

# LE SUPERFICI ESTERNE DEGLI EDIFICI: MATERIALI E DEGRADO

## 1. INTRODUZIONE

Lo studio dei materiali costituenti le superfici esterne degli edifici e l'analisi delle forme di degrado che le colpiscono, concorrono al raggiungimento degli obiettivi prefissi dal Piano del Colore, ossia la volontà di diffondere una cultura della conservazione, della cura preventiva degli edifici aventi caratteristiche storico-architettoniche da tramandare, della buona manutenzione dell'edificato.

Le superfici esterne degli edifici realizzate in intonaco sono state spesso considerate "*superfici di sacrificio*", da sostituire in tutto o in parte ciclicamente, in modo da mantenere alti i livelli prestazionali della muratura sottostante, oltre naturalmente a pretese scelte di carattere estetico.

Questa consuetudine, nel caso di edifici rea-lizzati con tecniche tradizionali e facenti parte del tessuto storico della città, non ha oggi piena validità, essendo considerato oggetto di tutela e conservazione la "*materia*" costituente l'edificio e non solo la sua forma architettonica. La materia, infatti, è portatrice di segni e significati di valore storico-documentale; essa costituisce elemento fondamentale per la conoscenza delle antiche tecniche costruttive ed ha un valore simbolico, connotando l'immagine urbana. Il naturale invecchiamento dei materiali e, dunque, le patine che li rivestono sono segni di

autenticità e, in quanto tali, vanno conservati. Sarà quindi buona norma tendere alla minore sottrazione possibile di materia; la conservazione dei paramenti originali avverrà attraverso interventi tesi all'eliminazione delle cause degli eventuali distacchi ed al ripristino della coesione tra supporto e finitura.

È chiaro che "*conservare la materia*" implica un impegno considerevole, da parte sia del progettista, sia delle Amministrazioni, vista la notevole estensione dell'edilizia storica da salvaguardare; la manutenzione del costruito storico minuto, infatti, non essendo oggetto di vincolo di tutela, è attualmente soggetta alle normali dinamiche economiche di mercato, e la realizzazione stessa degli interventi dipende fortemente dai privati e si attua attraverso una quantità di interventi diffusi e puntuali, difficilmente regolamentabili in assenza di uno strumento di coordinamento come un Piano del Colore.

Affrontare il tema della consistenza materiale delle superfici all'interno di un Piano significa, quindi, individuare non solo le antiche tecniche costruttive ed i materiali impiegati nell'arco della vita utile degli edifici, ma anche le tecniche e le tecnologie attuali che possono essere ritenute, di volta in volta, utili per una fattiva conservazione dei manufatti.

Anche in relazione al tema specifico del Piano, vale a dire il colore, bisogna affronta-

re l'aspetto materico; l'antico colore, realizzato con tinte a calce o dato direttamente in pasta con l'intonaco, spesso disposto su numerosi strati sovrapposti, è un importante documento materico e linguistico dell'edificato storico e costituisce uno strumento prezioso nell'impostazione progettuale delle coloriture urbane.

L'impiego ormai diffuso di sistemi pellicolanti e di derivati plastici per la tinteggiatura di supporti aventi caratteristiche costruttive legate alle tecniche tradizionali altera completamente il valore intrinseco della materia, trasformando le trasparenze proprie delle tinte a calce ed i suoi cromatismi estremamente vari in un colore uniforme, piatto, opaco, soggetto ad un rapido degrado, e rende vano qualsivoglia intervento di conservazione, modificando irrimediabilmente la reattività chimica dei materiali preesistenti.

Risulta a questo punto evidente che, per recuperare l'immagine dei centri storici e per rendere attuale e contestuale l'uso di uno strumento normativo come il Piano del Colore, si è scelto di applicare, in prima istanza, le tecniche conservative<sup>1</sup> - di prevenzio-

1 Il Piano del Colore viene qui inteso, non come un semplice intervento di recupero e ripristino delle superfici edilizie, ma come una problematica interna alla ben più ampia disciplina del restauro urbano, ritenendo inseparabile il tema delle coloriture degli edifici di elevato valore storico architettonico dal restauro architettonico.

ne, salvaguardia, e manutenzione - per il mantenimento integrale dei paramenti originali, della *"materia antica"*, della forma architettonica della fabbrica.

Nel caso in cui non sia pensabile un intervento conservativo - ad esempio, nel caso di edifici che hanno perso ogni traccia dell'antica finitura ma che necessitano di manutenzione, di edifici storici la cui elevata condizione di degrado unita ad una pregevolezza delle finiture minima non ne giustifica economicamente la conservazione, ecc. - s'interverrà con un *"progetto del nuovo"*, mediante sovrapposizione di nuovi materiali e colori a quelli preesistenti, rispettandone sempre la compatibilità tecnologica ed ambientale; la scelta della cromia sarà fondata sulla lettura dei rapporti che intercorrono tra l'edificio ed il suo contesto.

A sostegno di tale scelta, ricordiamo che qualunque intervento, anche quello di conservazione pura, si riconduce all'attuale, al tempo presente e quindi sarà sempre identificabile come un intervento nuovo sul costruito.

Si ritiene a questo punto necessario dare indicazioni di carattere puntuale sia sui materiali costituenti le superfici degli edifici storici, sia sulle cause e sulle caratteristiche dei fenomeni di degrado che le colpiscono, attraverso le regole e le norme dettate dagli attuali criteri del moderno restauro.

Nelle pagine seguenti saranno indagati i materiali nelle loro caratteristiche generali, cercando di contestualizzare l'uso delle moderne tecnologie in ambiti storicizzati e di indicare metodologie applicabili anche per un'edilizia storica minore, per la quale le risorse economiche sono sempre ridotte.

Per individuare una metodologia corretta sull'analisi da svolgere per la redazione di un Piano del Colore, riportiamo infine degli accenni alle analisi compiute per la redazione dei piani presentati con questo volume.

## 2. MATERIALI: CARATTERISTICHE E NORME

Base di partenza per la stesura di un Piano del Colore è il riconoscimento della espressività dei materiali e delle tecniche tradizionali impiegate.

Per progettare ed attuare validi interventi di conservazione e restauro - più in generale interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria - delle superfici esterne degli edifici storici devono essere analizzate le forme di degrado che le colpiscono. A tal fine si è reputato necessario in prima istanza descrivere le caratteristiche tecniche dei materiali preesistenti, visto che questi dovranno interagire con i materiali nuovi, da impiegarsi nei suddetti interventi. Per una buona riuscita dell'intervento manutentivo e per la conservazione della materia storica che costituisce l'edificio, si dovranno prevedere ed evitare quei problemi di incompatibilità tecnologica che sorgono quando i materiali presenti in sito hanno caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche diverse da quelle dei materiali di nuovo impiego.

Attualmente, la principale causa di degrado delle superfici edilizie, oltre alla carenza e talvolta alla totale assenza di manutenzione, è, infatti, la presenza simultanea di materiali incompatibili, determinata da precedente intervento errato: spesso la mancata comprensione dei fenomeni di degrado della

materia e delle cause che li hanno attivati, ha portato all'aggiunta sulle superfici di materiali rilevatisi successivamente dannosi per la conservazione della materia storica.

Per poter meglio comprendere il concetto di incompatibilità tecnologica, ne definiamo quelle forme che si possono innescare tra i diversi strati della materia (muratura-intonaco, intonaco-tinta):

### 2.1 Incompatibilità di tipo chimico

Si parla di incompatibilità di tipo chimico quando determinate reazioni chimiche necessarie all'adesione della finitura al supporto non possono avvenire: l'impiego di materiali *"nuovi"* su supporti preesistenti possono innescare meccanismi incontrollabili, che genereranno nuovo degrado. Caso esemplare è la coloritura di un supporto (intonaco) - trattato in precedenza con pitture polimeriche - con materiali tradizionali (tinta a calce): in tali condizioni l'adesio-

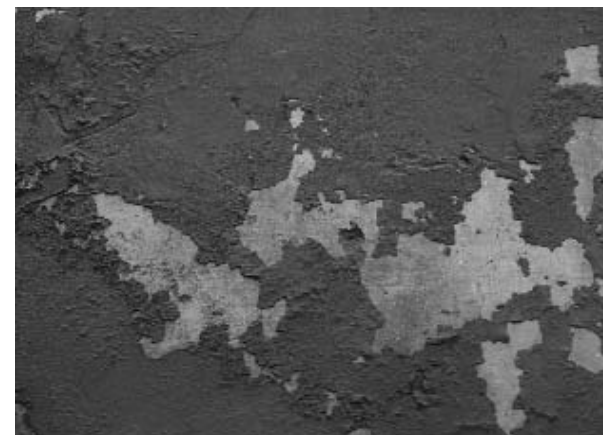


fig. 1 - Esempio di pitturazione polimerica stesa su una precedente tinta tradizionale.

ne chimica tra intonaco e tinta, con formazione di legami stabili e duraturi, è resa impossibile dalla presenza della pellicola polimerica.

## 2.2 Incompatibilità di tipo fisico-meccanico

Si parla di incompatibilità di tipo fisico-meccanico quando non è rispettata la regola della crescente elasticità e porosità tra gli strati, dal più interno (meno elastico e meno poroso) al più esterno (che avrà elasticità e porosità uguale o maggiore agli strati più interni). In altri termini, si dovrebbe evitare di sovrapporre a strati preesistenti altri più rigidi dei sottostanti per evitare la comparsa di fessurazioni sullo strato più esterno. Esempio di incompatibilità di tipo fisico-meccanico è l'applicazione di una finitura cementizia su intonaco di calce aerea. Per evitare perdite di aderenza tra i vari strati, dunque, è opportuno graduarne in modo crescente



fig. 2 - Esempio di distacchi dovuti all'impiego di diversi materiali

(dal supporto verso la finitura esterna) i moduli elastici, le porosità e le resistenze meccaniche, oltre che il dosaggio complessivo dei leganti.

Per acquisire le conoscenze indispensabili alla caratterizzazione dei materiali lapidei, è necessario attivare un processo analitico attraverso il quale delineare le caratteristiche tecniche del materiale stesso, le sue condizioni, all'attuale, ed i limiti del suo recupero.

L'obiettivo di questa fase conoscitiva è consentire una più facile individuazione dei fenomeni di degrado - ogni materiale, in base alle sue caratteristiche tecniche, è soggetto a specifici fenomeni di deterioramento e decadimento - con una conseguente e appropriata progettazione ed esecuzione degli interventi necessari (siano essi di tipo conservativo, o puramente manutentivi), la cui durabilità sarà quindi maggiore e la possibilità dell'insorgere di nuove patologie controllata.

In un primo momento vengono condotte indagini di tipo macroscopico, tendenti ad individuare i diversi litotipi di origine naturale e di origine antropica.

Attraverso un rilievo preliminare vengono raccolti i dati oggettivi relativi alla materia costituente la superficie ed alle tecniche costruttive impiegate; materiali e tecniche vengono messi in relazione con le condizioni ambientali di contorno: il microclima e gli agenti inquinanti modificano, infatti, la risposta dei materiali.

In una seconda fase, di tipo diagnostico, i dati raccolti durante il rilievo vengono elaborati macroscopicamente, al fine di ottene-

re le prime indicazioni circa la specificità dei materiali, la presenza di fenomeni di degrado, le cause che li hanno indotti, la presenza di interventi precedenti errati, che hanno a loro volta causato o accelerato il degrado stesso, ecc.; vengono quindi individuate le fasi progettuali di massima e gli eventuali approfondimenti di tipo diagnostico.

Solitamente, nel caso specifico delle superfici esterne degli edifici, le indagini diagnostiche si limiteranno ad un'osservazione visiva; se ben condotta, essa sarà già in grado di fornire indicazioni precise sulle patologie che hanno colpito la materia e su come intervenire.

Nel caso si presentino problemi di una certa complessità o comunque in situazioni non sufficientemente determinabili macroscopicamente, si possono compiere delle indagini mineralogico-petrografiche<sup>2</sup>, delle indagini chimiche, fisiche, biologiche, che si avvalgono dell'utilizzo di moderne strumentazioni; l'osservazione visiva risulta comunque molto utile, perché oltre a dare significato ed organicità a quanto osservato in fase di rilievo, guiderà le indagini strumentali, riducendole al minimo.

Passiamo ora a considerazioni di carattere generale sui materiali impiegati negli edifici storici, considerando sia i litotipi naturali, con i quali dovremo confrontarci nel caso di murature a faccia vista, sia i litotipi di ori-

<sup>2</sup> Attraverso le indagini mineralogiche e petrografiche si identifica il tipo di lapideo, sia naturale, sia antropico, e si stabilisce il suo stato di conservazione. Questo tipo di indagine è interessante, perché permette di stabilire, con un'accettabile approssimazione, il luogo di provenienza del materiale, legandolo ad una specifica località di estrazione.

gine antropica, costituenti gli intonaci.

### 3. MATERIALI LAPIDEI

Con il termine materiale lapideo si intende, in accordo alle Raccomandazioni NorMaL<sup>3</sup>, oltre che i marmi e le pietre propriamente detti, anche i materiali antropici, cioè gli stucchi, le malte, gli intonaci ed i prodotti ceramici impiegati in architettura (laterizi e cotti).

#### 3.1. Materiali lapidei naturali

Una classificazione delle pietre generalmente accettata è quella derivante dalla loro genesi. Secondo questo criterio, possono distinguersi tre macro-aree rappresentate dalle rocce *magmatiche o ignee, sedimentarie e metamorfiche*.

- *Rocce magmatiche o ignee*; hanno origine dalla cristallizzazione del magma di composizione prevalentemente silicata. La cristallizzazione può realizzarsi in diversi ambienti; quando avviene al di sotto della superficie terrestre si parlerà di *rocce intrusive*, quando avviene sulla superficie terrestre si parlerà di *rocce effusive*. Le rocce ignee hanno pH generalmente acido. Appartengono a questa categoria materiali quali il granito, il porfido e il basalto.
- *Rocce sedimentarie*; hanno origine dalla rielaborazione sulla superficie terrestre dei materiali affioranti. Le rocce preesistenti sono frantumate, disciolte e trasformate. Le rocce sedimentarie hanno pH generalmente basico. Appartengono a questa categoria i conglomerati, i calcari,

i travertini, i tufi e le arenarie.

- *Rocce metamorfiche*; hanno origine dalla trasformazione per cristallizzazione di rocce preesistenti (sedimentarie o magmatiche) che vengono a trovarsi in condizioni chimico fisiche diverse dalle originali. A questa classe appartengono: ardesia, quarzite, gneiss, e molti marmi policromi; in funzione delle diverse quantità di materiali costituenti si avranno diversi gradi di pH.

Nell'area geografica oggetto di studio, i principali materiali lapidei impiegati nelle costruzioni sono i calcari ed i prodotti dell'apparato vulcanico del Roccamonfina. Tra i calcari più diffusi troviamo il cosiddetto *coreno*<sup>4</sup>, il cui impiego è legato ad un uso millenario; se ne trovano elementi in vari siti archeologici, tra i quali ricordiamo l'antica *Minturnae*.

Tra i prodotti del Roccamonfina, quelli maggiormente diffusi in quest'area sono le diverse *facies* dell'*ignimbrite*<sup>5</sup> (il cosiddetto tufo grigio campano) ed il tufo giallo casertano.

In figura 3 vediamo come spesso i materiali da costruzione coesistono all'interno della stessa cortina edilizia e talvolta nello stesso edificio.

In particolare, l'impianto originario degli edifici castelfortesi veniva spesso realizzato in pietra calcarea, reperibile quasi in loco, e filari di laterizio; nelle sopraelevazioni venivano utilizzati materiali diversi, come l'ignimbrite e il tufo giallo. Da questo esempio, risulterà chiara l'importanza dello studio dei materiali, sia per determinare temporalmente le varie fasi costruttive, sia per dare adeguate indicazioni progettuali.



fig. 3 - Fronte eterogeneo per materiali impiegati nelle costruzioni

- 3 In stretta connessione con le problematiche legate alla conservazione dei lapidei negli edifici e nei monumenti storici, si sono andate sempre più sviluppando ed affinando le conoscenze sulle cause del degrado e sui processi di alterazione. A tale scopo sono state concepite in Italia una serie di "Raccomandazioni" (NorMaL) viste come proposta di metodi sperimentali di studio e di controllo dell'alterazione dei materiali lapidei. La definizione di materiale lapideo è riportata nelle avvertenze delle Raccomandazioni "NorMaL-1/88. Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei: lessico", CNR-ICR, Roma 1990.
- 4 Il coreno è un calcare mitrico, costituito prevalentemente da resti organici, interi o in frammenti di strutture corallifere fossili. Nel sud pontino, le cave di coreno sono localizzate nei pressi dei Comuni di Castelforte e di SS.Cosma e Damiano.
- 5 La prima facies comprende i banchi incoerenti e polverulenti e i tufi grigi appena cementati; essa ricopre le porzioni superficiali e periferiche delle colate ai limiti del sistema Roccamonfina. La seconda facies, più profonda e centrale, è costituita da qualità maggiormente autocementate, quali il tufo piperinoide ed il piperno.

Ritornando allo studio dei materiali, riportiamo alcune indicazioni sui litotipi più utilizzati nell'area presa in esame.

Le pietre a componente calcarea sono particolarmente sensibili all'aggressione provocata dall'anidride solforosa e solforica.

Le tecniche di lavorazione per la realizzazione dei blocchi - la cosiddetta sbazzatura - impiegate nelle costruzioni storiche, sia quando queste compongono facciate con muratura a vista, sia quando sono intonacate, producono delle microfratture nel materiale, inducendone la disgregazione, soprattutto se tali superfici sono sottoposte a stress termici ed all'azione degli agenti atmosferici. Per evitare questo ed altri inconvenienti - come l'eccessivo assorbimento delle acque meteoriche - il calcare può essere levigato.

Materiali come marmi, tufi e arenarie sono soggetti ai fenomeni aggressivi dovuti agli inquinanti atmosferici; i meccanismi attraverso i quali avviene l'aggressione sono vari:

- Tramite la *pioggia*, nella quale gli inquinanti danno origine a sostanze chimiche di neoformazione;
- Tramite la condensazione dell'*umidità* sulle superfici, nella quale, di fatto, si concentrano inquinanti gassosi, liquidi e solidi che contribuiscono all'aggravarsi dei fenomeni di degrado;
- Tramite la *fissazione diretta dei gas a molecola polare*<sup>6</sup>, favorita dall'umidità.

In particolare, il tufo è un materiale facilmente attaccabile dai biodeteriogeni e, nel caso in cui risultasse a faccia vista, velocemente erodibile dall'azione combinata del vento e della pioggia battente.

### 3.2. Materiali lapidei antropici

#### 3.2.1. Malte

Le malte da intonaco sono costituite dalla miscela di uno o più leganti<sup>7</sup> con aggregati<sup>8</sup> ed acqua. Le proprietà della malta da intonaco sono determinate dalle diverse proporzioni esistenti tra gli aggregati ed il tipo di legante.

Gli intonaci degli edifici storici sono prevalentemente costituiti da malte a base di calce aerea o da malte a base di calce idraulica; tra queste ultime troviamo quelle con aggregati a comportamento pozzolanico e quelle contenenti cocchiopesto. Gli intonaci in malta possono essere colorati in pasta con inerti di varia dimensione e tipologia, nei diversi strati, e tinti da pigmenti color sabbia, ocra chiaro e bianchi; frequenti sono anche le tinte rosate, in genere caratteristiche degli edifici di fine '800 e del primo '900.

Talvolta troviamo anche malte bastarde o di tipo cementizio; questo tipo di intonaco, nell'edilizia storica, è sempre di rifacimento e quindi non originale. Il rifacimento degli intonaci con malte cementizie, insieme ai rivestimenti plastici, sono da evitare a causa della scarsa traspirabilità della struttura sottostante e dei conseguenti fenomeni di distacco ed esfoliazione dell'intonaco stesso; molto spesso sarà necessaria la sua rimozione poiché causa principale dei fenomeni di degrado.

L'edificio storico può presentare il paramento in pietra a vista, non protetto quindi dall'intonaco. In questo tipo di paramento, il materiale maggiormente esposto a fenomeni di degrado è la malta di allettamento,

meno durabile rispetto ai conci di pietra. Nel ripristino delle stilature, e quindi nella scelta del materiale da impiegarsi, devono essere evitati i casi di incompatibilità chimica e fisico-meccanica; l'impiego di materiali non compatibili potrebbe, infatti, indurre nuovi fenomeni di degrado (esempio: l'uso del cemento può produrre fenomeni disgregativi legati al rilascio degli additivi in esso contenuti ovvero può agire da cuneo tra i conci lì dove la sua resistenza meccanica è maggiore di quella della pietra). Per i motivi sopra elencati ed ai fini della conservazione dell'edificio, è consigliabile l'impiego di pietra da calce e di sabbie di produzione locale<sup>9</sup> per la preparazione delle malte.

Per indicazioni precise circa la caratterizzazione e la composizione di malte da impiegare in operazioni di restauro si rimanda a quanto enunciato nelle Norme UNI 10924, 11088-89, UNI EN 459-1:2002.

6 Attraverso questo meccanismo l'anidride solforosa sottratta all'atmosfera è catalizzata sulle superfici.

7 Per legante si intende la calce aerea e la calce idraulica, i cementi, i leganti sintetici a base di resine sintetiche, epossidiche, ecc. Tali materiali hanno la capacità di indurire, una volta a contatto con l'aria.

8 Per aggregato si intende un materiale inerte come la sabbia, la pietra macinata, la pozzolana o materiali a comportamento pozzolanico, il cocchiopesto, il caolino, ecc. La funzione dell'aggregato è quella di dotare il legante di una struttura di sostegno.

9 Nell'area presa in analisi in questo volume, è abbastanza comune l'impiego della pietra da calce di Traetto, avente una carica calcarea di granulometria fine impiegata nelle malte tradizionali, in sostituzione della pozzolana. Sono inoltre diffuse numerose varietà di sabbie presenti in giacimenti a fondo valle, negli alvei di fiumi e torrenti, provenienti dalla frantumazione dei calcari.

### 3.2.1.1. *Malte a base di calce aerea*

Sono malte aeree quelle a base di calce idrata o grassello di calce stagionato e aggregati non reattivi generalmente scelti tra sabbie silicee di fiume o di cava. La malta a calce e sabbia ha elevata porosità, compresa nell'intervallo 20-35%, ed elevata elasticità; ha una resistenza molto limitata, indurimento lento soprattutto per grandi spessori, grande sensibilità agli attacchi del gelo e degli inquinanti atmosferici aggressivi. Per contenere il rischio di cavillature, dovrà essere evitato l'utilizzo di malte troppo grasse<sup>10</sup>. Le malte aeree sono state usate diffusamente per la loro lavorabilità, apprezzate per la notevole durabilità se messe in opera a regola d'arte.

Le calce aeree dovranno rispondere ai requisiti di accettazione di cui al RD n. 2231 del 16 novembre 1939, "*Norme per l'accettazione delle calce*" e ai requisiti di cui alla normativa europea UNI EN 459-1:2002 "*Calci da costruzione. Definizione, specifiche criteri di conformità*"; UNI EN 459-2:2002 "*Calci da costruzione. Metodi di prova*"; UNI EN 459-3:2002 "*Calci da costruzione. Valutazione di conformità*".

### 3.2.1.2. *Malte a base di calce idraulica naturale*

La calce idraulica naturale (NHL) è quel prodotto ottenuto dalla cottura a bassa temperatura (inferiore ai 1000°C) di marne naturali o calcari più o meno argillosi (15-20% di argilla) o silicei con successiva riduzione in polvere mediante spegnimento con o senza macinazione.

Le malte a calce idraulica hanno, a parità di aggregato, resistenza meccanica più elevata delle malte a calce aerea, mentre la porosità aperta è confrontabile, almeno come valore totale; resistono meglio all'azione dell'acqua. Sono malte a caratteristica pastosa, dotate di ottima coesione e potere adesivo (facile manipolazione e lavorabilità); la struttura finemente porosa conferisce un certo potere termoisolante.

Le calce idrauliche naturali si dividono in:

- *Calce idraulica naturale bianca*; si ricava dalla cottura di pietre calcaree silicee con una quantità di impurezze molto bassa; presenta una piccolissima quantità di sali solubili, se non una loro totale assenza. Caratteristiche: elevata traspirabilità; basso modulo di elasticità.
- *Calce idraulica naturale "moretta" o "albazzana"*; si ricava dalla cottura di rocce marnose, con un colore che varia dal nocciola al beige, dall'avorio fino al rosato; presenta una piccolissima quantità di sali solubili. Può essere impiegata sia come malta di allettamento per murature di laterizio, pietre, tufo, murature miste, sia come intonaco per interni ed esterni. Caratteristiche: buona resistenza a compressione.

Le calce idrauliche naturali dovranno rispondere ai requisiti di accettazione di cui al RD n. 2231 del 16 novembre 1939, "*Norme per l'accettazione delle calce*" e alle prescrizioni contenute nella legge 26 maggio 1965 n. 595 "*Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici*" ed ai requisiti di accettazione contenuti nel DM 31 agosto 1972 "*Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cemen-*

*tizi e delle calce idrauliche*"; esse dovranno rispondere anche ai requisiti di cui alla normativa europea UNI EN 459-1:2002 "*Calci da costruzione. Definizione, specifiche criteri di conformità*"; UNI EN 459-2:2002 "*Calci da costruzione. Metodi di prova*"; UNI EN 459-3:2002 "*Calci da costruzione. Valutazione di conformità*".

### 3.2.1.3. *Malte a base di calce idraulica naturale con materiali aggiunti*

Nelle malte idrauliche naturali con materiali aggiunti (NHL-Z) troviamo fino ad il 20% in massa di materiali idraulicizzanti a carattere pozzolanico (pozzolana<sup>11</sup>, cocchiopesto<sup>12</sup>, caolino<sup>13</sup>). Nel caso in cui queste malte siano impiegate in interventi di restauro, o comunque su strutture in muratura, si deve escludere l'uso di cemento quale materiale aggiunto.

<sup>10</sup> Le malte si classificano in magre o grasse a secondo della quantità di impurità argillose e silicee in esse contenute.

<sup>11</sup> La pozzolana è un tufo trachitico poco coerente e parzialmente cementato, di colore grigiastro, rossastro o bruno; deve essere di grana fine (inferiore ai 5 mm), asciutta ed accuratamente vagliata, con resistenza a pressione su malta normale a 28 gg di 2,4 N/mm<sup>2</sup>, resistenza a trazione su malta normale a 28 gg di 0,4 N/mm<sup>2</sup>, e residuo insolubile non superiore al 40% ad attacco acido basico.

<sup>12</sup> Il cocchiopesto è un granulato di coccio ricavato dalla frantumazione di laterizi e mattoni cotti a bassa temperatura. Materiale utilizzato sin dall'antichità in modo diffuso.

<sup>13</sup> Il caolino è un'argilla ricca di silicee allumina, con elevate caratteristiche di pozzolanicità e traspirabilità. Se ne parlerà più dettagliatamente in riferimento alle malte idrauliche cementizie.

Le malte a calce e aggregato pozzolanico hanno una percentuale di silicati alluminosi maggiore di quelle a calce idraulica naturale, pertanto hanno una migliore resistenza in ambienti umidi ed a contatto con l'acqua, una maggiore resistenza a compressione ed una maggiore durabilità.

Il ciacciopesto ha colore variabile dal giallo al rosso. Viene usato per realizzare malte idrauliche esenti da cemento; produce una reazione idraulica che migliora le caratteristiche degli intonaci; migliora le resistenze meccaniche; colora naturalmente la malta con essa additivata; consente la traspirazione della muratura e può essere usato per la produzione di intonaci di considerevole spessore.

Le calce idrauliche naturali con materiali aggiunti dovranno rispondere ai requisiti di accettazione di cui al RD n. 2231 del 16 novembre 1939, "Norme per l'accettazione delle calce" e alle prescrizioni contenute nella legge 26 maggio 1965 n. 595 "Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici" ed ai requisiti di accettazione contenuti nel DM 31 agosto 1972 "Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calce idrauliche"; esse dovranno rispondere anche ai requisiti di cui alla normativa europea UNI EN 459-1:2002 "Calce da costruzione. Definizione, specifiche criteri di conformità"; UNI EN 459-2:2002 "Calce da costruzione. Metodi di prova"; UNI EN 459-3:2002 "Calce da costruzione. Valutazione di conformità".

#### 3.2.1.4. Malta bastarda

Malta composta con diversi tipi di legante

(calce aerea + cemento; calce idraulica + cemento; calce aerea + calce idraulica + cemento) e inerte. Generalmente risulta dalla composizione di calce aerea e calce idraulica o di calce idraulica e cemento.

#### 3.2.1.5. Malta idraulica cementizia

Prevede il cemento come legante e viene utilizzata quando servono elevate resistenze meccaniche, fisiche e chimiche. Da queste stesse caratteristiche derivano però alcuni inconvenienti: elevata impermeabilità associata ad una bassa porosità, notevole fragilità e durezza, bassa elasticità. In fase di essiccamento la malta cementizia è soggetta ad un esteso fenomeno di ritiro, con formazione di crepe e cavillature.

Gli intonaci cementizi, se applicati su murature tradizionali interessate da problemi di risalita capillare, rallentano i tempi di prosciugamento, che possono diventare cinque volte più lunghi. Più in generale, la realizzazione di intonaci cementizi su strutture murarie di tipo tradizionale risulta dannosa soprattutto per le incompatibilità di tipo fisico-meccanico che genera tra i diversi strati; inoltre non garantisce risultati positivi in termini di resa e durabilità, e determina, al contrario, degrado ed alterazioni sia da un punto di vista conservativo che estetico. Per questi motivi il loro impiego deve essere quasi del tutto eliminato nell'edilizia storica; l'unico tipo di cemento che può essere impiegato in piccole quantità negli impasti a base di calce aerea, per aumentarne la resistenza meccanica mantenendo però un'elevata permeabilità al vapore, è il cemento caolino.

Ricavato dalla cottura di marne (caolini e

calcarei bianchi mineralogicamente puri) prive del tutto o con una quantità estremamente bassa di ossidi di ferro e di manganese, il cemento caolino viene definito attraverso tre parametri<sup>14</sup>:

- *Brillantezza*, espressa come percentuale tra luce riflessa da una superficie di cemento e quella riflessa da un'uguale superficie di ossido di magnesio considerato il corpo bianco ideale;
- *Lunghezza d'onda dominante*, caratterizzante la tonalità della sfumatura che caratterizza il bianco, la lunghezza d'onda dominante varia tra il giallo e l'azzurro;
- *Purezza*, caratterizzante l'intensità della sfumatura; la purezza sarà misurata dalla percentuale di colore, inferiore al 5%.

Esistono anche dei cementi colorati, ottenuti dai cementi bianchi miscelati con polvere della stessa finezza, costituiti da ossidi, pigmenti minerali, o simili in proporzione mai superiore al 10%, così da evitare impedimenti di presa ed eccessivi ritiri.

I cementi dovranno rispondere ai limiti di accettazione contenuti nella legge 26 maggio 1965, n.595 e nel DM 3 giugno 1968 "Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi" e successive modifiche (DM 20 novembre 1984 e DM 13 settembre 1993). Tutti i cementi dovranno essere conformi al DM del 12 luglio 1999, n. 314, in vigore dal 12 marzo 2000; si dovranno soddisfare tutti i requisiti previsti dalla

<sup>14</sup> S. Franceschi, L. Germani, *Capitolato speciale di appalto, Restauro Architettonico, Edilizia storica e restauro archeologico*, DEI - Tipografia del Genio Civile, Roma 2005; art. 3.2 - Cementi speciali.

norma UNI EN 197-2002 "Cemento. Composizione, specifiche e criteri di conformità per cementi comuni" e le norme UNI EN 196/1-7 e 196-21 inerenti ai cementi speciali.

### 3.2.1.6. Rivestimento plastico ad azione continua

Composto di malte premiscelate con additivi polimerici.

Sono prodotti poco affidabili a causa della scarsa traspirabilità e dei frequenti fenomeni di distacco ed esfoliazione; per questo motivo non sono consigliati per il rivestimento di strutture in muratura.

## 4. TINTEGGIATURE

Le tinte utilizzate nell'edilizia storica, testimonianze di saperi costruttivi tradizionali, sono caratterizzate dalla stesura della coloritura. La tinteggiatura aveva una stretta relazione con il supporto e ne rispettava la compatibilità materica. Le superfici degli edifici erano colorate con tinteggiature a calce, pigmentate con terre coloranti.

Le tradizionali tinte a calce sono state sostituite, dagli anni '60 in poi, dalle pitture (o idropitture); le idropitture, di facile utilizzo, presentano elevata resistenza alle atmosfere inquinate e sono altamente coprenti. La loro diffusione, giustificata da tali pregi, ha portato, però, al verificarsi di gravi inconvenienti con riferimento al loro impiego sulle murature tradizionali. Questo a causa delle incompatibilità di tipo chimico e di tipo fisico-meccanico che possono crearsi tra supporto (intonaco) e finitura (tinta).



fig.4



fig. 5

Per gli edifici di particolare importanza storica artistica ed architettonica la nuova tinteggiatura dovrà essere preceduta da un'apposita e documentata indagine stratigrafica. Sin dalle prime fasi del progetto deve essere valutata la reattività chimica dei materiali da impiegarsi, rispetto a quelli preesistenti (spesso oggetto di tutela) e deve essere rispettata la regola della crescente elasticità tra gli strati.

I prodotti da utilizzarsi dovranno avere ottima penetrabilità e compatibilità con il supporto, così da garantire una buona traspirabilità; tali caratteristiche dovranno risultare prevalenti rispetto alla durabilità dei cromatismi.

Nel caso in cui si proceda alla tinteggiatura di manufatti di dichiarato interesse storico, artistico o architettonico posti sotto tutela, su manufatti soggetti ad interventi di conservazione e restauro, e più in generale su intonaci storici non ancora compromessi dall'impiego di pitture polimeriche, sarà assolutamente vietato l'impiego di prodotti a base di resine sintetiche senza una specifica autorizzazione degli organi preposti alla tutela del bene oggetto dell'intervento.

Relativamente alla consistenza materica ed alle proprietà chimico fisiche dei prodotti utilizzabili per la coloritura degli edifici, operiamo una loro prima classificazione attraverso la determinazione di due macro-aree,

*Mettendo a confronto diversi sistemi di tinteggiatura, ne risultano evidenti i differenti meccanismi di invecchiamento: l'antica tinta (fig.4) invecchia per dilavamento ed erosione dei pigmenti; la pittura polimerica (fig.5) invecchia attraverso fenomeni di degrado come l'esfoliazione, la bollatura e la perdita di aderenza.*



descritte dai termini “*tinta*” e “*pittura*”:

- Per *tinta* si intende un rivestimento non pellicolante, avente potere più o meno coprente, dotato di proprietà decorative, non necessariamente dotato di proprietà protettive o proprietà tecniche particolari (UNI/EDL 8752<sup>15</sup>).
- Per *pittura* si intende un rivestimento pellicolante, avente potere coprente, dotato di proprietà protettive e decorative, ed eventualmente di proprietà tecniche particolari (UNI/EDL 8752).

All'interno di tali matrici vengono aggiunte delle polveri - i cosiddetti “*pigmenti*” - che conferiscono ai suddetti rivestimenti un potere colorante.

Passiamo ora a descrivere i principali pigmenti impiegati nella tinteggiatura dei manufatti storici e le varie tecniche utilizzabili, legate a mezzi tradizionali (tinte), mezzi moderni (pitture) e mezzi tradizionali modificati.

#### 4.1. I Pigmenti

Sono definiti *pigmenti* quei materiali aventi una granulometria molto fine (nell'ordine dei millesimi di millimetro), che, attraverso apposite matrici, sono in grado di colorare altri materiali, avendo in sé un alto potere colorante. I pigmenti sono sia di origine naturale, sia di origine artificiale; possono avere sia una struttura chimica inorganica (minerale), sia una struttura chimica organica. La natura chimica ne determina le caratteristiche proprie; il potere colorante è relazionato alla capacità maggiore o minore che il pigmento ha di conferire colore; il potere coprente è relazionato alla capacità

maggiore o minore che un pigmento ha di celare il supporto sottostante.

Nel caso di tinteggiatura di superfici architettoniche avente carattere storico, sono particolarmente indicati i pigmenti inorganici, in quanto essi creano legami stabili con la calce presente nella tinta stessa e nel supporto. Nella scelta dei pigmenti di origine inorganica, verranno preferiti quelli contenenti composti dei metalli (ferro, manganese, rame, piombo, cromo, ecc.) cioè ossidi, idrossidi e silicati idrati, in modo da risultare più resistenti agli agenti atmosferici.

I pigmenti maggiormente usati per la realizzazione di tinteggiature di superfici aventi

caratteristiche storiche sono le terre naturali. Le terre più comuni sono le *terre gialle*, le *terre rosse* e le *terre d'ombra*.

Nell'impiego di sistemi minerali di tinteggiatura ai silicati e a calce, di seguito illustrati, dovranno impiegarsi pigmenti compatibili, stabili alla luce, resistenti all'alcalinità della calce e/o ai silicati, seguendo regole applicative tradizionali.

#### 4.2. Le Tinte

##### 4.2.1. Le tinte a calce

Il materiale base è il latte di calce, al

COLORE	TIPO DI PIGMENTO
Bianco	Latte di calce, Bianco San Giovanni, Bianco Spagna, Bianco Meudon, Bianco Zinco
Nero	Terra Nera Venezia, Nero Vite, Nero Manganese, Nero Roma
Bruno	Terra d'Ombra Naturale e Bruciata, Terra Colonia, Ocra Avana, Terra di Cipro
Giallo	Terre Gialle e Ocre Gialle, Terra Siena Naturale, Ocra Gialla
Rosso	Terra Rossa, Terra Siena Bruciata, Ocra Rossa, Cinabro Naturale, Rosso Ercolano
Verde	Terra Verde Nicosia, Verde Brentonico, Ossido di Cromo, Verde Cobalto
Azzurro	Azzurro di Cobalto, Blu Oltremare

Tabella 1. Pigmenti più utilizzati.

15 UNI/EDL 8752/85 - Edilizia. Verniciature, pitturazioni, RPAC (Rivestimenti Plastici ad Applicazione Continua), tinteggiature, impregnazioni superficiali. Classificazione, terminologia e strati funzionali.

16 S. Franceschi, L. Germani, *Capitolato speciale di appalto, Restauro Architettonico, Edilizia storica e restauro archeologico*, DEI - Tipografia del Genio Civile, Roma 005; art. 11.1 - Pigmenti.

quale vengono aggiunti pigmenti inorganici naturali a base di terre coloranti, carbonati ed ossidi di ferro, compatibili con la forte basicità della calce, ed opportuni leganti atti a rendere più resistenti le tinte. I pigmenti dovranno essere prima miscelati a secco e poi messi in bagno in una quantità d'acqua pari a circa il doppio del loro volume; prima di essere aggiunti al latte di calce verranno setacciati per evitare eventuali grumi.

La semicoprenza o la semitrasparenza delle tinte veniva in parte graduata dalla diluizione ed in parte è caratteristica connessa alle terre coloranti; a differenza dei pigmenti organici di natura sintetica, le terre, se osservate al microscopio con luce trasmessa, sono trasparenti.

Questo sistema di tinteggiatura è particolarmente delicato in quanto i materiali utilizzati sono soggetti ad erosione; inoltre, il supporto non deve essere stato compromesso da pitturazioni polimeriche perché le tinte a calce non vi aderirebbero; richiede l'impiego di manodopera specializzata.

Le tinte a calce vengono realizzate con diverse modalità, di seguito elencate:

- Tinteggiatura "a fresco" (terre minerali naturali ed ossidi in soluzione acquosa);
- Tinteggiatura a calce e pigmenti compatibili, con tecnica "a mezzofresco";
- Tinteggiatura a calce con leganti organici naturali, con tecnica "a secco" o "a finto fresco";
- Tinteggiatura a calce con leganti organici sintetici (resina acrilica) con elevata permeabilità al vapore acqueo (calce di mercato).

Tra le tecniche di tinteggiatura tradizionali modificate<sup>17</sup> troviamo i *sistemi a calce*

*additivati con polimeri*; in questi casi si parlerà di pitture. Questo sistema può essere usato per quei supporti ormai compromessi da precedenti pitturazioni con leganti polimerici, sui quali le tradizionali tinte a calce non aderirebbero. Nonostante la presenza di resine acriliche, con questo sistema possono essere usate le tradizionali terre coloranti come pigmento. Il suo utilizzo è da limitarsi ai casi in cui non è consigliabile asportare il supporto compromesso e, quindi, non sono comunque utilizzabili i sistemi tradizionali.

#### 4.2.2. Le tinte ai silicati

Le tinte ai silicati sono costituite da polveri minerali naturali coloranti (solitamente ossidi di ferro) unite a fissativi a base di silicato di sodio o di potassio e a leganti di tipo organico (dispersioni polimeriche insaponificabili); sono caratterizzate da una notevole permeabilità al vapore d'acqua, rimanendo una valida alternativa alle tinte a calce; non formano pellicole plastiche, garantendo una buona traspirabilità. Le applicazioni ai silicati sono del tutto compatibili con la presenza di intonaci tradizionali a calce e sabbia. Più in generale, possiamo dire che le tinte ai silicati possono essere stese su tutti i supporti (fatta eccezione per il gesso), purché essi si presentino asciutti e spolverati e a patto che si dispongano idonei trattamenti preliminari, resi necessari dallo stato di conservazione degli stessi.

Possono essere costituite da silicato di potassio puro non stabilizzato<sup>18</sup> oppure da silicato di potassio stabilizzato con una minima aggiunta (>5% ) di resina sintetica<sup>19</sup>.

L'applicazione di coloriture con *silicato di*

*potassio non stabilizzato* permette una forte adesione al supporto, senza però formare pellicole superficiali. L'invecchiamento del sistema avviene per successiva erosione e dilavamento, come per le tinte a calce, ma risulta più lento e controllato; per questo motivo la loro applicazione è indicata in presenza di inquinanti. Non possono essere stese su supporti compromessi da precedenti pitturazioni polimeriche. Questo prodotto non è industrializzato ed è di difficile applicazione in carenza di manodopera specializzata.

I sistemi al *silicato di potassio stabilizzato*, anche detti organosilicati, sono prodotti pronti all'uso nei quali un additivo stabilizzante ne permette una facile stesura. Per una corretta adesione al supporto il silicato di potassio deve reagire con i carbonati dell'intonaco; per questo motivo occorre asportare totalmente gli eventuali strati di tipo sintetico, trattare preventivamente eventuali rappezzi che presentassero un'alcalinità diversa da quella degli intonaci originali, pulire il sottofondo da polveri e grassi.

Le concentrazioni di resine devono rientrare tra quelle prescritte dalle norme o raccomandate per evitare scadimenti cromatici,

17 I sistemi tradizionali modificati sono prodotti di tipo tradizionale le cui caratteristiche tecniche sono modificate dall'aggiunta di additivi, di solito di natura sintetica.

18 Per sistemi al silicato di potassio non stabilizzato si intendono quei prodotti nei quali i pigmenti inorganici e le cariche (terre coloranti, caolino) vengono sospesi in silicato di potassio (detto anche "acqua di vetro" o "vetro solubile") senza alcun additivo o stabilizzante.

19 Norma DIN 18363.

incompatibilità ed effetti di degradazione materica.

Di norma il tempo di essiccamento superficiale o al tatto (a +20°C e 65% di UR) sarà di circa due ore, mentre ne serviranno 24 per l'essiccamento in profondità. Devono essere applicate ad una temperatura che vari tra +8°C e +35°C, su di una superficie avente temperatura compresa tra i +5°C ed i +40°C; l'umidità relativa dell'ambiente massima dovrà essere dell'85%.

Il legame chimico che si istituisce tra supporto e tinta è stabile; la tinta agirà da consolidamento del supporto. Le caratteristiche<sup>20</sup> di tali tinte sono:

- Ottima adesione al supporto;
- Buona permeabilità al vapore;
- Resistenza all'acqua;
- Resistenza ai raggi ultravioletti;
- Resistenza alle muffe e all'inquinamento atmosferico;
- Invecchiamento per progressiva erosione e dilavamento superficiale.

Le pitture ai silicati con additivi polimerici sono in grado di aderire anche su fondi compromessi: si tratta di prodotti pellicolanti, con caratteri di aspetto e comportamento più vicini alle consuete idropitture polimeriche che non ai tradizionali sistemi ai silicati.

#### 4.2.3. Le tinte silossaniche

Prodotto speciale a base di resine acril-silossaniche a matrice mista organico-minerale.

Le caratteristiche di tale prodotto sono:

- Elevatissime doti di idrorepellenza e traspirabilità, unite ad ottime doti di versatilità e facilità applicativa;

- Elevate resistenze alle piogge acide;
- Bassa presa di sporco;
- Alta penetrazione nelle capillarità e nelle porosità dei supporti (agisce come protettivo contro le formazioni di muffe e sali).

Le applicazioni con tali prodotti possono utilmente costituire alternativa di trattamento rispetto ai prodotti tradizionali, nel caso dell'esistenza di intonaci e sottofondi compromessi dalla presenza di malte cementizie.

### 4.3. Le Pitture

#### 4.3.1. Le pitture al quarzo

Pittura in soluzione a solvente, contenente come componente una sabbia di quarzo. Prodotti liquidi capaci di creare, dopo essere stati distesi sulle superfici intonacate, una sottile pellicola dura; in questo modo la traspirazione della struttura viene impedita: la tensione del vapore in uscita dalle murature finisce con il premere sullo strato filmico della tinteggiatura facendolo rigonfiare rispetto al supporto intonaco, sino a provocare la rottura ed il distacco (esfoliazione<sup>21</sup>).

#### 4.3.2. Rivestimenti Plastici ad Applicazione Continua (RPAC)

Detti anche "*rivestimenti plastici*" o "*intonaci murali plastici*", sono prodotti verniciani caratterizzati da una pellicola di notevole spessore, dotata di qualità protettive e decorative, che sostituisce in parte l'intonaco (si applica direttamente sull'arriccio).

Gli RPAC attualmente non sono molto uti-

lizzati; sono impiegati solamente in edilizia e lavorati come "*graffiati*", "*rustici*", "*dama-scati*", "*gocciolati*", termini provenienti dal tipo di attrezzo utilizzato per la stesura e dalla lavorazione.

La traspirabilità del rivestimento è ridotta del 50% rispetto a quella delle idropitture; nel caso di infiltrazioni d'acqua attraverso fessurazioni o microlesioni dell'intonaco, la pressione interna di evaporazione ed il gelo possono dar luogo allo spogliamento ed al distacco del rivestimento.

I sistemi pellicolanti (idropittura acrilica, additivi polimerici, pitture al quarzo, silicici, idropitture lavabili, ecc.) devono essere esclusi da un intervento di ripristino delle facciate storiche e, più in generale, delle strutture murarie, poiché ne impediscono la traspirazione; tutto questo nel rispetto delle norme UNI nn. 8752-8758.

## 5. FENOMENI DI DEGRADO

Il degrado<sup>22</sup> di un edificio spesso ha inizio sulle sue superfici esterne (coloriture, intonaci, rivestimenti lapidei e ceramici, ecc.) a causa delle continue interazioni che il lapideo sostiene con l'ambiente circostante.

Questo avviene sia a causa di fattori intrinseci al lapideo (dipendenti dalle carat-

<sup>20</sup> S. Franceschi, L. Germani, *Capitolato speciale di appalto, Restauro Architettonico, Edilizia storica e restauro archeologico*, DEI - Tipografia del Genio Civile, Roma 2005.

<sup>21</sup> Vedi "Abaco dei degradi", alla voce *Esfoliazione*.

<sup>22</sup> Con il termine *degrado* si indicano quei fenomeni, di origine naturale o patologica, di progressivo deterioramento della materia costituente l'edilizia, che genera un decadimento prestazionale della stessa.

teristiche dei materiali impiegati), sia per le diverse condizioni microclimatiche riscontrabili all'interno del tessuto urbano, influenzate dall'aspetto morfologico del sito. Tra i fattori determinanti ricordiamo:

- Litotipi con caratteristiche mineralogiche particolarmente deboli o con caratteristiche prestazionali non adeguate all'uso;
- L'esposizione ai venti, alle piogge, alle radiazioni solari;
- Le caratteristiche termo-igrometriche, che si stabiliscono sulle superfici degli edifici in relazione alla dimensione delle strade, dei vicoli ed all'altezza degli edifici stessi;
- L'esposizione agli agenti inquinanti.

I fattori climatici naturali richiamati hanno perlopiù carattere ricorrente, talvolta eccezionale; quelli a carattere ricorrente (pioggia, vento, radiazioni solari, ecc.) generano forme di degrado prolungate nel tempo; quelli a carattere eccezionale si verificano attraverso azioni improvvise e generano forme di degrado altrettanto rapide ed improvvise.

Naturalmente nell'ambito dei Piani del Colore, che si occupano della conservazione e manutenzione dell'edificato, gli eventi di cui tener conto saranno di tipo ricorrente, i cui effetti dovranno in qualche modo essere previsti in fase progettuale ed al momento della scelta delle tecniche e dei materiali da impiegare<sup>23</sup>.

Altre cause di degrado delle superfici esterne sono determinate da vizi costruttivi e da errati interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria, realizzati con tecniche e/o materiali non idonei, oltre che dall'attuale condizione statica degli edifici stessi; si

possono verificare soluzioni di continuità tra struttura muraria e rivestimento a seguito di cedimenti strutturali, o ancora a seguito di errate interazioni tra i diversi strati del rivestimento stesso (come nel caso di utilizzo di materiali non compatibili dal punto di vista chimico e/o fisico-meccanico); l'assenza o carenza dei sistemi di smaltimento delle acque meteoriche sui fronti edilizi (gronde, coperture aggettanti, ecc.) provocano macroscopici danni per infiltrazioni. Inoltre, non sono pochi i fenomeni di degrado legati a fattori antropici quali le modifiche intenzionali della struttura e l'alterazione dell'ambiente.

Tali fattori concorrono singolarmente al degrado superficiale dei paramenti murari e si combinano tra loro, dando luogo ad una ampia casistica di fenomeni.

La principale causa di degrado delle superfici lapidee resta comunque l'acqua che trasporta, disciolti al suo interno, composti organici ed inorganici che penetrano ed alterano l'aspetto e la struttura dei manufatti.

I danni ed i degradi provocati dall'acqua sul patrimonio architettonico non si manifestano solo in superficie, sulla parte del lapideo direttamente esposta agli agenti atmosferici, ma riescono a spingersi nello spessore murario attraverso le discontinuità del materiale impiegato nella costruzione.

L'acqua può determinare sia alterazioni di tipo fisico meccanico - causate ad esempio dai cicli di gelo e disgelo - sia alterazioni di tipo chimico generate dalle piogge acide e dai vari inquinanti presenti nell'aria.

La porosità dei materiali, le microlesioni provocate dalla lavorazione superficiale dei manufatti, la presenza di metalli ossidati,

sono solo alcuni degli elementi che amplificano il degrado causato dall'acqua.

Primo passo da compiere per intervenire su una qualsivoglia superficie è, quindi, l'individuazione dei fenomeni di degrado e delle cause che li generano.

I paramenti esterni degli edifici sono costituiti da diversi materiali e realizzati con diverse tecniche; si possono presentare con la muratura in pietra a faccia vista, oppure possono essere connotati da una finitura.

Nel primo caso, non essendoci alcuno strato protettivo, il degrado intaccherà direttamente la struttura muraria, impoverendo la materia stessa del paramento: inizialmente il degrado ne colpirà la parte più superficiale, fino a causare dissesti statici; gli elementi soggetti a degrado saranno la malta di allettamento, che subirà fenomeni di *disgregazione* e *polverizzazione*<sup>24</sup>, ed i conci costituenti la muratura stessa. Per portare un esempio, la presenza di frequenti correnti eoliche, così come il verificarsi di cicli di gelo e disgelo all'interno della muratura, può determinare l'*erosione*<sup>25</sup> della muratura stessa, a volte tanto spinta da farne diminuire le caratteristiche prestazionali.

L'intervento di eliminazione di tali dissesti, se realizzati con materiali e tecniche non

23 Ambienti particolarmente aggressivi (per la massiccia presenza di inquinanti, di elevati tassi di salinità nelle murature, di fattori termo-igrometrici estremi, ecc.) possono mettere in discussione l'impiego di alcune tecniche e materiali tradizionali, poco durabili rispetto ai moderni ritrovati.

24 Vedi "Abaco dei degradi", alle voci *Disgregazione* e *Polverizzazione*.

25 Vedi "Abaco dei degradi", alla voce *Erosione*.

idonee, potrà facilmente compromettere l'unitarietà della facciata e portare a successivi e più gravi fenomeni di deterioramento materico. A questa prima categoria sono spesso associati quegli edifici un tempo intonacati ed oggi parzialmente o completamente de-corticati; in questo caso si dovrà decidere, in fase progettuale, se lasciare a vista la pietra, effettuando appositi interventi di pulitura e di protezione della muratura (oltre all'ovvia eliminazione del degrado presente), o se ripristinare l'intonaco; la prima soluzione sarà dettata dalla tessitura muraria, ovvero dal ritrovamento sulla muratura di elementi e materiali su di essa stratificatisi, rappresentanti tracce importanti per la comprensione dello sviluppo architettonico ed urbano del sito; la seconda soluzione, ossia il ripristino dell'intonaco, è preferibile lì dove la tessitura muraria si presenta poco coesa o variamente degradata.

Nel caso di superfici intonacate, le forme di degrado sono estremamente varie e possono interessare sia il fondo intonacato sia la tinteggiatura; inoltre, se si considera la percentuale di fondi intonacati compromessi<sup>26</sup> da errate manutenzioni, si avrà un'idea dell'estrema difficoltà di intervento, soprattutto per quanto riguarda l'edilizia storica minore.

Se consideriamo infatti la grande dimensione degli interventi relativi all'edilizia di contesto, ed alla difficoltà in termini economici, se non all'impossibilità, di intervenire su ogni edificio storico attraverso tecniche conservative e di restauro, ci renderemo subito conto dell'importanza che assumono i Piani del Colore, che dovranno, nella loro specificità, regolamentare e dare indicazioni di carattere più o meno puntuale circa gli

interventi necessari a contenere il degrado, a conservare i caratteri di pregevolezza ambientale dei centri storici, a *trasformare* e a *riprogettare* il nuovo in un contesto storicizzato, in modo che quest'ultimo rappresenti *"una nuova risorsa in cui identifichiamo parte delle nuove reali istanze della nostra società e che deve essere al tempo stesso capace di dialogare, per autenticità e dignità, con le presenze materiche che formano l'ambiente urbano, così scritte e riscritte dai segni del tempo"*<sup>27</sup>.

Per affrontare in modo esaustivo il problema del recupero delle superfici storiche e, quindi, quello del degrado, riteniamo utile riportare i principali processi degenerativi della materia, cercando di legarli non solo alle loro cause intrinseche, ma anche a quei fattori estrinseci che ne potenziano l'aspetto patogeno. Si reputa altresì interessante, ai fini metodologici, riportare alcune osservazioni attinenti il lavoro di analisi e le regole progettuali di base individuate ai fini della conservazione della materia antica, effettuate durante lo svolgimento dei piani presentati in questo volume.

## 5.1 Processi degenerativi della materia

I processi degenerativi della materia che costituisce la superficie esterna degli edifici hanno varia origine; possono essere di origine biologica, chimica, fisico-meccanica.

### 5.1.1. Processi di origine biologica

Sono innescati dalla presenza di biodeteriogeni. Per biodeterioramento si intende

*"ogni tipo di alterazione irreversibile provocata da esseri viventi, sia microscopici sia macroscopici"*<sup>28</sup>. I biodeteriogeni provocano danni meccanici e danni chimici. I danni meccanici sono attivati dalla crescita sulla superficie del lapideo di muschi, licheni, piante superiori, che, insinuandosi nelle asperità e nelle fratture della superficie stessa, provocano *distacchi*<sup>29</sup> e disgregazioni del materiale; in questo modo aumenta anche la capacità di penetrazione dell'acqua all'interno del materiale, con una relativa accelerazione ed un aggravarsi dei processi di degrado.

I danni chimici sono legati alla presenza di sostanze acide altamente corrosive prodotte dai processi metabolici degli organismi biologici e degli organismi viventi; per fare un esempio, organismi come i licheni possono indurre, oltre a danni di tipo fisico-meccanico, fenomeni di decoesione dei materiali a causa della produzione di acidi capaci di solubilizzare i minerali presenti nel lapideo.

Uno dei fenomeni di degrado più comune provocato da fattori biologici è la *patina bio-*

26 Si parla di intonaco tradizionale compromesso quando vengono utilizzati su di esso pitturazioni con sistemi pellicolanti, che daranno origine a fenomeni chimici irreversibili; non sarà più possibile trattare tali fondi se non con pitture a legante polimerico, perché le tradizionali tinte a calce o le più recenti tinte ai silicati non saranno più in grado di aderirvi, risultando chimicamente incompatibili.

27 Marco Dezzi Bardeschi, *"La memoria e il tempo, ovvero la permanenza e la mutazione"*, in *Recuperare*, n. 2, 1982.

28 Da *"Il Manuale del Restauro Architettonico"*, a cura di Luca Zevi, Mancosu editore.

29 Vedi *"Abaco dei degradi"*, alla voce *Distacco*.

*logica*<sup>30</sup>, costituita da alghe di dimensioni microscopiche che costituiscono una patina continua capace di ricoprire grosse superfici; si localizzano soprattutto sulle superfici esposte a nord, riparate dalle radiazioni solari, o in presenza di fenomeni di ruscellamento delle acque meteoriche.

Anche alcuni animali - quali insetti, uccelli, piccoli mammiferi - possono essere considerati agenti biodeteriogeni; i loro escrementi producono danni chimici sulle murature e formano depositi superficiali.

#### 5.1.2. Processi di origine chimica

Questi sono innescati da sostanze inquinanti presenti in atmosfera, trasportate dall'acqua meteorica. Per inquinanti atmosferici si intendono tutti quegli agenti, spesso di origine antropica, che modificano la composizione dell'aria, dell'acqua e del suolo.

I processi innescati dall'inquinamento sono molteplici; ad esempio, l'anidride carbonica presente in eccesso nell'aria inquinata, combinandosi con l'acqua, produce l'acido carbonico, che determina la polverizzazione dei lapidei, soprattutto dei calcari e di tutti quei materiali composti da carbonato di calcio (intonaci, marmi, ecc.).

In modo del tutto simile, l'acido solforico (anidride solforica + acqua) trasforma il carbonato di calcio in gesso, facilmente asportabile dalla pioggia battente; si erode in questo modo uno strato del materiale, che continuerà ad essere esposto agli inquinanti, e così di seguito.

Sostanze come i solfati (di potassio, di sodio, di calcio) si combinano con alcune sostanze<sup>31</sup> contenute nelle malte e produco-

no sostanze di neoformazione come l'ettringite e la thaumasite, fortemente espansive, che portano a fenomeni di degrado di varia entità, da rigonfiamenti e fessurazioni fino al totale deperimento della materia.

L'umidità presente nelle murature può innescare degradi di tipo chimico, in presenza di sali solubili. Questi ultimi, trasportati all'interno delle murature, cristallizzano<sup>32</sup>; le variazioni di umidità presente nell'aria e nella muratura stessa inducono dei cicli di espansione e contrazione dei cristalli di sale, che provocano microlesioni, distacchi superficiali e *scagliature*<sup>33</sup> nel materiale lapideo.

I fenomeni di degrado legati alla presenza di sali cristallizzati sono le *efflorescenze*<sup>34</sup>, che colpiscono la superficie del lapideo, e le *criptoefflorescenze*, quando i sali solubili cristallizzano all'interno delle murature.

In presenza di materiali porosi (intonaci, laterizi, pietre porose), la cristallizzazione dei sali è favorita; si può, in taluni casi, innescare un'altra forma di degrado, l'*erosione alveolare*<sup>35</sup>, caratterizzata dalla polverizzazione del materiale e dalla formazione di cavità, detti alveoli.

Altro fenomeno comune è quello delle *croste nere*<sup>36</sup>, che colpisce soprattutto i calcari e si manifesta come un deposito cementificato di sostanze inquinanti particellari; la loro azione di solfatazione porta alla formazione di gesso al di sotto della crosta stessa, inducendo, quindi, fenomeni di polverizzazione e decoesione degli strati più superficiali del lapideo.

#### 5.1.3. Processi di origine fisico-meccanica

Questi sono innescati da sollecitazioni

meccaniche (usura, tensioni interne ai materiali, fenomeni di abrasione, ecc.) provocate da vari fattori ambientali (gelo, vento, acqua, dilatazioni termiche differenziali).

Abbiamo già visto come l'acqua sia responsabile di molteplici fenomeni di degrado; anche nella sua forma solida riesce a procurare danni ingenti alle murature ed ai paramenti murari. I cicli di gelo e disgelo dell'acqua assorbita capillarmente dai materiali lapidei, con le continue variazioni di volume, provocano delle tensioni interne di trazione, che portano dal rigonfiamento degli strati superficiali fino alla formazione di microfratture e distacchi. Sotto forma di pioggia battente, accompagnata spesso dal vento, l'acqua provoca fenomeni di erosione e di disgregazione delle superfici, con conseguenti *alterazioni cromatiche*<sup>37</sup> degli intona-

30 Vedi "Abaco dei degradi", alla voce *Patina biologica*.

31 Gli alluminati ed i silicati di calcio idrati contenuti nelle malte idrauliche si combinano chimicamente con i solfati.

32 Il fenomeno di cristallizzazione avviene quando l'acqua evapora ed il sale, depositandosi, cristallizza sottoforma di sale idrato; in questa trasformazione il sale aumenta di volume e genera tensioni nei pori e nelle cavillature della muratura.

33 Vedi "Abaco dei degradi", alla voce *Scagliatura*.

34 Vedi "Abaco dei degradi", alla voce *Efflorescenza*.

35 L'alveolizzazione avviene, spesso, in aree caratterizzate da una forte erosione provocata dalle correnti eoliche. Vedi "Abaco dei degradi", alla voce *Alveolizzazione*.

36 Vedi "Abaco dei degradi", alla voce *Crosta*.

37 Vedi "Abaco dei degradi", alla voce *Alterazione cromatica*.

ci; sempre la pioggia può portare ad una *degradazione differenziale delle superfici*<sup>38</sup> a causa del fenomeno di ruscellamento: lungo i bordi delle vie percorse dall'acqua si formeranno dei depositi superficiali, mentre l'area continuamente dilavata si presenterà erosa.

Le brusche escursioni termiche che si determinano nell'arco della giornata provocano, nei vari materiali di una superficie, diversi coefficienti di dilatazione termica, che innescano *deformazioni*<sup>39</sup>, rigonfiamenti, disgregazioni e distacchi di materia. Nell'accostare due materiali differenti per massa, colore<sup>40</sup> e caratteristiche tecniche si dovrà sempre tener conto delle dilatazioni termiche che li distinguono; realizzare, ad esempio, il rappezzo di un intonaco tradizionale con una malta cementizia determinerà sicuramente un degrado, oltre che per le già note incompatibilità chimiche, per i diversi coefficienti di dilatazione dei due materiali.

## 5.2 Presupposti metodologici del processo di analisi ed indicazioni progettuali di base

Abbiamo già visto che per individuare i fenomeni di degrado si deve avviare un processo diagnostico che si servirà di vari strumenti di attuazione. Per prima cosa, verrà realizzato ed analizzato il rilievo materico delle superfici in oggetto, mettendolo in relazione con la mappatura del degrado realizzata attraverso indagini di tipo macroscopico; l'osservazione visiva rappresenta quindi il primo e fondamentale passo da compiersi per la corretta realizzazione di un intervento di recupero. In questa fase, si valuteranno i fenomeni visibili e li si metteranno in relazio-

ne ai materiali presenti ed al loro comportamento.

Tutti i fenomeni descritti nei precedenti paragrafi sono strettamente relazionati ai materiali, alle tecniche costruttive impiegate ed alla presenza o meno di corretti sistemi di smaltimento delle acque e di protezione delle superfici esposte agli agenti atmosferici; in strade e vicoli dalla sezione estremamente ridotta, situazione assai frequente nei piccoli centri medievali che caratterizzano il nostro territorio, i fattori microclimatici giocano un ruolo enorme, perché l'assenza di irraggiamento solare diretto e l'incanalamento dei venti tra gli edifici determina un ambiente favorevole allo sviluppo di numerosi fattori patologici.

Sarà, quindi, utile effettuare uno studio sull'esposizione dei fronti, al sole, ai venti, a correnti saline (se vicini alla costa), sulla presenza di particolari fenomeni come la presenza di un sostenuto traffico veicolare, l'altezza degli edifici posta in relazione alla presenza o all'assenza di spazi aperti ad essi antistanti, ecc.. Riuscire a riconoscere alcuni contesti microclimatici può risultare utile per l'individuazione di zone a comportamento pressoché costante e può fare da guida al momento progettuale.

Una volta individuati i principali fenomeni di degrado si dovrà in prima istanza intervenire sulla causa che li ha prodotti: ogni intervento realizzato sui lapidei prima della rimozione della causa del degrado risulterà, infatti, inefficace, se non dannoso; solo successivamente si potrà intervenire sulla superficie degradata, ripristinandone l'immagine.

Nella logica della rimozione delle cause di degrado, hanno notevole rilevanza gli interventi programmati di manutenzione.

Gli interventi di manutenzione delle superfici esterne degli edifici possono prevedere tanto la conservazione quanto il rinnovamento degli intonaci e delle tinteggiature; nel caso di superfici in pietra si potrà operare attraverso interventi di pulitura e protezione della pietra stessa.

Per intervento conservativo si intende *"qualsiasi operazione tesa a rallentare il deterioramento dei materiali e delle strutture che costituiscono un manufatto. A seconda dei problemi coinvolti, tali interventi vanno distinti in: manutenzione straordinaria e manutenzione ordinaria"*<sup>41</sup>.

Gli interventi di manutenzione straordinaria prevedono quell'accurata indagine preliminare appena descritta nei suoi punti principali; in fase progettuale, le antiche tecniche costruttive dovranno essere confrontate con i più attuali sistemi d'intervento, in modo da individuare, caso per caso, la soluzione idonea.

Gli interventi di manutenzione ordinaria, che solitamente seguono nel tempo la manutenzione straordinaria, vengono attuati senza un'indagine preliminare particolarmente approfondita, salvo l'insorgere di nuove alterazioni, non presenti precedente-

38 Vedi "Abaco dei degradi", alla voce *Degradazione superficiale*.

39 Vedi "Abaco dei degradi", alla voce *Deformazione*.

40 Le particelle scure assorbono più calore di quelle chiare.

41 NorMaL 20/85, Interventi conservativi: progettazione esecuzione e valutazione preventiva.

mente.

Dove il tessuto risulta maggiormente compromesso, si rimanda agli *interventi di restauro*, espliciti come reintegrazione delle lacune, rimozione delle aggiunte, anche attraverso una eventuale modifica, condotta sempre in osservanza dell'istanza storica e dell'istanza estetica. Ogni aggiunta di materia deve essere riconoscibile dalla preesistente, in modo da non sacrificare l'unità figurativa dell'edificio. Nel caso in cui fosse necessario apportare delle modifiche ai fronti esterni, verranno scelti interventi aventi caratteristiche legate alla cultura contemporanea, evitando gli interventi mimetici.

I criteri sopra richiamati devono essere adottati in quegli edifici aventi un *valore* particolare, artistico o documentario, estetico o storico, per quelle testimonianze aventi "*valore di civiltà*"; si interverrà nel rispetto dei criteri del moderno restauro, come il rispetto dell'autenticità<sup>42</sup>, la reversibilità<sup>43</sup>, la compatibilità<sup>44</sup>, la durabilità<sup>45</sup> ed il minimo intervento<sup>46</sup>.

Nel caso di edilizia storica "*minore*" ed in generale sull'intero edificato storico, si interverrà attraverso un progetto, anch'esso di carattere unitario, nel quale si avrà cura di:

- Conservare le tecniche tradizionali, attraverso un loro recupero e ripristino; si intendono interventi di ripristino quelli tesi a riconfigurare l'immagine complessiva dell'edificio in conformità alla sua composizione originaria;
- Sostituire gli elementi in difformità, con altri compatibili per materiale e forma con l'edilizia in oggetto;
- Eliminare le inutili superfetazioni e gli elementi di disturbo da non ripristinare.

Per gli interventi aventi carattere conservativo e di restauro è richiesta una manodopera specializzata. Per gli interventi sull'edilizia storica minore si cercherà di utilizzare tecniche che non richiedono manodopera specializzata; questo non perché si reputi poco importante l'edilizia minore, che avrà invece un importantissimo valore corale, ma perché si ritiene di importanza fondamentale l'effettiva realizzazione degli interventi manutentivi.

---

42 Gli interventi da realizzarsi dovranno essere distinguibili dalla materia antica, oggetto della conservazione, senza però compromettere la lettura unitaria del manufatto.

43 Il principio di reversibilità dovrà essere rispettato nella maggior parte degli interventi progettati. È logico pensare che gli interventi di protezione siano difficilmente reversibili; in generale comunque si tenderà ad operare per "*aggiunta*" e non per "*rimozione*" - cioè dismissione e/o demolizione - di materia.

44 Si è già ampiamente parlato di compatibilità meccanica, chimica e fisica dei materiali. Questa verrà sempre rispettata, in modo da rendere la risposta dei materiali impiegati negli interventi il più possibile omogenea.

45 Nel caso di interventi di sostituzione e di integrazione, quando strettamente necessari, questi dovranno avere una durabilità comparabile con quella della materia preesistente. Per gli interventi di protezione, la durabilità dovrà essere considerata come termine ultimo per i successivi interventi manutentivi.

46 Gli interventi da effettuarsi sull'edificato storico devono essere quelli indispensabili, in modo da preservarne quanto più è possibile la conservazione.

## BIBLIOGRAFIA:

1. AA. VV., *Il Manuale del Restauro Architettonico*, a cura di LUCA ZEVI, Mancosu editore, Roma 2002.
2. CARBONARA G., *Trattato di restauro architettonico*, Utet, Torino 1997.
3. DEZZI BARDESCHI M., *La memoria e il tempo, ovvero la permanenza e la mutazione*, in *Recuperare*, n. 2, 1982.
4. FRANCESCHI S., GERMANI L., *Capitolato speciale di appalto, Restauro Architettonico, Edilizia storica e restauro archeologico*, DEI - Tipografia del Genio Civile, Roma 2005.
5. GASPAROLI P., *Le superfici esterne degli edifici. Degrad, criteri di progetto, tecniche di manutenzione*, Alinea editrice, Firenze 2002.
6. GIAMBRUNO M., *Verso la dimensione urbana della conservazione*, Alinea editrice, Firenze 2002.
7. GIUFFRÈ A., *Sicurezza e conservazione dei centri storici. Il caso di Ortigia*, Roma-Bari 1993.
8. PEDELÌ C., PULGA S., *Pratiche conservative sullo scavo archeologico. Principi e metodi*, All'insegna del Giglio, Firenze 2002.
9. RANELLUCCI S., *Il restauro urbano. Teoria e prassi*, Utet Libreria, Torino 2003.
10. PEDEMONTE E., FORNARI G., *Chimica e restauro. La scienza dei materiali per l'architettura*, Marsilio editore, Venezia 2003.
11. SANTORO L., *Restauro dei monumenti e tutela ambientale dei centri antichi*, Di Mauro ed., Cava dei Tirreni 1970.
12. SANTORO L., *Restauro urbano. Note e selezione critica*, E.DI.SU., Napoli 1995.

## NORMATIVA:

1. R.D. n. 2231, 16 novembre 1939, *Norme per l'accettazione delle calci*.
2. Legge 26 maggio 1965 n. 595, *Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici*.
3. D.M. 3 giugno 1968, *Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi; successive modifiche* (DM 20 novembre 1984 e DM 13 settembre 1993).
4. D.M. 31 agosto 1972, *Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calci idrauliche*.



5. D.M. 12 luglio 1999, n. 314. *Regolamento recante norme per il rilascio dell'attestato di conformità per i cementi destinati alle opere di ingegneria strutturale e geotecnica per i quali è di prioritaria importanza il rispetto del requisito essenziale n. 1 di cui all'allegato A (resistenza meccanica e stabilità) al decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246.*
6. D.L. 29 ottobre 1999, n.490, *Testo unico delle disposizioni legislative in materia di beni culturali e ambientali, a norma dell'articolo 1 della legge 8 ottobre 1997, n. 352.*
7. D.L. 23 gennaio 2004, n.30, *Modificazioni alla disciplina degli appalti di lavori pubblici concernenti i beni culturali.*
8. *Raccomandazioni NORMAL 3/80: 1980, Materiali Lapidei: Campionamento, CNR-ICR (Ristampa 1988).*
9. *Raccomandazioni NORMAL 10/82: 1982, Descrizione Petrografica dei Materiali Lapidei Naturali, CNR-ICR.*
10. *Raccomandazioni NORMAL 16/84: 1984, Caratterizzazione di Materiali Lapidei in Opera e del loro Stato di Conservazione: Sequenza Analitica, CNR-ICR.*
11. *Raccomandazioni NORMAL 20/85: 1985, Interventi conservativi: progettazione, esecuzione e valutazione preventiva, CNR-ICR (Ristampa 1996).*
12. *Raccomandazioni NORMAL 23/86: 1986, Terminologia Tecnica: Definizione e Descrizione delle Malte, CNR-ICR.*
13. *Raccomandazioni NORMAL 23/87: 1987, Terminologia Tecnica: Definizione e Descrizione delle Malte, CNR-ICR (Sostituita dalla UNI 10924).*
14. *Raccomandazioni NORMAL 26/87: 1987, Caratterizzazione delle Malte da Restauro, CNR-ICR.*
15. *Raccomandazioni NORMAL 1/88: 1988, Alterazioni Macroscopiche dei Materiali Lapidei: Lessico, CNR-ICR.*
16. *Raccomandazioni NORMAL 27/88: 1988, Caratterizzazione di una Malta, CNR-ICR.*
17. *Raccomandazioni NORMAL 28/88: 1988, Composizione Chimica dei Materiali Lapidei, CNR-ICR.*
18. *Raccomandazioni NORMAL 43/93: 1993, Misure colorimetriche di superfici opache, CNR-ICR.*
19. UNI 8458:1983, *Edilizia. Prodotti lapidei. Terminologia e classificazione.*
20. UNI 8681:1984, *Edilizia. Prodotti per sistemi di verniciatura, pitturazione, RPAC, tinteggiatura e impregnazione superficiale. Criteri generali di classificazione.*
21. UNI 8752:1985, *Edilizia. Verniciature, pitturazioni, RPAC, tinteggiature e impregnazioni superficiali. Classificazione, terminologia e strati funzionali.*
22. UNI 8757:1985, *Edilizia. Prodotti per sistemi di verniciatura, pitturazione tinteggiatura, impregnazione superficiale e misti. Criteri per l'informazione tecnica.*
23. UNI 8758:1985, *Edilizia. Sistemi di verniciatura, pitturazione tinteggiatura, impregnazione superficiale e misti. Criteri per l'informazione tecnica.*
24. UNI 8759:1985, *Edilizia. Prodotti per sistemi di rivestimento plastico ad applicazione continua (RPAC). Criteri per l'informazione tecnica.*
25. UNI 8759:1985, *Edilizia. Sistemi di rivestimento plastico ad applicazione continua (RPAC). Criteri per l'informazione tecnica.*
26. UNI 10924:2001, *Beni culturali - Malte per elementi costruttivi e decorativi - Classificazione e terminologia (Sostituisce Normal 23/86 e Normal 23/87).*
27. UNI 11088:2003, *Beni culturali - Malte storiche e da restauro. Caratterizzazione chimica di una malta. Determinazione del contenuto di aggregato siliceo e di alcune specie solubili.*
28. UNI 11089:2003, *Beni culturali - Malte storiche e da restauro. Stima della composizione di alcune tipologie di malte.*
29. UNI EN 197-1 : 2001, *Cemento. Parte 1: Composizione, specifiche e criteri di conformità per cementi comuni.*
30. UNI EN 459-1:2002, *Calci da costruzione. Parte 1: Definizione, specifiche e criteri di conformità.*
31. UNI EN 459-2:2002, *Calci da costruzione. Metodi di prova.*
32. UNI EN 459-3:2002, *Calci da costruzione. Valutazione di conformità.*
33. UNI EN 13139:2003, *Aggregati per malta.*
34. UNI EN 998-1:2004, *Specifiche per malte per opere murarie - Parte 1: Malte da intonaco.*
35. UNI EN 998-2:2004, *Specifiche per malte per opere murarie - Parte 2: Malte da muratura.*