e comunque, preliminarmente all'applicazione di biocidi, saranno svolte operazioni di tipo meccanico per l'asportazione superficiale e dell'apparato radicale. Pur non essendo in linea di massima tossici per l'uomo e non presentando attività residue, i biocidi dovranno essere applicati con cautela e all'applicazione dovrà sempre seguire un abbondante risciacquo con acqua demineralizzata.
- y) alghe, cianobatteri, licheni: soluzioni di sali di ammonio quaternario all'1-2% (benzalconio cloruro).
- z) muschi e piante superiori: composto fosfo-organico (glyphosate)

## **PRODOTTI IMPREGNANTI (AD EFFETTO CONSOLIDANTE E AD EFFETTO PROTETTIVO)**

La scelta della sostanza impregnante dipenderà dalla natura e dalla consistenza delle superfici che potranno presentarsi:

- con pietra a vista compatta e tenace;
- con pietra a vista tenera e porosa.

Essendo varia, sia la natura dei materiali che formano le superfici esterne, che il tipo di agenti che innescano il degrado, le sostanze impregnanti dovranno svolgere le seguenti funzioni:

- **Azione consolidante** difesa dall'attacco fisico che si otterrà mediante il consolidamento dei supporti al fine di accrescere, o fornire quelle capacità meccaniche di resistenza al degrado che, o non hanno mai posseduto, o che, col trascorrere del tempo, si sono indebolite.
- **Azione protettiva** difesa dall'attacco chimico che si effettuerà mediante la idrofobizzazione dei supporti in modo da renderli adatti a limitare l'assorbimento delle acque meteoriche;

La scelta delle sostanze impregnanti sarà effettuata in funzione delle risultanze emerse a seguito delle diagnosi e delle indagini preliminari che verranno, in ogni caso, condotte secondo quanto prescritto dalle raccomandazioni NORMAL.

### **Impregnanti ad effetto consolidante**

L'impregnante ad effetto consolidante da utilizzare nei lavori di restauro, dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- elevata capacità di penetrazione nelle zone di pietra carenti di legante;
- resistenza chimica agli agenti inquinanti;
- spiccata capacità di ripristinare i leganti della pietra senza depositare sali superficiali;
- capacità di fare traspirare la pietra in modo da conservare la diffusione del vapore;
- profonda penetrazione che eviti la formazione di pellicole in superficie;
- pot-life molto lungo tale da consentire l'indurimento solo ad impregnazione completata;
- perfetta trasparenza priva di effetti traslucidi;
- capacità di mantenere inalterato il colore della pietra.

**Resine organiche.** Alcune resine organiche, diluite con solventi, possiedono capacità di diffondersi in profondità all'interno dei materiali. Questa proprietà dipende da diversi fattori:

- peso molecolare e dalla viscosità della resina;

- tensione superficiale della soluzione;
- polarità dei solventi;
- velocità d'evaporazione dei solventi.

Le resine che polimerizzano dopo l'applicazione (epossidiche e poliuretaniche), possiedono la capacità di diffondersi all'interno della pietra anche senza l'ausilio del solvente.

Su manufatti di particolare valore storico-artistico, l'utilizzo delle resine organiche sarà condizionato alla specifica autorizzazione della D.L. e degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto.

- **Resine epossidiche.** Prodotti termoindurenti impiegati per incollaggi e consolidamenti strutturali di materiali lapidei, legname, murature. Sono bicomponenti da preparare a piè d'opera, da applicare a pennello, tampone, iniezione, e comunque in modo accurato dato il limitato tempo di applicazione. Il loro impiego dovrà essere attentamente vagliato dall'Appaltatore, dietro espresso giudizio della D.L., in quanto pur possedendo ottime capacità leganti ed elevate resistenze meccaniche e chimiche, risultano poco resistenti all'ingiallimento provocato dai raggi UV.

**Silossani.** Presenti come preparati di facile applicabilità, si sciolgono in solventi aromatici. Sono polimeri reattivi che reagendo all'interno dei materiali lapidei polimerizzano "in situ" formando resine siliconiche. La loro caratteristica più rilevante è l'elevata capacità di penetrazione su supporti compatti e scarsamente assorbenti; la presenza del gruppo acrilico dà loro caratteristiche di buon consolidante; quella del gruppo alchilico offre sufficienti garanzie contro le aggressioni delle soluzioni acide e alcaline (polimetilfenilsilossani). Gli stessi solventi sono utili anche a rimuovere eventuali residui superficiali dell'applicazione.

- **Resine acril-siliconiche.** A base di resine acriliche e 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 il restauro di opere d'arte e di monumenti in pietra calcarea, o arenaria. Le resine acriliche e acriliche-siliconiche si dovranno impiegare con solvente aromatico, in modo da garantire una viscosità della soluzione non superiore a 10cPs, il residuo secco garantito dovrà essere di almeno il 10%. L'essiccamento del solvente dovrà avvenire in maniera estremamente graduale in maniera da consentire la diffusione per capillarità anche dopo le 24 ore dall'applicazione. Deve sempre essere possibile intervenire con adatto solvente per eliminare gli eccessi di resina.

- **Silicati di etile.** Monocomponente fluido incolore si applica in solvente in percentuali (in peso) comprese tra il 60 e 80%. Sono sostanze basse-molecolari a base inorganica in solvente organico, che penetrano in profondità nella pietra. Grazie all'azione di un catalizzatore neutro, reagiscono con l'umidità atmosferica e con l'acqua presente all'interno dei pori della pietra, liberando alcool etilico e formando un gel di silice che diventa il nuovo legante dei granuli disgregati; i sotto prodotti della reazione chimica sono inattivi in quanto si volatilizzano rapidamente. Si usa per arenarie o pietre silicatiche, ma avendo bassa viscosità penetra profondamente anche in materiali poco porosi; va applicato a compresse, a immersione o a pennello, il materiale va completamente saturato fino a rifiuto, per casi di sovradosaggio prima dell'indurimento sarà possibile asportare l'eccesso con solventi organici minerali (benzine).

### **Impregnanti ad effetto protettivo**

I prodotti da usare per l'idrofobizzazione dei materiali andranno applicati solo nei casi di effettivo bisogno, su manufatti esposti ad agenti atmosferici, ad aggressione di microrganismi animali e vegetali, dovranno possedere le seguenti caratteristiche documentate dalla scheda tecnica:

- basso peso molecolare ed elevato potere di penetrazione
- resistenza all'attacco fisico-chimico degli agenti atmosferici
- resistenza chimica in ambiente alcalino
- assenza di effetti collaterali (produzione di sali)
- perfetta trasparenza ed inalterabilità del colore
- traspirazione tale da non ridurre, nel materiale trattato, la pre-esistente permeabilità ai vapori oltre il valore limite del 10%.

Le operazioni andranno svolte su superfici perfettamente asciutte con una temperatura intorno ai 20°C.

1) Silossani oligomeri. (v.sopra)

- **Olii e cere.** Prodotti naturali utilizzati anche anticamente per la protezione, hanno scarsa resistenza all'invecchiamento. Vanno applicati a pennello, sempre in assenza di umidità, che va quindi precedentemente eliminata.

**Olio di lino cotto** è un prodotto essiccativo formato da gliceridi di acidi grassi insaturi, dopo la cottura (250-300°C) dovrà essere ben depurato, presentare un colore assai chiaro e perfettamente limpido, di odore assai forte ed amarissimo al gusto, scevro da alterazioni con olio minerale, olio di pesce, ecc. Non dovrà lasciare alcun deposito né essere rancido, e disteso sopra una lastra di vetro dovrà essiccare completamente nell'intervallo di 24 ore. L'acidità massima sarà in misura del 7%, impurità non superiore al 1% ed alla temperatura di 15°C presenterà una densità compresa tra 0,91 e 0,93.

**Cere naturali e microcristalline.** Sciolte in solvente organico (ragia minerale) forniscono alle superfici caratteristiche di idrorepellenza e, quindi, agiscono da protettivi oltre che da lucidanti. Particolarmente indicate per i marmi.

Per applicazione su legno si utilizza cera d'api diluita al 40% in toluene, per materiali porosi quali ad esempio il cotto si utilizzano cere steariche bollite in ragia vegetale in soluzione al 20%.

## INDAGINI PRELIMINARI ALL'INTERVENTO DI CONSERVAZIONE

Prima di dare inizio a qualsiasi tipo di lavorazione da eseguire su manufatti di particolare interesse storico-artistico, l'Appaltatore, se previsto negli elaborati di progetto, o espressamente richiesto dalla D.L., sarà tenuto ad effettuare su di essi tutte quelle operazioni che, finalizzate alla sistematica e scientifica acquisizione di dati certi inerenti allo stato di conservazione, o ai loro processi di alterazione e di degrado, possano consentire una diagnosi corretta ed accurata dei meccanismi che provocano il deperimento, al fine di intervenire su di essi con i rimedi più efficaci.

La diagnosi sarà effettuata commissionando, esclusivamente a laboratori riconosciuti ed autorizzati dagli organi preposti alla tutela del bene in oggetto, l'esecuzione di una specifica serie di prove di laboratorio e di analisi da svolgere in situ.

Il laboratorio dovrà eseguire le analisi su campioni di manufatto che dovranno essere prelevati, o da personale di sua fiducia, o da altra rappresentanza che assolva tale compito sotto il suo diretto controllo e secondo le modalità descritte nelle Raccomandazioni NORMAL 3/80 redatte a cura dell'Istituto centrale del restauro (Roma 1980).

Durante il campionamento, oltre alle consuete cautele, sarà necessario non modificare lo stato originario del manufatto e dei luoghi, non arrecando danno alcuno alle antiche strutture. Inoltre, lo spostamento delle attrezzature per prelevare i campioni dai paramenti murari avverrà nel massimo rispetto dello stato dei luoghi.

Alla fine dei lavori dovrà essere effettuata una perfetta pulizia rimuovendo qualsiasi residuo di lavorazione.

Le metodologie di indagine vanno suddivise in base alla loro portata distruttiva, in quanto prevedono comunque per una certa parte il prelievo di porzioni di materiale, ed è consigliabile scegliere le modalità non distruttive o minimamente distruttive.

Le prove definite non distruttive si svolgeranno in sito, senza richiedere prelievo di materiale; le prove minimamente distruttive prevedono il prelievo di pochi grammi di materiale che è possibile recuperare a terra a seguito di distacco o in prossimità delle parti più degradate.

### Indagini non distruttive

Sono ulteriormente suddivisibili in **indagini passive** (o non invasive) e **indagini attive** (o invasive), le prime registrano e quantificano fenomeni fisici rilevabili senza interventi artificiali di stimolazione; le seconde richiedono sollecitazioni artificiali diverse a seconda dei fenomeni da rilevare (meccaniche, elettriche, termiche, acustiche).

**indagini passive** o non invasive:

- **Misurazione delle temperature e dell'umidità** si avvale di strumentazioni semplici quali termometri e igrometri, e fornisce i valori ambientali e quelli relativi alle superfici;
- **Controllo dei parametri e degli inquinanti atmosferici** per valutare l'interazione degli inquinanti con i materiali oltre a temperatura e umidità è necessario valutare la radiazione solare, l'intensità e direzione prevalente del vento, la qualità-frequenza-intensità delle precipitazioni, la pressione atmosferica. I principali inquinanti atmosferici da individuare e quantificare sono: anidride carbonica, anidride solforosa o solforica, ossidi di azoto, ozono e ossidanti, acido cloridrico, fluoridrico e solfidrico,, polveri totali, acidità del materiale particellare, solfati, cloruri, nitrati, nitriti, gli ioni calcio, sodio, potassio, magnesio, ferro ammoniacale, e alcuni ioni metallici presenti in tracce nel materiale particellare. La campagna di rilevamento si avvale delle stazioni rilevatrici utilizzate per il rilevamento degli agenti inquinanti nelle aree urbane.
- **Telerilevamento** metodi ottici di ripresa superficiale quali fotografia B/N, a colori, è utile per evidenziare particolari e effetti delle patologie di degrado; fotografia all'infrarosso utilizza pellicole sensibili alle emissioni di radiazioni elettromagnetiche, consente di evidenziare discontinuità nei materiali.
- **Fotogrammetria** consente la ripresa e restituzione di immagini depurate dalle distorsioni delle ottiche fotografiche.
- **Termovisione** Si basa sul rilevamento delle radiazioni elettromagnetiche, emesse da tutti i corpi con temperatura superiore allo zero assoluto, consentendo di visualizzare su un monitor la distribuzione della temperatura superficiale. E' particolarmente utile nello studio del degrado dei rivestimenti perché evidenzia discontinuità, distacchi, bollature, stratigrafie. E' possibile individuare elementi strutturali, ecc.;



le zone umide o asciutte danno luogo a differenti flussi di emissione termica rendendole visibili, sulle pietre calcaree è possibile individuare le zone solfatate in quanto la temperatura è diversa rispetto alle zone carbonatiche.

- **Endoscopia** è necessaria per esaminare otticamente cavità o condotti non accessibili con endoscopi formati da telecamere a fibre ottiche dotati di apparecchi illuminanti.
- **Magnetometria** impiegata per individuare materiali ferrosi inglobati in altri materiali. Lo strumento più diffuso è il metal-detector.
- **Colorimetria** utilizza la fotografia parametrizzata, ovvero la ripresa del manufatto con il corredo di colorimetri standardizzati secondo la scala Munsen e delle successive analisi di laboratorio.

**Indagini attive o invasive**

- **Indagini soniche mediante fonometri** Il suo uso si basa sul rilevamento della deformazione delle onde elastiche in un corpo sollecitato a compressione e/o a taglio: la velocità di propagazione delle onde elastiche diminuisce infatti con la diffusione delle stesse nel corpo stesso; la diminuzione è maggiore se c'è una disomogeneità del corpo.
- **Indagini ultrasoniche** Il metodo di misura si basa sulla determinazione della velocità di propagazione delle onde sonore attraverso il mezzo studiato e sulla registrazione del segnale ricevuto. Sono possibili tre tipi di misure: le misure della velocità del suono in superficie permettono di individuare le alterazioni superficiali, le misure radiate permettono di valutare l'omogeneità del materiale a distanza dalla superficie, e le misure in trasparenza permettono di analizzare il materiale in tutto lo spessore. E' possibile determinare il grado di omogeneità, la presenza di vuoti o fessure, gli strati componenti, il modulo elastico, il rapporto dinamico di Poisson.

### **Diagnosi e Materiali**

La campagna diagnostica deve permettere di determinare le caratteristiche chimico-fisiche oltre che del materiale specifico anche dei prodotti di alterazione, in modo da poter successivamente redigere una mappatura del degrado.

- **Pietre** le caratteristiche macroscopiche della pietra, individuate in primo luogo con esame visivo, sono: colore, abito cristallino, piani di sfaldatura, piani di sedimentazione, patologie di degrado, identificazione del tipo mineralogico. Mediante prove ottiche non distruttive (termovisioni, foto all'infrarosso e a luce radente) si individueranno discontinuità, alterazioni superficiali, quadro fessurativo, zone imbibite d'acqua, distaccate, alterate.

Per determinare le caratteristiche fisico-chimiche è necessario effettuare prove minimamente distruttive prelevando un campione da sottoporre ad analisi petrografica e chimica. Con la prima si determineranno struttura mineralogica, genesi e provenienza. L'analisi diffrattometrica ai raggi X permette di definire la composizione delle croste nere, e identificare le componenti argillose che se presenti rendono necessario evitare l'uso dell'acqua per la pulitura.

Con l'analisi chimica si identificheranno le sostanze presenti attraverso: la microanalisi, la fluorescenza ai raggi X, la spettrometria, la fotometria, la colorimetria. Per identificare la microflora si dovrà ricorrere a ricerche al microscopio in modo da permettere di individuare l'intervento biocida più idoneo.

- **Metalli** dovranno essere effettuati due ordini di indagini conoscitive: per determinare la natura del materiale, e per determinare la funzionalità strutturale. L'esame visivo, in prima istanza, individua le patologie di degrado; con analisi chimiche e metallografiche minimamente distruttive si determina la composizione chimica del metallo e delle patine.

In particolare con l'indagine per diffrazione ai raggi X o l'elettrografia per emissione, si stabilisce la composizione dei materiali cristallini che si formano in superficie a seguito delle reazioni patologiche, permettendo di scegliere i prodotti detergenti.

Le indagini strutturali, attraverso prove non distruttive come la termografia, la gammagrafia, la radiografia ai raggi X, la fotografia ad infrarosso e a luce radente, permettono di valutare le modalità di diffusione delle temperature nella struttura, che determinano movimenti anche di grande ampiezza, rapportabili alle dimensioni del manufatto, e che possono essere all'origine di dissesti soprattutto se i vincoli non sono in buono stato.

Inscindibile dalle indagini diagnostiche su strutture metalliche sarà la verifica statica.

## MODALITÀ ESECUTIVE DEGLI INTERVENTI RESTAURO OPERE LAPIDEE

### DEMOLIZIONI E RIMOZIONI

Le demolizioni in presenza di manufatti di pregevole valore storico-architettonico andranno effettuate con la massima cura e con le necessarie precauzioni. Dovranno essere eseguite con ordine in modo da non danneggiare le parti che dovranno essere conservate; l'appaltatore dovrà provvedere al puntellamento e alla messa in sicurezza provvisoria di tutte le porzioni di fabbrica per le quali non sono previste le opere di demolizione.

Tutti i materiali riutilizzabili a giudizio insindacabile della D.L., provenienti dalle demolizioni, resteranno di proprietà dell'Amministrazione; dovranno essere scalcinati, puliti, trasportati e immagazzinati nei luoghi indicati dalla D.L., mettendo in atto tutte le cautele atte ad evitare danneggiamenti dei materiali riutilizzabili.

### SISTEMI DI PULITURA DEI MATERIALI LAPIDEI

Prima di iniziare a pulire i manufatti di particolare valore storico-artistico, l'Appaltatore dovrà fare analizzare le croste e le superfici dei materiali al fine di determinare, sia la natura, la consistenza e la reattività chimica della sostanza inquinante, che l'inerzia chimica, la compattezza e la porosità delle superfici.

Dovrà, altresì, adottare esclusivamente sistemi non aggressivi, o ad aggressività controllata utilizzando prodotti aventi caratteristiche conformi a quelle richieste dal presente capitolato.

Dovrà, infine, prima di procedere alla pulitura, controllare i risultati forniti dall'esame delle superfici campione già trattate con i sistemi richiesti e tenere presente che sarà assolutamente vietato asportare durante l'esecuzione della pulizia, parti anche millesimali di materiale lapideo, o eliminare, nell'ambito del possibile, la tipica colorazione denominata patina.

- **Pulitura manuale.** L'Appaltatore dovrà eseguirla adoperando esclusivamente spazzole a setola morbida, di saggina o di nylon; potranno essere utilizzati bisturi per interventi puntuali. Sarà assolutamente vietato utilizzare spatole, carte abrasive (anche a grana sottile) e pietra pomice, salvo diverse disposizioni della D.L.

- **Pulitura con acqua nebulizzata.** 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 5-10 micron. L'irrorazione utilizzerà una pressione di circa 3 atmosfere (2,5/4 atm.). L'operazione dovrà essere effettuata con temperatura esterna di almeno 14 C°; il tempo di intervento, che non dovrà comunque superare le 4 ore per evitare una eccessiva impregnazione, dipenderà dall'ammorbidimento delle croste che dovranno essere asportate mediante spazzole di saggina. L'Appaltatore, distribuiti i tubi adduttori lungo tutta la superficie, inizierà la pulizia dall'alto nebulizzando l'acqua mediante speciali atomizzatori autorizzati dalla D.L., il cui getto non dovrà mai essere indirizzato direttamente sulle superfici; il metodo sfrutta, quindi, la capacità emolliente dell'acqua durante la caduta.

L'efficacia della pulitura sarà determinata non tanto dalla quantità d'acqua impiegata, quanto dal fatto che essendo nebulizzata e, quindi, costituita da numerose microparticelle aventi una area superficiale molto estesa, avrà una superficie di contatto con i materiali da pulire maggiore di quella dell'acqua impiegata senza nebulizzazione.

In ogni caso, il quantitativo d'acqua da impiegare su materiali assorbenti, o corpi fessurati, dovrà assolutamente essere limitato in quanto dannoso.

L'Appaltatore dovrà provvedere a che il deflusso delle acque di lavaggio non arrechi danno, proteggendo adeguatamente i manufatti non sottoposti all'intervento, dovrà ottemperare a quanto disposto dalla L.475/88 relativamente al recupero delle acque di lavaggio e successivo smaltimento.

- **Soluzioni acquose ad azione solvente e/o complessante** Le sostanze specifiche da utilizzarsi in sospensione non devono avere PH superiore a 8,0 e inferiore a 5,5; sono generalmente supportate con materiali ispessenti quali le argille assorbenti (sepiolite, attapulgit) o la polpa di carta, che ne permettono l'applicazione ad impacco, per tempi da stabilire in base a test di pulitura. L'Appaltatore avrà l'obbligo di mantenere l'impacco attivo sui depositi da rimuovere per il tempo ritenuto necessario dalla D.L. ad assolvere la sua funzione detergente. Nel caso di patine biologiche spesse è possibile usare gli stessi

supportanti con le soluzioni di biocidi specifici, con le stesse modalità applicative e tempi di applicazione determinati tramite campionature e comunque non superiori alle 24 ore.

- **Microsabbatura di precisione.** La microsabbatrice è uno strumento di precisione che sfrutta l'azione fortemente abrasiva di microsfele di vetro, o di albumina (40 micron) spinte da aria compressa. L'analisi delle superfici da trattare è funzionale alla scelta di:

- tipo di polvere,
- granulometria delle polveri (da 10 a 100 micron)
- pressione di esercizio (da 2 a 6 atmosfere)
- distanza operativa e inclinazione della lancia.

L'Appaltatore, per effettuare microsabbature, dovrà impiegare solo personale specializzato, opportunamente protetto, ed operare esclusivamente sulle zone ricoperte da incrostazioni, avendo cura di proteggere le superfici non soggette a trattamento (sistema consigliato dall'ICR).

## BONIFICA DA MACRO E MICROFLORA

Un particolare tipo di pulitura è quello che riguarda la bonifica da vegetazione inferiore o superiore: muschi, licheni, alghe, apparati radicali di piante infestanti. I trattamenti possono essere effettuati in maniera meccanica e/o spargendo disinfestanti liquidi. Sono interventi da effettuarsi in maniera puntuale localizzata utilizzando prodotti la cui capacità tossica decada rapidamente.

### Eliminazione di piante superiori

L'azione delle radici sulle strutture comporta danni di natura chimica e di natura meccanica dovuti alla spinta perforante degli apparati radicali; oltre a produrre detta azione meccanica i varchi aperti dagli apparati radicali sono veicolo di infiltrazione di acque meteoriche che attraverso i cicli di gelo-disgelo aumentano progressivamente le aree interessate da fenomeni fessurativi. L'eliminazione della vegetazione infestante dovrà avvenire in due fasi:

- estirpazione meccanica;
- irrorazione con agenti chimici;

**Estirpazione meccanica.** Tutte le specie dovranno essere estirpate nel periodo invernale, con mezzi che assolutamente non alterino la struttura e che quindi tengano conto della resistenza allo strappo opposta dalle radici, l'impossibilità di raggiungere con mezzi meccanici le radici e i semi penetrati in profondità.

**Agenti chimici.** I requisiti fondamentali di un formulato ottimale saranno l'assenza di qualsiasi azione chimica o fisica diretta sulle strutture. Il prodotto dovrà essere incolore, trasparente e non lasciare residui inerti stabili, dovrà essere atossico per l'uomo e gli animali, avere neutralità chimica e assenza di fenomeni inquinanti per le acque. Dovrà essere stabile cioè restare nettamente entro i limiti della zona di distribuzione. Si consiglia un'applicazione a spruzzo sull'apparato fogliare o a iniezione su quello radicale. E' necessario successivamente all'applicazione dei formulati un controllo sull'efficacia dopo 60 giorni.

- Composti fosfo-organici (glyphosate)
- Miscele di due triazine (terbutilazina-secbumeton)

### **Eliminazione di alghe, muschi e licheni**

La presenza di questi agenti è riscontrabile in aree fortemente umide, in ombra, interessate da acque di risalita o da umidità di condensazione. Nei limiti del possibile è quindi necessario eliminare dette cause per evitare che la disinfestazione perda efficacia. Muschi, alghe e licheni esercitano una azione di disgregazione del substrato che gli ospita alterando anche cromaticamente l'aspetto della superficie. I biocidi sono generalmente solubili in acqua e saranno utilizzati in soluzioni dal 1 al 2%, potranno essere utilizzati ad impacco, su patine spesse, con supportanti quali polpa di carta, argille assorbenti, con tempi di applicazione lunghi; il trattamento dovrà sempre essere concluso da abbondanti lavaggi con acqua. Saranno utilizzati sali di ammonio quaternario (benzalconio cloruro). Dovendo trattare superfici con presenza di muschi sarà necessario precedere l'operazione di disinfestazione da una rimozione meccanica dei substrati argillosi su cui crescono i muschi.

## TRATTAMENTI CONSOLIDANTI DEI MATERIALI LAPIDEI

In genere l'Appaltatore provvederà al consolidamento solo dopo la rimozione delle sostanze inquinanti (efflorescenze saline, concrezioni, crescite microorganiche, erbe, arbusti, terriccio ecc.) ; si procederà a preconsolidare il materiale lapideo se dovesse presentare superfici microfessurate e a scaglie, queste ultime, prima dell'esecuzione della pulizia, dovranno essere fissate con i prescritti adesivi.

A seconda del materiale da consolidare, i prodotti consolidanti potranno essere applicati mediante:

- **velinatura:** per superfici di particolare pregio, modanate o figurate, sarà eseguita con carta giapponese facendola aderire alle scaglie mediante resine sintetiche diluite in solvente organico. Negli

altri casi l'Appaltatore farà aderire alle parti da risanare uno strato in velatino di cotone mediante un adesivo di tipo reversibile diluito con l'apposito solvente. La velinatura potrà essere rimossa con gli stessi solventi. Durante e dopo l'intervento, l'Appaltatore dovrà adottare le seguenti precauzioni al fine di evitare eventuali azioni corrosive e disagregatrici esercitate da agenti biodeteriogeni:

- aggiungere alla miscela composta da adesivi sintetici, o da malte, i prescritti biocidi (fungicidi, algicidi ecc.) nelle quantità consigliate dai produttori e stabilite dalla D.L.;
- trattare preventivamente i velatini di cotone con i prescritti biocidi;
- disinfestare, dopo aver rimosso le protezioni, le superfici dei rivestimenti.

Se le superfici, oggetto dell'intervento di recupero, dovessero venire protette con l'uso di supporti rigidi, l'Appaltatore dovrà applicarvi sopra, in base alle modalità di progetto e alle direttive della D.L., un antiadesivo, uno strato ammortizzante, o un pannello in legno sagomato.

- **pennello morbido sino a rifiuto:** si utilizzano i prodotti in soluzione particolarmente diluita, aumentando gradualmente la concentrazione sino ad oltrepassare lo standard nelle ultime mani; sarà utile alternare mani di soluzioni delle resine a mani di solo solvente per favorire la penetrazione e ridurre al minimo l'effetto di bagnato; le applicazioni andranno eseguite su superfici pulite, perfettamente asciutte, con temperatura ambiente compresa tra i + 5°C e + 25°C; ogni strato di prodotto sarà applicato dopo l'asciugamento dello strato precedente. Le superfici da trattare dovranno essere protette dalla pioggia, non si potranno effettuare applicazioni se lo strato igrometrico supererà il 75% di U.R. o in presenza di vento con particelle inquinanti in sospensione.

## INCOLLAGGI E STUCCATURE DEI MATERIALI LAPIDEI

L'appaltatore provvederà al fissaggio di frammenti completamente distaccati mediante l'utilizzo di adesivi strutturali e/o di perni nonché a completamento degli interventi di conservazione con la riduzione delle discontinuità del materiale mediante stuccatura, allo scopo di ricostruire una superficie quanto più possibile uniforme e pervia all'acqua.

- **incollaggi:** l'impiego delle resine epossidiche per l'incollaggio di parti fratturate dovrà essere limitato alla zona più profonda delle fratture, evitando l'esposizione della stessa alla luce e agli agenti atmosferici; le parti superficiali andranno completate con materiali meno sensibili; per l'incollaggio di parti sottoposte a sollecitazioni meccaniche si provvederà all'infissione di perni in acciaio AISI 316; per giunzioni di parti più ridotte si utilizzeranno perni in vetroresina;

- **iniezione:** consolidamento delle parti risultate decoese con iniezioni a bassa pressione (0,5-1 kg/cmq) di resina epossidica, anche mediante esecuzione di fori e comunque a seconda della diffusione delle fessure,

la temperatura delle superfici e dell'ambiente dovrà essere compresa tra i + 5°C e + 25°C, lo strato igrometrico non dovrà superare il 60/70% di umidità relativa

- **stuccature:** Le stuccature andranno realizzate con malte a base di calce idraulica e polvere di litotipo il più possibile simile al materiale da stuccare; è consentita l'aggiunta di terre colorate per raggiungere anche un effetto cromatico similare; le stuccature vanno effettuate non solo sulle fratture più evidenti ma estese anche alle fessure dimensionalmente più ridotte; le stuccature possono essere consolidate insieme al materiale lapideo al quale sono state applicate; è consentito che la stuccatura sia sottolivello di qualche millimetro.

## TRATTAMENTI PROTETTIVI DEI MATERIALI LAPIDEI

L'Appaltatore, prima di procedere a qualsiasi tipo d'applicazione, avrà l'obbligo di:

- eliminare le fessure, i giunti, le sconnessioni e qualsiasi altro difetto costruttivo;
- eliminare ogni possibile infiltrazione d'acqua al fine di evitare possibili migrazioni di sali all'interno del materiale;
- eliminare dal manufatto qualsiasi traccia di solventi, detergenti, depositi organici ed efflorescenze saline;
- proteggere le superfici che potrebbero essere danneggiate dall'intervento;
- eseguire l'impregnazione con temperature ambientali comprese fra i 5° ed i 25°C;
- proteggere dalla pioggia per almeno un giorno le superfici impregnate.

**Idrofobizzazione.** L'Appaltatore potrà procedere al trattamento idrofobizzante delle superfici esterne dei manufatti solo dopo aver effettuato, se prescritto dagli elaborati di progetto, una loro impregnazione con effetto consolidante. I lavori andranno eseguiti previa l'accurata pulizia delle superfici.

Prima di dare inizio ai lavori, dovrà eseguire prove applicative su superfici campione al fine di determinare la quantità di materiale occorrente e di verificare, se prescritto, mediante specifiche analisi di laboratorio, la validità del trattamento, la profondità d'impregnazione e la compatibilità fisico-chimica della sostanza impregnante con il supporto.

Gli impregnanti, salvo diverse prescrizioni, dovranno essere applicati su fondi asciutti.

L'Appaltatore dovrà, dopo la pulizia con acqua, o in caso di pioggia, attendere che le superfici, traspirando, riacquistino il loro naturale tasso di umidità.

Per ottenere una profonda ed efficace impregnazione si potranno utilizzare:

- pennelli purchè la sostanza impregnante venga stesa più volte fino a completa saturazione del manufatto;
- altre tecniche purchè siano in grado di trattenere la sostanza impregnante su supporto per il tempo occorrente a realizzare un completo assorbimento ed a condizione che non comportino alcun pericolo per l'integrità del manufatto.

Qualora venissero impiegati sistemi a spruzzo, gli ugelli dovranno essere tenuti ad una distanza di almeno 10-15 cm in modo da evitare il ricorso a pressioni elevate.

L'Appaltatore, infine, durante il periodo estivo dovrà evitare l'impregnazione di superfici soleggiate e durante l'inverno proteggere con teli le superfici esposte alle piogge evitando il trattamento con temperature inferiori a 0°C.

## MURATURE

Negli interventi di conservazione delle murature sarà buona norma ricorrere a materiali compatibili con gli originali, sarà così possibile una più sicura integrazione dei nuovi elementi evitando di creare una discontinuità nella resistenza chimica, fisica e meccanica.

Sarà sempre obbligo utilizzare tecniche e materiali compatibili ma perfettamente riconoscibili quali espressione degli attuali tempi applicativi.

- **Sostituzione muraria scuci-cuci:** L'intervento consiste nell'integrazione di parti di murature non più recuperabili attraverso la graduale sostituzione, che dovrà essere eseguita senza interrompere la funzionalità statica della muratura. Si procederà identificando le zone d'intervento, la demolizione dovrà essere eseguita con mezzi manuali aprendo una prima breccia e ricostruendo la porzione demolita con muratura di mattoni pieni e malta magra di cemento, i mattoni dovranno essere posti in opera ammorsando da una parte la nuova struttura con la vecchia muratura resistente e dall'altra parte lasciando le ammorsature libere di ricevere la successiva muratura di sostituzione.

- **Fissaggio paramenti sconnessi e/o in distacco:** L'intervento dovrà essere eseguito provvedendo in primo luogo alla pulitura secondo i metodi precedentemente descritti, successivamente si provvederà alla estrazione degli elementi smossi, in fase di caduta o parziale distacco, alla pulizia delle superfici di appoggio e alla preparazione dei piani di posa con una malta analoga all'originale. Si eseguirà la ricollocazione in opera degli elementi rimossi e la chiusura sottoquadro dei giunti mediante la stessa malta, avendo cura di sigillare le superfici d'attacco mediante colatura o iniezioni di miscele fluide di malta.

- **Ristilatura dei giunti di malta:** La prima operazione da effettuare è la eliminazione dei giunti di malta incoerenti o incompatibili, cioè eseguiti con malte cementizie; l'operazione dovrà essere eseguita manualmente utilizzando scalpelli di dimensioni ridotte e idonee evitando di intaccare il manufatto originale. Successivamente si eseguirà l'accurata pulizia dei giunti con spazzole, pennelli, aspiratori. Previa abbondante bagnatura, si eseguirà la stilatura comprendente una prima malta di sottofondo di calce idraulica e sabbia vagliata (rapporto legante inerte 1:2), la finitura si effettuerà con grassello di calce e sabbia eventualmente additivata con polveri di marmo o cocciopesto a seconda dell'esistente. La ristilatura di finitura dovrà avvenire sempre in leggero sottoquadro e dovrà prevedere una finitura di regolarizzazione mediante spugne inumidite.

## COLLOCAMENTO IN OPERA DI MANUFATTI IN PIETRA

Tanto nel caso in cui sia richiesta la fornitura o nel caso in cui l'Appaltatore sia incaricato di eseguire la sola posa dei manufatti in pietra naturale da taglio dovrà avere la massima cura volta ad evitare nell'esecuzione delle diverse operazioni di carico, trasporto, scarico, collocamento in sito e fino al collaudo, che possano verificarsi danneggiamenti, fratture, degli elementi in pietra. Dovrà pertanto provvedere alle opportune protezioni, restando obbligato a ripagare a sue spese ogni danno riscontrato.

Per ancorare tra loro i diversi pezzi di marmo o pietra si adopereranno grappe, perni, o staffe in acciaio inox, o in casi particolari in rame, come sopra specificato; qualora risultassero dei vuoti tra rivestimenti e murature dovranno essere riempiti con malta idraulica fina o mezzana, sufficientemente fluida da saturare tutti i vuoti, la stessa malta sarà utilizzata per l'allettamento in piano. E' vietato l'impiego di conglomerato cementizio a presa rapida tanto per la posa che per il fissaggio provvisorio dei pezzi, come pure è vietato l'impiego di malta cementizia per l'allettamento dei marmi.

Le commessure dovranno essere effettuate a perfetto combaciamento, avendo cura di togliere zeppe e cunei di legno al termine della posa in opera, saranno stuccate.

I piani superiori di pietre o marmi posti in esterno dovranno avere le opportune pendenze per il convogliamento delle acque piovane.

Sarà a carico dell'Appaltatore il ridurre e modificare le murature e ossature ed eseguire i necessari scalpellamenti o incamerazioni, in modo da consentire la perfetta posa in opera dei marmi e delle pietre.