

Università degli Studi di Firenze

Facoltà di Architettura

Degrado e Diagnostica

Arch. Daniela Chiesi

Parte I e II

Materiali Lapidei

Patologie e cause di degrado

A.A. 2011/2012

Classifica dei materiali da costruzione

MATERIALI NATURALI

- rocce (pietre, ghiaie, sabbie ,pozzolane, argille)
- asfalti e bitumi
- legnami

MATERIALI ARTIFICIALI

- laterizi e ceramiche
- agglomerati e leganti (calce, gessi, cementi)
- agglomerati (malte, calcestruzzi, pietre artificiali)
- resine plastiche
- vetri, vernici

Classificazione delle rocce in base all'origine

Endogene (primarie o eruttive)

Provengono dalla solidificazione di magmi fusi. Si presentano cristalline, senza fossili

A. intrusive: il magma si è solidificato prima di giungere alla superficie .Graniti, sieniti, dioriti, peridotiti (serpentino)

B. effusive: il magma si è solidificato una volta uscito alla superficie – strutt.vetrosa, amorfa
Porfidi, Trachiti, Basalti

Esogene (secondarie o sedimentarie)

Si sono formate per deposito o accumulo di materiali vari

- A. clastiche: provengono da frammenti, depositati meccanicamente, di altre rocce *-incoerenti*: frammenti non cementati (ghiaie, sabbie, argille, marne) - *coerenti*: frammenti cementati (brecce, arenarie)
- B. piroclastiche: derivano dall'accumulo di proietti vulcanici (tufi vulcanici, pozzolane)
- C. chimiche: deposito chimico di Sali sciolti nell'acqua (gesso, calcari di origine chimica, travertino, tufo calcareo, alabastro)
- D. Organogene: per accumulo di resti di organismi (creta, calcari)

Metamorfiche

Provengono dalle rocce precedenti per trasformazione chimico-dinamica
(scisti serpentinosi, calcescisti, ardesia, bargiolina, marmo)

Caratteristiche delle rocce: struttura e tessitura proprietà fisiche, meccaniche e chimiche

Struttura

Si intende la Forma, le Dimensioni assolute e relative e il Modo secondo cui i singoli materiali risultano collegati. Nelle Magmatiche si ha:

- A. **Struttura granitoide**: quando i singoli componenti sono cristallizzati in granuli della stessa dimensione. (rocce eruttive intrusive – granito, sieniti, dioriti, gabbri). Rocce a struttura cristallina con elevate resistenze meccaniche
- B. **Struttura porfirica**: quando alcuni componenti di grosse dimensioni sono immersi in pasta di fondo, costituita da altri componenti minutamente cristallizzati o allo stato vetroso (rocce eruttive effusive – porfidi, trachiti, basalti) Rocce a struttura cristallina con elevate resistenze meccaniche
- C. **Struttura amorfa**: quando i componenti mineralogici sono allo stato vetroso (rocce eruttive effusive – ossidiane, pomici) Rocce non adatte per la costruzione

Caratteristiche delle rocce: struttura e tessitura

Tessitura

Si intende l'Aspetto della roccia in funzione di: Disposizione o Distribuzione dei minerali. Si ha:

- A. **Tessitura sferoidale**: quando i componenti sono distribuiti a strati concentrici fibrosi-raggiati;
- B. **Tessitura scistosa**: quando i cristalli risultano distribuiti a strati paralleli, saldati non tenacemente tra loro;
- C. **Tessitura fluidale**: data dalla disposizione orientata in una certa direzione dei componenti microcristallini (rispecchia l'andamento della colata lavica).

Gelività – sensibilità all'azione del gelo.

- 24 provini (campioni cubici) imbevuti in acqua distillata
- 20 cicli di gelo-disgelo (temperature tra -10 e +35)

Il materiale è ingelivo se i provini non presentano: screpolature o tracce di lesioni, abbassamenti di peso, diminuzione di resistenza.

Durezza – si considera la resistenza che queste pongono a essere segate: **tenere** (tufi calcarei), **semidure** (arenarie), **dure** (calcari, serpentiniti), **durissime** (graniti, porfidi).

Lavorabilità – attitudine delle rocce a farsi ridurre in lastre o in blocchi sagomati, a lasciarsi scolpire, lucidare etc; è maggiore tanto più la durezza è minore

Resistenze meccaniche – servono per valutare la resistenza alle varie sollecitazioni statiche e dinamiche:

- **Compressione** (Kg/cm²): si pressano 4 provini (dipende dall'umidità, dagli strati della roccia) - **Trazione** (Kg/cm²): provini prismatici a doppio T, stretti in morse (pietre quasi mai sottoposte) - **Flessione**: provini in lastre, appoggiate alle estremità al centro - **Urto**: provini in lastre, si lascia cadere una palla di ghisa da 2 metri
- **Logoramento**: prova all'attrito radente (con abrasivi); prova al getto di sabbia; prova per rotolamento - **Prove di aderenza**: si valuta lo sforzo occorrente per staccare una pietra da un materiale cementante
- **Durevolezza** – resistenza o inalterabilità delle rocce alle azioni chimiche, fisiche e meccaniche dell'atmosfera

Pietre e marmi di Firenze

Notizie sulle pietre e marmi presenti a Firenze si trovano in:

- Giorgio Vasari (1568), *Le vite de' più eccellenti pittori, scultori et architettori*, Ed. Milanese, Firenze, 1878-1885
- Agostino del Riccio (1597), *Istoria delle pietre*, Riproduzione anastatica del MS230 DELLA Biblioteca Riccardiana, a cura di P.Barochi, S.P.E.S., Firenze, 1979
- Filippo Baldinucci (1681), *Vocabolario toscano dell'arte del disegno*, Firenze
- Francesco Rodolico, *Le pietre delle città d'Italia*, Firenze, Le Monnier, 1965
- Rino Sartori, *Pietre e marmi di Firenze*, Alinea, Firenze 2002

Raggruppamento dei Litotipi

LAPIS, PIETRA

Materiali impiegati strutturalmente nelle costruzioni la cui superficie non può essere lucidata (calcari, arenarie, graniti)

A Firenze:

- PIETRAFORTE
- PIETRASERENA
- PIETRA BIGIA
- ALBERESE
- TRAVERTINO

MARMOR, MARMO

Materiali con struttura fine e cristallina che possono essere levigati e lucidati, da impiegare quasi esclusivamente nelle decorazioni edilizie e nelle opere scultoree e ornamentali (calcari cristallini)

A Firenze:

- MARMI BIANCHI E VENATI
- BARDIGLIO
- CIPOLLINO
- GIALLO DI CARRARA
- BRECCE MARMOREE
- GIALLO BROCCATELLO
- MARMI ROSSI
- MARMI NERI
- BRECCE SEDIMENTARIE
- GRANITO E GABBRO

La pietraforte

- Arenaria a grana fine con cemento carbonatico.
 - Colore: marrone avana con talvolta macchie grigio-azzurrognole
 - Presenza di laminazioni convolute e vene di calcite spatica
 - Pietra resistente e forte con carico di rottura, perpendicolarmente allo strato, di circa 1400 Kg/cm² (doppio di quello delle Pietra Serena)
 - Degrado si manifesta lungo le superfici di laminazione (discontinuità) e per distacco di blocchi lungo le vene di calcite
 - Cave: Costa San Giorgio e Boboli, Monte Ripaldi, le Campora, Riscaggio, Greve in Ghianti
- 
- Arenaria a grana fine con cemento carbonatico.
 - Colore: marrone avana con talvolta macchie grigio-azzurrognole
 - Presenza di laminazioni convolute e vene di calcite spatica
 - Pietra resistente e forte con carico di rottura, perpendicolarmente allo strato, di circa 1400 Kg/cm² (doppio di quello delle Pietra Serena)
 - Degrado si manifesta lungo le superfici di laminazione (discontinuità) e per distacco di blocchi lungo le vene di calcite
 - Cave: Costa San Giorgio e Boboli, Monte Ripaldi, le Campora, Riscaggio, Greve in Ghianti

Esempi a Firenze:

Palazzo Uguccioni in Piazza Signoria

Palazzo Pitti

Ponte Vecchio, ponte alla Carraia, Ponte Santa Trinita

Palazzo Vecchio, Palazzo Medici Riccardi, Strozzi e Spini- Feroni

Chiese di San Remigio, Santa Maria Maggiore, San Lorenzo, facciate di Santa Trinita e di San Gaetano

Strutture interne di Santa Maria del Fiore, di Santa Maria Novella

Mura di Firenze

Pochi esempi di opere scultoree per la sua particolare durezza: teste di leone sotto finestre al piano terra a Palazzo Pitti, capitelli Loggia dei Lanzi e interno Santa Maria del Fiore

La pietra serena

- Arenaria torbitica del tipo grovacca feldspatica, originatasi da clasti metamorfiche di medio e basso grado e granitiche in senso lato, facente parte della Successione Toscana non metamorfica. E' costituita da granuli (dim. 200-400 mm) di quarzo, feldspati, calcite e fillosilicati. Il cemento è spesso argilloso
- Colore: grigio-azzurrognolo che per alterazione delle opere poste all'esterno diventa avana (decomposizione delle cloriti)
- Tessitura omogenea con laminazioni, rare le vene di calcite spatica, scaglie di mica (puntini lucenti)
- Carico di rottura: 800 Kg/cm². Se esposta all'estero si riduce la resistenza
- Degrado: esfoliazione (caduta di croste parallele alle superfici a vista), polverizzazioni e disgregazioni superficiali di tipo fisico.



Uffizi (G.Vasari 1560)



Leone scolpito in Pietra Serena di fronte alla ex Chiesa di San Pancrazio. Avanzato stato di degrado - esfoliazione



Borgognissanti. La 'casa alla rovescia' con mensole e balaustri alla rovescia

Cave: Arenaria di Monte Modino di grana medio-fine (Fiesole, Settignano, Vincigliata, Valle del Mugnone). Arenaria Macigno di grana medio grossa (sud-ovest di Fi Carmignano (Lastra a Signa), Montebuoni-Tavarnuzze (Impruneta)

Esempi a Firenze:

Massimo impiego nel Rinascimento con:

Brunelleschi – colonne e interni di S.Lorenzo e S.Spirito e Michelangelo-
Biblioteca Laurenziana

Esterni: Esterni Uffizi e colonne loggiati

Piazza SS. Annunziata.

Possibilità di essere scolpita → Capitelli e ornamenti architettonici palazzi

La pietra bigia

- Stessa formazione della pietra serena di Fiesole (Arenaria di Monte Modino)
- Si distingue dalle altre arenarie per:
- Colore (marrone)
- Principale forma degrado= decadenza coesione totale dei granuli con sfarinamento zone superficiali (arenizzazione)
- Mancanza convoluzioni, laminazioni e vene di calcite
- Impiegata dal Cinquecento al Settecento per la sua somiglianza alla pietraforte, il costo inferiore e la supposta maggior resistenza della pietra serena



Arco di trionfo in P.za della Libertà in pietra bigia di Fiesole (1739)

La pietra artificiale

- Materiali artificiali nelle decorazioni plastico-architettoniche nei periodi Rinascimento e Barocco
- 'Stucchi' mediante l'impiego di 'ossature' in mattoni modellate con malte di calce aerea
- Fine '800 massimo impiego della pietra artificiale con l'utilizzazione di malte cementizie per realizzazione di elementi decorativi quali conci etc.
- Vantaggi malta cementizia:
- 1)Realizzazione di elementi maggiormente aggettanti 2)colorazione degli stessi nella fase di produzione della malta 3)maggior resistenza al degrado (per minore porosità malta 4)prezzo inferiore agli elementi lapidei
- Verifiche per distinguere pietra vera da artificiale: 1)se esistono rotture controllare strati inferiori (apparsa di ossature) 2)verifica del collegamento dei vari elementi lapidei (suddivisioni) 3) crettature che denotano ritiri sulla malta



Degrado di porzioni di pietra artificiale che mostra l'ossatura in mattoni

Primi Esempi a Firenze inizi '900:

- metope Palazzo Grifoni (Budini-Gattai) in Via dei Servi e Piazza SS. Annunziata
- Zoccolature Palazzo Corsi in via Tornabuoni, dell'ex convento degli Scolopi in via Martelli e della Biblioteca Marucelliana

Alberese

- Nome: dovuto alla presenza, nei piani di stratificazione separabili per fissilità, di figure di alberelli o arboscelli costituiti da microperline di manganese
- Formazione di Monte Morello (ex Calcare Alberese). Si trova anche a Grassano, Galluzzo, Scandicci e Lastra a Signa

- I litotipi impiegati sia come materiale da costruzione che per produzione di calce sono calcari marnosi compatti, bianchi o giallastri, a grana fine e a frattura concoide con contenuto di carbonato di calce (CaCO_3) variabile dall'85 al 93%.

Limitato impiego in opere architettoniche

Esempi a Firenze:

- Certosa di Firenze
- Chiesa di San Salvi
- Torre dei Visdomini in via delle Oche
- Torre Pagliuza in Piazza Santa Elisabetta
- Pavimento del loggiato della Basilica della SS. Annunziata

Nella Firenze romana è stato impiegato nella lastricatura delle strade principali della città.

Dalla metà del 1500 usato nei lavori di commesso di pietre dure, nelle tarsie e nelle incrostazioni dei mobili (come pietra Paesina e Verde Arno che si trovano in questi calcari e, tagliati e lucidati, mostrano delicati colori e paesaggi fantastici).

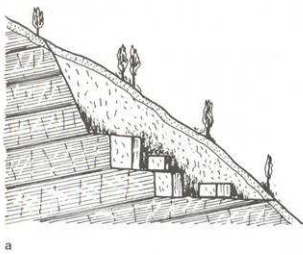
Il travertino

- Roccia sedimentaria di origine chimica la cui deposizione avviene presso sorgenti, cascate o bacini lacustri per precipitazione di carbonato di calcio.
- Struttura amorfa con contenuto di carbonato di calcio (CaCO_3) fino al 98,8%
- Presenta pori e cavità (taroli) dovuti alla decomposizione dei detriti vegetali dapprima inglobati nei depositi
- Colore: bianco, giallastro, grigio
- Età: Neozoico (Quaternario)
- Pietra di eccezionale durezza esposta all'aria
- Degrado si manifesta per corrosione
- Affiora: Valdelsa, Gracciano (Siena), Montaione (Firenze), Monsummano (Pistoia), Bagni di Lucca (Lucca), Asciano e Rapolano (Siena)

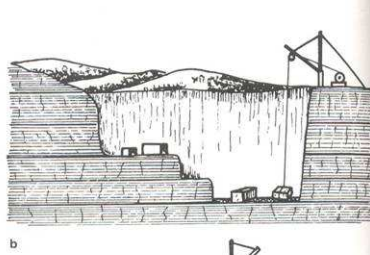


Palazzo in Via XX Settembre, Firenze

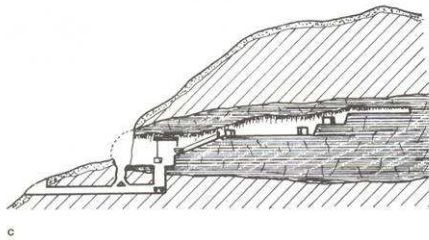
Le cave



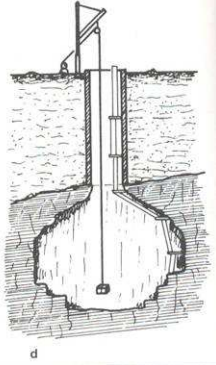
a



b



c



d

a. ad anfiteatro

b. a fossa

c. in galleria

d. a pozzo

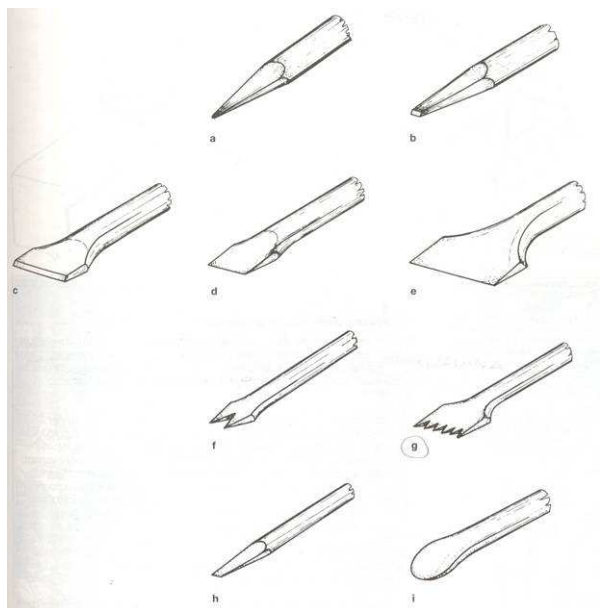


CAVA DI RISCAGGIO



CAVA DI FIRENZUOLA

Gli strumenti di lavorazione delle pietre



a. e b. **Subbia** a punta fine e grossa; c. scalpello accapezzatore;

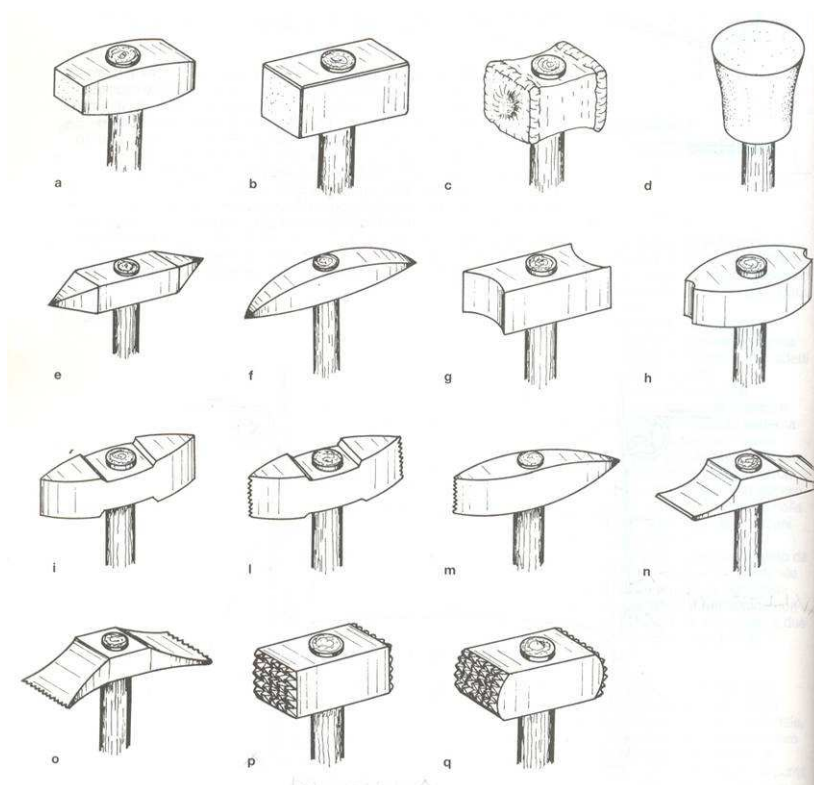
d. e e. scalpello a taglio stretto e largo;

f. calcagnolo o dente di cane;

g. **gradina**;

h. ugnetto;

i. gorbia o ferro tondo



a.,b. mazze;

c. mazzuolo di ferro dolce per scalpellare;

d. maglio;

e.,f. martelli a due punte;

g. mazza testa concava per squadrare;

h. testu per sbizzare gli spigoli;

i. martello a taglio dritto per pietre tenere;

l martello a taglio dentellato per pietre dure;

m martello a taglio misto; n. martellina;

o. martellina a denti;

p. bocciarda a testa piana;

q. bocciarda a testa convessa

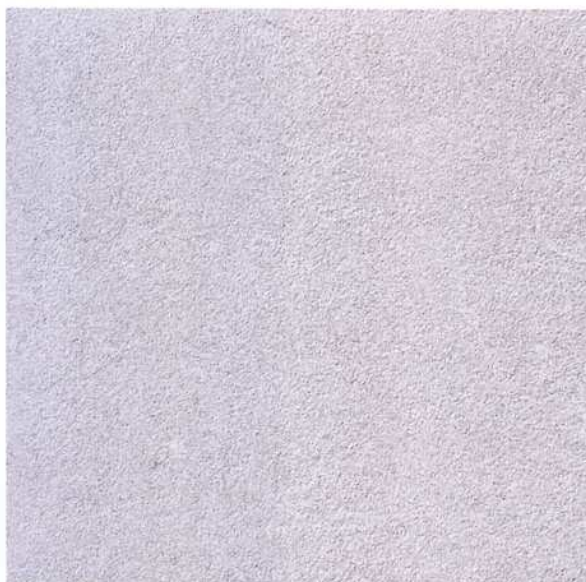
Esempi delle tecniche di rifinitura



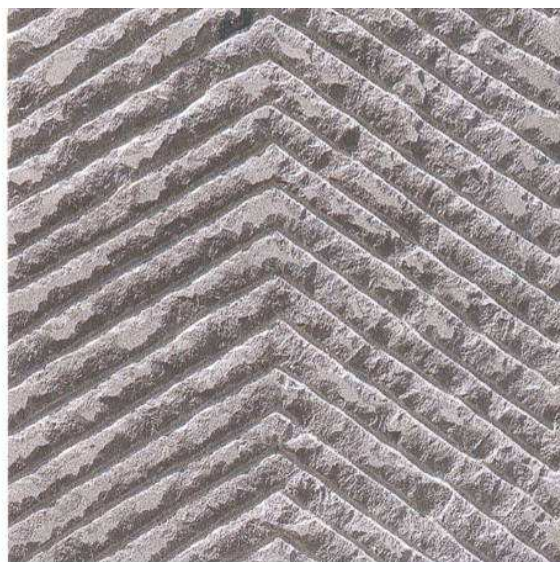
Fiammato



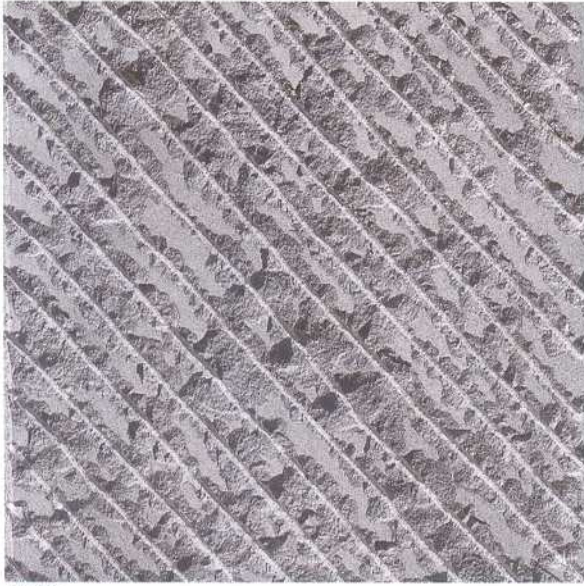
Bocciardato



Sabbiato



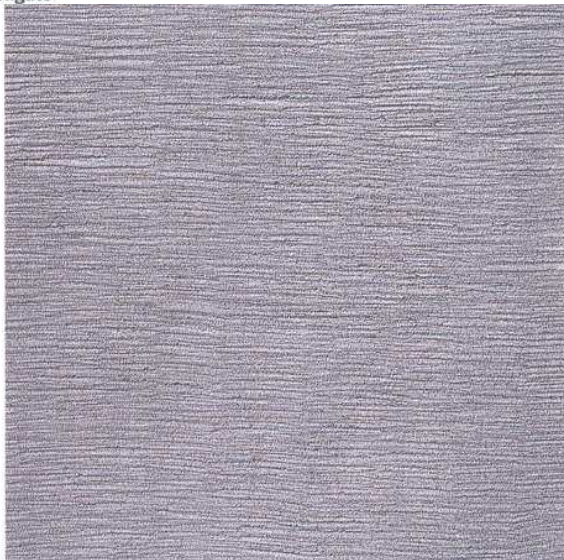
Rigato spina



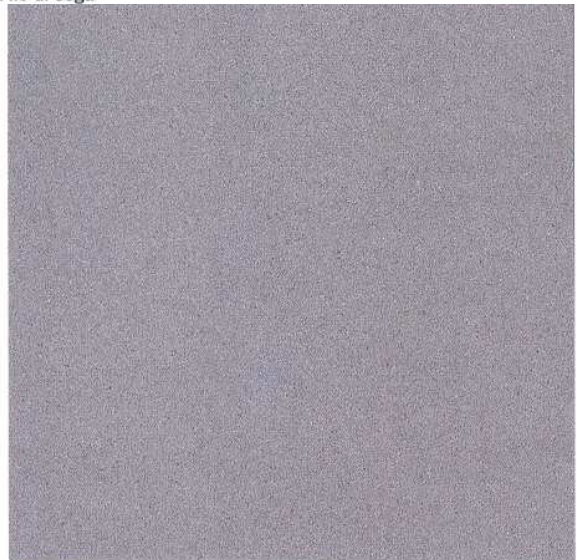
Rigato



Filo di sega



Scalpellato



Levigato

La **bocciardatura**¹ è uno dei trattamenti rustici più antichi poiché rende la superficie della pietra molto simile a quella del materiale grezzo, evidenziando e portando in vista eventuali cristalli e venature. Questa lavorazione conferisce alla pietra un particolare aspetto scolpito, scabro ed in rilievo; risulta particolarmente adatta per usi esterni come scale, cordoli e pavimentazioni, in quanto riduce la scivolosità dell'elemento, ma anche in rivestimenti di facciate quando viene affiancata ad altri tipi di lavorazione.

La **levigatura**⁶, attenua il colore della pietra, fornendo un'ottima planarità delle superfici, non creando però l'effetto di specularità, tipico della lucidatura, non ottenibile su questo tipo di materiale. Precedentemente, tale genere di lavorazione veniva utilizzato per i rivestimenti interni e per le pavimentazioni, sempre interne, negli ultimi tempi però, con l'evoluzione dei sistemi di rivestimento esterni a montaggio meccanico, ha trovato, anche in questo campo, un largo impiego.

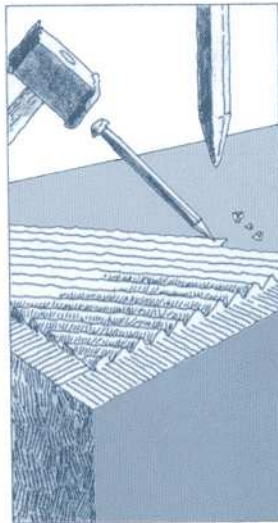
Il trattamento *termico* che si applica solitamente sulla pietra serena è quello della **fiammatura**,⁵ con la quale si ottiene l'effetto di vetrificazione superficiale, che conferisce alla lastra un aspetto ruvido (ma non tagliente) e vetroso, con un effetto cromatico caratteristico. La fiammatura non agisce, come le lavorazioni ad urto, tanto sul colore, quanto sulla tessitura superficiale. Questo trattamento può aumentare la resistenza alle aggressioni chimiche e all'erosione superficiale, però altera, per circa 3 mm di profondità, la resistenza del materiale; viene utilizzata sia nei rivestimenti esterni, sia dove è previsto un elevato grado di calpestio.

Con la **sabbiatura**⁴ la superficie assume un aspetto ruvido ma non tagliente. Ne risulta una superficie spesso morbida e priva di grosse asperità che trova nei rivestimenti di facciata, nelle lavorazioni a bassorilievo (scritte, disegni, incisioni) alcune delle applicazioni più diffuse.

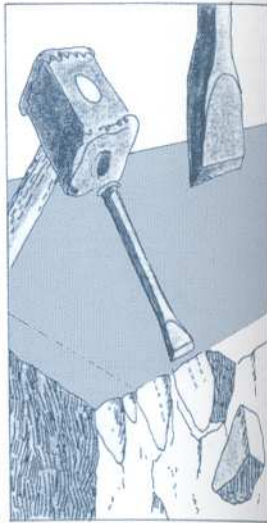
La sabbiatura viene utilizzata anche come trattamento di pulizia per rimuovere eventuali incrostazioni che nel tempo compaiono, ad esempio, proprio sui rivestimenti di facciata.

Anche la sabbiatura, come le lavorazioni ad urto, può avere vari gradi di profondità, nonostante si evitino generalmente lavorazioni troppo intense per non incidere eccessivamente lo strato superficiale.

La **rigatura**³ è un tipo di lavorazione superficiale che si presta ad essere effettuata sia sui manufatti grezzi e semilavorati di partenza, ma anche su prodotti già levigati o, addirittura, precedentemente bocciardati e/o fiammati. È un tipo di lavorazione adatto soprattutto nelle pavimentazioni esterne, ma precedentemente veniva utilizzato anche nei rivestimenti di facciata di tipo tradizionale. Consiste nell'incisione di rigature più o meno larghe che vanno da 8 a 15 mm, più o meno profonde, con solchi solitamente tra 2 e 5 mm che, in casi particolari, come le pavimentazioni carrabili in pendenza, possono raggiungere anche 10 mm, e distanziate l'una dall'altra con interassi variabili da 8 a 15 mm. Un tipo di rigatura più fitta e più irregolare prende il nome di **gradinatura**.



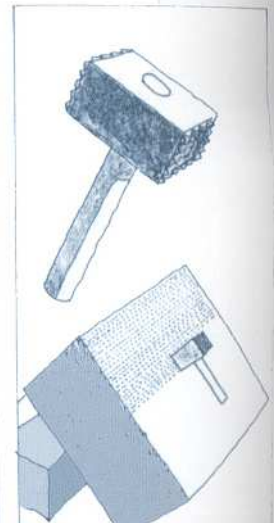
Subbia (o Punta)



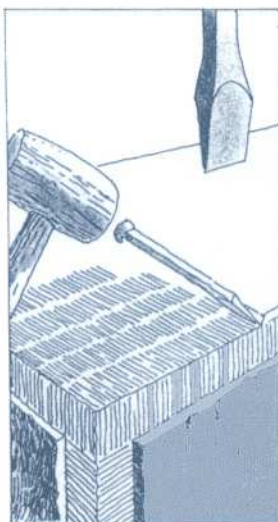
Sgorbia



Martellina



Bocciarda

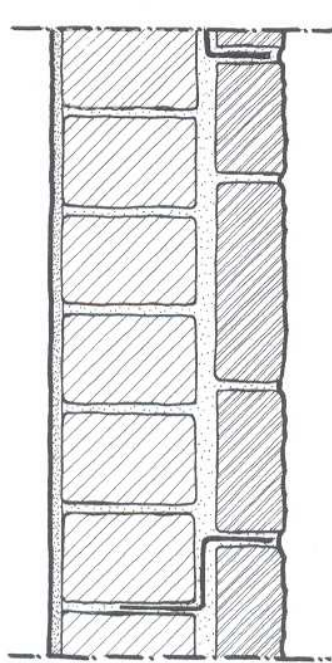


Scalpello

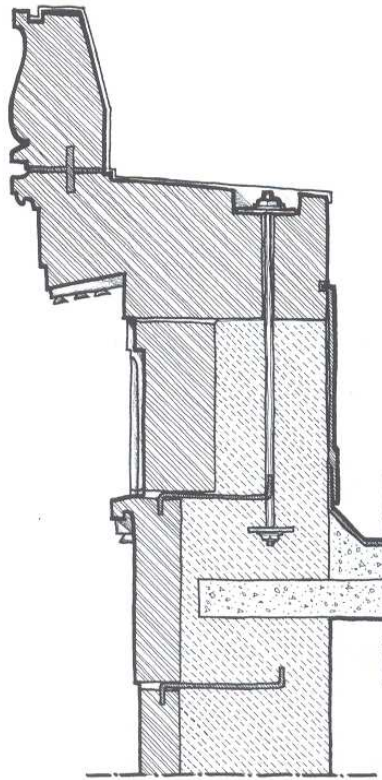


Gradina

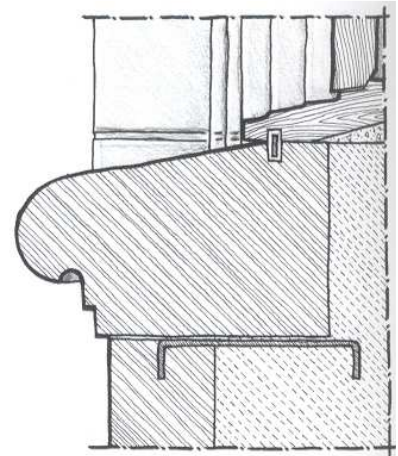
Esempi delle tecniche di finitura



Muratura di paramento in pietra serena



Coronamento e muratura di paramento in pietra serena



Davanzale in pietra serena

SCIENZA DELLA CONSERVAZIONE

Al termine degli anni '60 nasce, in Italia, a seguito del rilevante danno apportato a molte opere d'arte appartenenti al patrimonio storico-artistico italiano dalle alluvioni che colpiscono le città d'arte di Firenze e Venezia, una nuova disciplina: **la scienza della conservazione**. Presupposto di questa nuova scienza è l'affermazione conservare significa conoscere. Intervenire su un manufatto artistico, elaborare il progetto di intervento conservativo significa, quindi, fornire al progettista tutte le informazioni relative alla conoscenza materica dell'oggetto, alle cause, meccanismi ed entità del degrado, così come significa avere la più ampia conoscenza, su basi scientifiche, dei prodotti e/o metodologie da impiegare nel corso di un intervento, concetti questi che stanno alla base della *diagnostica*.

NORMAL = NORMATIVA MATERIALI LAPIDEI

La Commissione NORMAL opera sotto il patrocinio del CNR – Opere d'arte di Milano e Roma e dell'Istituto centrale per il Restauro

Scopo= stabilire metodi unificati per lo studio delle alterazioni dei materiali lapidei e per il controllo e l'efficacia dei trattamenti conservativi di manufatti di interesse storico-artistico

Con 'materiale lapideo' si intende oltre che marmi e pietre propriamente detti anche stucchi, malte, intonaci, prodotti ceramici impiegati in architettura (laterizi e cotti)

I vari argomenti di studio sono stati affidati a sette gruppi di lavoro, i documenti elaborati dai gruppi sono diffusi sotto forma di 'Raccomandazioni' individuate dalla sigla Normal, da un numero progressivo e dall'anno di pubblicazione

ANALISI DEL DEGRADO DEI MATERIALI

Analisi del degrado di un manufatto = rilievo delle diverse patologie che lo aggrediscono

Occorre accertare lo stato conservativo di tutti i materiali (precedentemente identificati nella tavola tematica) - identificare, per ogni materiale, tutti i fenomeni di degradazione che si manifestano - individuare gli elementi capaci di peggiorare situazioni di degrado avanzate o che potrebbero esserne stati a causa prima (chiodi, staffe di ferro, tubazioni ecc.)

Cause fenomeni di degrado:

-INTRINSECHE: dovute al sito, ai difetti della progettazione, al cantiere di costruzione, ai materiali, alle tecnologie costruttive, alle destinazioni d'uso

-ESTRINSECHE: umidità, fattori meteorologici o climatici, inquinamento naturale, aggressione biologica, agenti geologici ed idrogeologici

Cause e processi di degrado

I meccanismi fisiologici principali del degrado che portano nel tempo ad un inesorabile danneggiamento delle murature degli edifici storici (escluse le accelerazioni del danno dovute ad eventi straordinari come terremoti, incendi, frane ecc.) sono raggruppabili in quattro grandi categorie: degrado fisico, degrado chimico, degrado biologico, degrado antropico.

DEGRADO FISICO

DEGRADO CHIMICO

DEGRADO BIOLOGICO

DEGRADO ANTROPICO

DEGRADO FISICO

Processo che porta ad una diminuzione di grana del materiale lapideo con riduzione del materiale stesso in frammenti senza che questi abbiano subito cambiamenti chimici. Composizione mineralogica, grana e tessitura della roccia sono fattori che influiscono sul fenomeno.

Cause:

Le cause possono essere ricondotte:

- a azioni meccaniche (usura, abrasioni, tensioni interne),
- alla forza di cristallizzazione dei sali (sali solubili in acqua che cristallizzando aumentano di volume ed esercitano pressioni all'interno del materiale poroso),
- al gelo e disgelo (con aumento del volume specifico dell'acqua presente nella struttura porosa del materiale nel momento in cui gela),
- agli sbalzi termici (con variazioni dimensionali volumetriche e tensioni interne nel materiale in opera).

Effetti:

Gli effetti rilevabili sono le seguenti forme di degrado:

- fratturazione, decoesione, scagliatura, esfoliazione, distacco, disgregazione, deformazione, erosione, usura, efflorescenze e sub efflorescenze.

Patologie che alterano la resistenza del materiale all'ambiente consentendo la penetrazione in profondità di acqua e sali solubili, arrivando a innescare anche alterazioni di tipo chimico.

Processi:

- **creazione di ghiaccio:** quando temperatura scende al di sotto dello 0°C, l'acqua presente nei pori delle pietre, dei mattoni, delle malte, congela con un aumento del volume pari al 9%

-**Variazioni termiche** diurne e stagionali provocano il fenomeno del gelo e disgelo dell'acqua a sollecitazione ripetuta che può portare rottura a fatica e alla disgregazione

- **Dilavamento** da parte dell'acqua meteorica nei confronti dei leganti aerei (calce e gesso) che, ad indurimento avvenuto, generano composti idrosolubili e un meccanismo di degrado fisico che compromette soprattutto malte e intonaci

- **Erosione** dovuta all'azione del vento

-**Cristallizzazione dei sali solubili:** i Sali provenienti dall'esterno vengono trasportati dall'evaporazione dell'acqua e si depositano all'interno dei pori del materiale dando origine a strutture cristalline che, oltre a generare pressioni (e fratture) nella struttura danno origine all'esterno ad efflorescenze e sub-efflorescenze

DEGRADO CHIMICO

Processo che comporta una modificazione della composizione chimico-mineralogica del materiale; in genere è dovuto ad una reazione tra il materiale, gli agenti atmosferici e gli agenti inquinanti..

Cause:

I principali fattori che provocano un'alterazione chimica sono: il clima, l'acqua, la temperatura.

Effetti:

Gli effetti propri del meccanismo di degrado chimico sono le seguenti patologie: polverizzazione, disgregazione, variazione cromatica, croste nere, corrosione

Processi

I principali processi che portano alla formazione di composti con caratteristiche diverse da quelle originarie possono considerarsi:

- l'idratazione che comporta un'alterazione cromatica del materiale o un aumento di volume di alcuni minerali con conseguente disgregazione della roccia che li contiene e polverizzazione della superficie;
- l'idrolisi o argillificazione causata dall'acqua acida che penetra nella superficie dei materiali silicatici (quali pietre arenarie, tufi, graniti), solubilizza gli ioni della silice e entra a far parte del reticolo cristallino producendo materiali argillosi;
- la carbonatazione con la solubilizzazione del carbonato di calcio (o di magnesio) ad opera dell'acqua meteorica che discioglie gli inquinanti presenti nell'aria (quali l'anidride carbonica CO_2). La solubilizzazione può essere superficiale o penetrare all'interno. Ne conseguono fenomeni di degrado quali la disgregazione e la polverizzazione del materiale;
- la solfatazione che consiste nella formazione di acido solforico (a seguito della reazione dell'anidrite solforosa SO_2 con l'acqua). Nel caso di paramenti di facciata in pietre calcaree il carbonato di calcio interagisce con l'acido solforico producendo gesso (solfato di calcio), dannoso per il materiale in quanto può agire da legante sui depositi di polvere esistenti sul paramento portando alla formazione di croste nere. La formazione di gesso determina anche un aumento di volume che può causare la disgregazione superficiale del paramento;
- l'ossidazione, una reazione chimica tra un materiale (in genere metallico) e l'ambiente circostante innescata da agenti corrosivi quali l'ossigeno e l'acqua. La corrosione si accentua in ambienti inquinati dove sono presenti nell'aria gas quali l'anidrite carbonica, l'anidrite solforosa ecc.

DEGRADO BIOLOGICO

Una forma di alterazione è quella correlata alla presenza di biodeteriogeni, organismi microscopici, insetti o mammiferi (come per esempio i pipistrelli), uccelli, piante superiori che, in condizioni ambientali favorevoli, si sviluppano ed esercitano un'attività metabolica che altera in modo irreversibile il materiale lapideo. I parametri ambientali che favoriscono lo sviluppo dei vari gruppi biologici sono la luce, l'ossigeno, l'anidrite carbonica, l'acqua (Umidità Relativa alta, Temperatura alta, ventilazione scarsa, forte presenza di fonti luminose).

I principali agenti biodeteriogeni: sono alghe, licheni, funghi e batteri eterotrofi, muschi, piante infestanti, insediamento di uccelli, in particolare di piccioni con danni estetici per la presenza di guano, azione meccanica delle unghie e del becco su materiali disgregati, azione chimica degli escrementi.

- **Alghe e cianobatteri:** si sviluppano in climi caldi umidi e in presenza di luce. Le alghe scure crescono in corrispondenza di zone alimentate dall'acqua che, durante le piogge, è smaltita in modo errato da grondaie difettose, davanzali, ecc. Attaccano materiali porosi e, tramite la produzione di acidi organici, attaccano il substrato carbonatico. Patine variabili per colore (dal verde all'arancio scuro per le alghe, al grigio o nero per i cianobatteri), estensione e spessore. **Batteri e funghi:** I batteri attecchiscono ovunque, i funghi con elevati tassi di umidità

- **Licheni:** forma a plaghe rotonde dall'aspetto crostoso. Formati dall'associazione di un fungo microscopico e di un'alga. Presenti: in luoghi aperti, inquinati e mediamente umidi; attaccano materiali calcarei con azione corrosiva anche all'interno

- **Muschi:** si sviluppano dove si hanno depositi di humus o accumuli di residui organici generati da altri batteri o vegetali. Presenti su superfici alcaline. Consistenza stratiforme e colore verdastro, bruno o nero. - **Vegetazione superiore infestante:** tende a creare fratture e fessurazioni nel materiale; le radici penetrano fra leganti e intonaci, fra le rotture dei conci, e, aumentando di diametro, diventano veri e propri cunei ad azione progressiva. Inoltre creano corsie preferenziali per penetrazione acque meteoriche che potranno quindi disgregare malte e intonaci, produrre nuovi cicli di gelo e disgelo cc.

- **Azione di uccelli:** il guano rappresenta un pericoloso terreno di coltura per lo stabilirsi di microrganismi che innescano varie e di degrado sul materiale

Esempi di Degrado biologico



Muschi causati da perdite localizzate dell'impianto di smaltimento acque meteoriche



DEGRADO ANTROPICO

Ogni forma di alterazione o modificazione dello stato di conservazione di un bene culturale o del contesto in cui esso è inserito quando questa azione è indotta dall'uso improprio.

Le principali forme di degrado antropico sono:

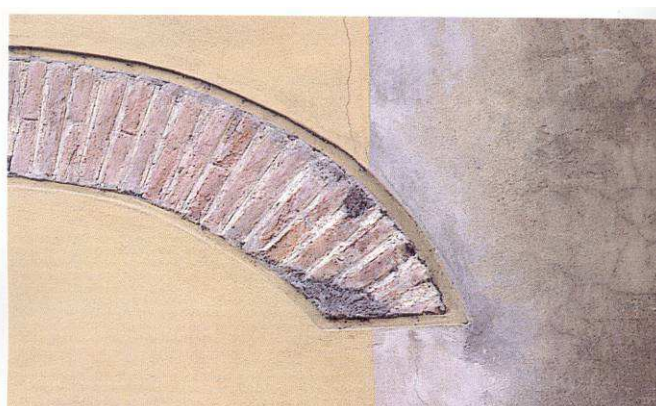
- Atti di vandalismo (graffiti, murales ecc.);
- Collocazione impropria di elementi tecnologici (energia elettrica, cabine telefoniche ecc.);
- Uso improprio del materiale o tentativi errati per una sua conservazione;
- Assenza di manutenzione;
- Messa in opera errata per l'accoppiamento fra pietra e altri materiali poco stabili chimicamente (es. ferro che si corrode e provoca fessurazioni e distacchi o macchie); errata orientazione del materiale lapideo rispetto alla tessitura; lavorazioni 'aggressive' dei materiali lapidei;
- Rappezzi colorati o imbrattature incongrue.

Esempi di degrado antropico



Degrado e interventi incongrui alterano in modo evidente le facciate (casa a schiera in via Calimara, particolari del fronte esterno)

(esempi tratti da G. Centauro, *Piano del colore del centro storico di Prato*, Voll. 2, Lalli Editore, Poggibonsi 1998).



Alterazione

Modificazione del materiale che non sempre indica un peggioramento delle sue caratteristiche sotto il profilo conservativo

Processo chimico che porta ad una trasformazione minerologica ed è dovuta a processi naturali legati all'acqua che aumentano con l'aumentare della porosità della roccia.

Degradazione

Processo chimico-fisico che porta al decadimento delle proprietà fisico-meccaniche del materiale

Deformazione

"Variazione della sagoma che interessa l'intero spessore del materiale e che si presenta in elementi lastriformi" (Normal 1/88). Questa condizione di degrado interessa principalmente rivestimenti lapidei di limitato spessore (lastre marmoree, lapidi e targhe, ecc.).

Alterazione cromatica

"Alterazione che si manifesta attraverso la variazione di uno o più parametri che definiscono il colore: tinta (hue), chiarezza (value), saturazione (chroma). Può manifestarsi con morfologie diverse a seconda delle condizioni e può riferirsi a zone ampie o localizzate" (Normal 1/88). Si tratta di modificazione che non implica necessariamente un peggioramento delle caratteristiche ai fini della conservazione, spesso determinata dalla patina naturale assunta nel tempo dal materiale (ad es. i paramenti di calcare alberese che hanno assunto con l'ossidazione coloriture diverse, gialle e giallo bruno, in ragione delle componenti mineralogico petrografiche del materiale originario).

Decoesione

Diminuzione di coesione e d'adesione tra i componenti strutturali con un'eventuale aumento di porosità e lieve peggioramento delle caratteristiche meccaniche originarie. In base ai livelli di progressione del processo può prendere il nome di disgregazione fino alla polverizzazione.

Disgregazione

Decoesione caratterizzata da distacco di granuli o cristalli sotto minime sollecitazioni meccaniche" (Normal 1/88). Il fenomeno è particolarmente evidente nelle arenarie a forte gelività, sottoposte alla azione diretta degli agenti atmosferici.

Polverizzazione

Decoesione che si manifesta con la caduta spontanea del materiale sotto forma di polvere o granuli" (Normal 1/88). Nei materiali nei quali è venuto meno il legante, gli inerti minerali e le particelle incoerenti, non più legate dalla tessitura strutturale originaria, formano polveri superficiali

facilmente asportabili e caduche. Particolare forma di polverizzazione dell'intonaco dipinto è lo "spolvero del colore" (v).

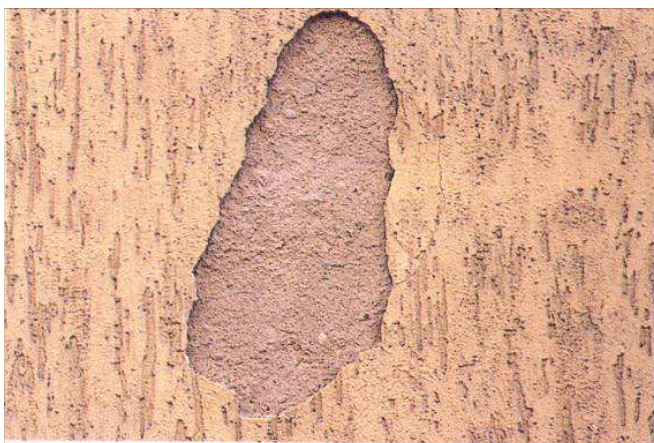
Nel corso di un'aggressione biologica la decoesione è normalmente causata da infiltrazioni nel materiale di licheni o alghe perforanti – la disgregazione da una presenza generalizzata di microorganismi con intensa attività di microfratturazione

ALTERAZIONI PER PERDITE DI MATERIALE

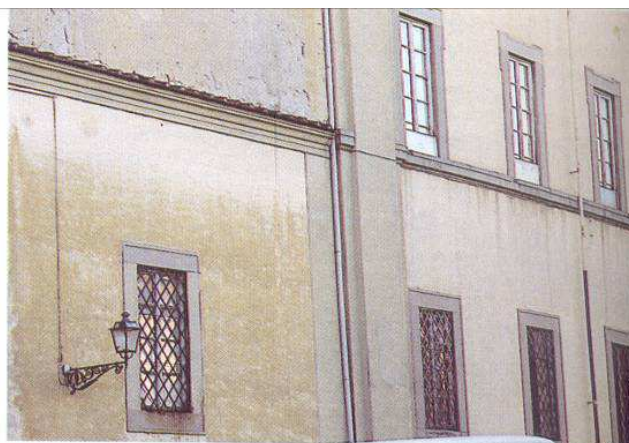
- **Distacco, Mancanza, Lacuna**
- **Erosione , Alveolizzazione**
- **Esfoliazione, o desquamazione**
- **Fessurazione**
- **Fratturazione**
- **Corrosione puntiforme**
- **Scagliatura**

Distacco

"Soluzione di continuità tra strati del materiale, sia tra loro che rispetto al substrato: prelude in genere alla caduta degli strati stessi. Il termine si usa in particolare per gli intonaci e i mosaici. Nel caso di materiali lapidei naturali le parti distaccate assumono spesso forme specifiche in funzione delle caratteristiche strutturali e tessiturali, e si preferiscono allora voci quali crosta (v.), scagliatura (v.), esfoliazione (v.)" (Normal 1/88). Il distacco degli intonaci può assumere valori più o meno accentuati in relazione all'entità ed estensione dello stesso; generalmente si parla di "allentamento" nei casi meno manifesti, non direttamente riconoscibili per la deformazione o la caduta di parti, quindi valutabili con il riscontro di sonorità alla battuta della nocca. Il distacco può interessare la separazione dell'arriccio dal supporto, dell'intonaco dall'arriccio, dell'intonachino dall'intonaco, oppure l'adesione tra intonaci diacronici stesi uno sopra l'altro in interventi diversi.

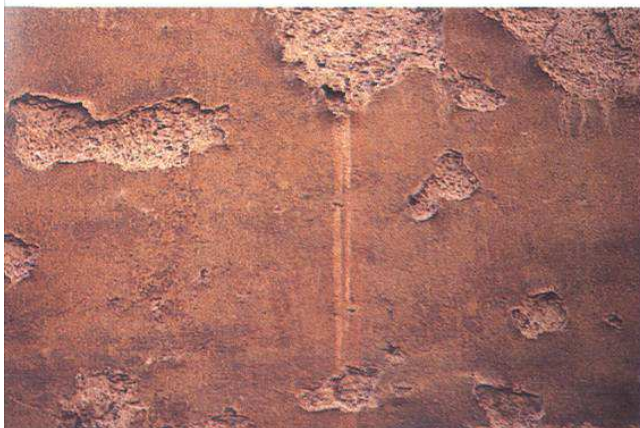


Distacco di sovrintonaco plastico graffiato per progressiva decoesione dal supporto



Decadimento per dilavamento di pittura a calce additivata con resine acriliche e stesa con rulli

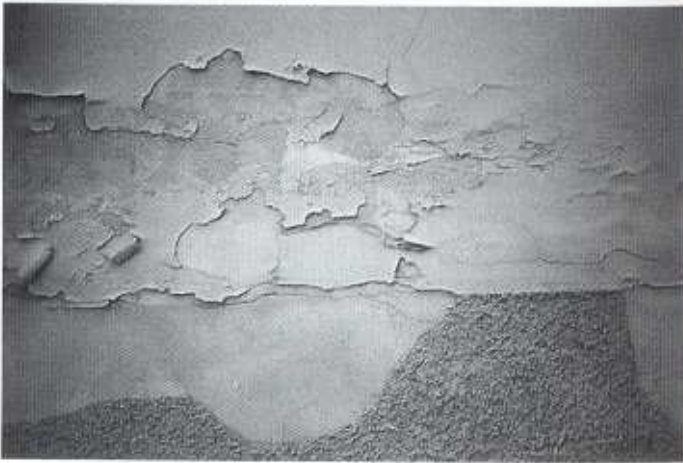
Decoesione di intonaco tradizionale per l'azione disgregatrice degli agenti atmosferici



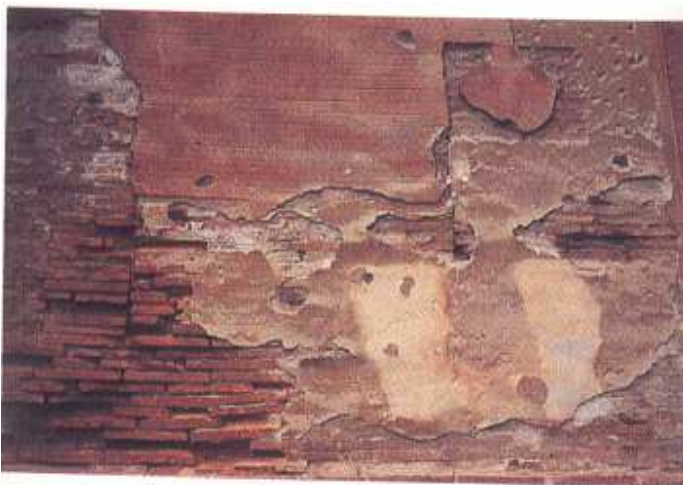
Sollevamenti su intonaci cementizi della pellicola pittorica con resine acriliche; tali fenomeni sono causati dagli stati tensionali instaurati tra intonaco e colore per forti gradienti termici



(G. Centauro, *Piano del colore del centro storico di Prato*, Voll. 2, Lalli Editore, Poggibonsi 1998).



Distacco della pellicola pittorica



**Distacco dei vari strati di intonaco,
dilavamento dei letti di malta e locali
polverizzazioni degli elementi in laterizio**



Distacco di intonaco

Esempi tratti da S.Franceschi, L.Germani, M.Pasquini,E.Ulivi, *Il progetto di restauro, protocolli operativi*, Alinea, Firenze 2003.

Mancanza

"Caduta e perdita di parti. Il termine generico si usa quando tale forma di degradazione non è descrivibile con altre voci del lessico. Nel caso particolare degli **intonaci dipinti** si adopera di preferenza **"lacuna"** (v.)"

Lacuna

"Caduta e perdita di parti di un dipinto murale con messa in luce degli strati di intonaco più interni o del supporto (v. anche "mancanza")" (Normal 1/88). Con tale termine si indicano le aree totalmente private del film cromatico superficiale. Nel caso di tinteggiature la lacuna può interessare lo strato corrispondente all'ultimo trattamento in ordine temporale eseguito sul fondo, lasciando intravedere in tutto o in parte strati precedenti.

Cause: presenza di fenomeni di umidità di risalita, consistente presenza di formazioni saline, perdita puntuale degli impianti di smaltimento delle acque meteoriche, le soluzioni di continuità conseguenti alla presenza di fessurazioni, di lesioni strutturali

Erosione

"Asportazione di materiale dalla superficie dovuta a processi di natura diversa. Quando sono note le cause di degrado, possono essere utilizzati anche termini come **"erosione per abrasione"** o **"erosione per corrosione"** (cause meccaniche), **"erosione per corrosione"** (cause chimiche e biologiche), **"erosione per usura"** (cause antropiche)" (Normal 1/88). Tale forma di degradazione materica colpisce nelle superfici esposte in modo più accentuato le pietre arenarie, ma anche le stratigrafie delle malte (rinzafo, arriccio e intonaco) private delle protezioni superficiali (intonachino e smalto pittorico). In materiali particolarmente porosi, in presenza di un elevato contenuto di Sali solubili in zone climatiche soggette a fenomeni di rapida evaporazione delle superfici lapidee esposte alle intemperie si può verificare la formazione di alveoli, talvolta profondi e comunicanti fra loro, le cui pareti possono essere ricoperte da polvere dello stesso materiale, da efflorescenze o da colonie di microorganismi (alveolizzazione).

Alveolizzazione

"Degradazione che si manifesta con la formazione di cavità di forme e dimensioni variabili. Gli alveoli sono spesso interconnessi e hanno distribuzione non uniforme. Nel caso particolare in cui il fenomeno si sviluppa essenzialmente in profondità con andamento a diverticoli si può usare il termine **"Alveolizzazione a caratura"** (Normal 1/88). Tale fenomenologia di degrado è riscontrabile soprattutto nei materiali calcarei di minore resistenza meccanica maggiormente esposti agli agenti atmosferici ed al dilavamento.

Le soluzioni saline che si formano in seguito all'assorbimento d'acqua, tendono, in seguito all'evaporazione, a cristallizzarsi con conseguente aumento di volume: i pori del materiale subiscono

pressioni superiori alle capacità di resistenza dello stesso e si sfaldano. Quando l'evaporazione è rapida le soluzioni saline possono cristallizzare in profondità (alveolizzazione a caratura) provocando talvolta anche il distacco e la disgregazione d'ampie porzioni di materiale.



Erosione alveolare di pietre calcaree
dovuta all'azione combinata
dell'aerosol marino e del vento



Alveolizzazione di elementi lapidei

Esempi tratti da S.Franceschi, L.Germani, M.Pasquini, E.Ulivi, *Il progetto di restauro, protocolli operativi*, Alinea, Firenze 2003.

Esfollazione

"Degradazione che si manifesta con distacco, spesso seguito da caduta, di uno o più strati subparalleli tra loro (sfoglie)" (Normal 1/88). Il fenomeno colpisce in maniera sensibile le pietre arenarie maggiormente gelive ed è accelerato dall'inquinamento atmosferico che aggredisce e disgrega il legante minerale.

Lo spessore delle sfoglie di qualche millimetro ma normalmente uniforme, le singole sfoglie, costituito da materiale alterato apparentemente integro, dopo la caduta danno origine a soluzioni di continuità di forma irregolare, con i bordi netti e fondo di colore diverso dalle superfici limtrofe.

Esfoliazione di pitture viniliche e annerimento da smog di pitture a calce per depositi derivanti dai gas di scarico automobilistico



Leone scolpito in Pietra Serena di fronte alla ex Chiesa di San Pancrazio. (Museo Marino Marini)
Avanzato stato di degrado - esfoliazione



Scagliatura

"Degradazione che si manifesta col distacco totale o parziale di parti (scaglie) spesso in corrispondenza di soluzioni di continuità del materiale originario. Le scaglie, costituite da materiale in apparenza inalterato, hanno forma irregolare e spessore consistente e disomogeneo. Al di sotto possono essere presenti "efflorescenze" (v.) o "patine biologiche" (v.)" (Normal 1/88). Questo genere di degenerazione interessa il materiale lapideo anche in natura, ad esempio sono note le scagliature del calcare marnoso nelle stratigrafie esposte agli agenti atmosferici.

Efflorescenza

"Formazione di sostanze, generalmente di colore biancastro e di aspetto cristallino o polverulento o filamentoso, sulla superficie del manufatto. Nel caso di efflorescenze saline, la cristallizzazione può talvolta avvenire all'interno del materiale provocando spesso il distacco delle parti più superficiali: il fenomeno prende allora il nome di cripto-efflorescenza o sub-efflorescenza" (Normal 1/88). Principale forma di efflorescenza che imbianca la superficie cromatica determinando decoesione del legante e forti tensioni che portano alla rottura e successiva caduta del film cromatico. La concentrazione dei sali verso l'esterno può essere favorita dalle migrazioni causate dalle variazioni di temperatura ed umidità nella muratura e nell'ambiente. Altri tipi di efflorescenza dell'intonaco determinate dalle sostanze presenti nella malta o migrate dalle murature, ma anche sostanze aggiunte in trattamenti restaurativi, sono le salificazioni di sodio cloruro (fortemente igroscopiche), di potassio e di nitrato di calcio (riconoscibili sotto forma di fili salini che si manifestano lungo le cretture dell'intonaco o del film pittorico).

Le efflorescenze hanno caratteristiche diverse a seconda del tipo di sale che precipita:

- solfati alcalini (di Sodio o Potassio) = depositi voluminosi con aspetto di barbe e filamenti di colore bianco, facilmente asportabili e solubili in acqua
- gesso (solfato di calce biidratato) = aspetto cristallino e saccaroide, di colore biancastro, molto resistenti all'azione meccanica di asportazione



Patina

"Alterazione strettamente limitata a quelle modificazioni naturali della superficie dei materiali non collegabili a manifesti fenomeni di degradazione e percepibili come una variazione del colore originario del materiale. Nel caso di alterazioni indotte artificialmente si usa in preferenza il termine di "patina artificiale" (Normal 1/88). La questione del trattamento delle patine costituisce uno dei principali temi del restauro, interessando direttamente anche il piano del colore, nella

misura in cui anche coloriture e tinteggiature di natura minerale sono soggette nel volgere del loro tempo di utilizzo alla formazione di patine in forma di alterazioni cromatiche, di tinta (in maniera minore), di chiarezza e croma (in maniera maggiore). Nel ripristino di coloriture preesistenti si dovrà quindi valutare con estrema attenzione tale tipologia di alterazione cromatica, onde evitare la progressiva trasformazione del colore nell'ambiente urbano.

Fratturazione o fessurazione superficiale

"Degradazione che si manifesta con la formazione di soluzioni di continuità nel materiale e che può implicare lo spostamento reciproco delle parti" (Normal 1/88). La conformazione delle fessure può essere lineare, stellare e reticolare. Il dissesto dell'apparato murario di supporto è la causa principale di tali fenomeni, tuttavia fratturazioni e fessurazioni possono determinarsi anche a livello superficiale per tensioni localizzate non sopportabili dai vari materiali in ragione della rigidità e fragilità del tessuto cristallino del film pittorico.

Fessurazione Distacco macroscopico fra due parti contigue e formazione di vere e proprie fessure; Può essere causata dalla penetrazione di radici di piante infestanti o essere espressione di problematiche statiche legate alla struttura del manufatto



Fessurazione di conci lapidei



Lesione di apparecchio murario

DEGRADI RIPRODUTTIVI O DA APPOSIZIONE

- **Concrezioni**
- **Croste**
- **Depositi superficiali**
- **Incrostazioni**
- **Macchie**
- **Pellicole**
- **Rigonfiamenti**
- **Presenza di vegetazione infestante**

Concrezione

"Deposito compatto generalmente formato da elementi di estensione limitata, sviluppato preferenzialmente in una sola direzione non coincidente con la superficie lapidea. Talora può assumere forma stalattitica o stalagmatica" (Normal 1/88). La formazione di concrezioni si verifica su materiali calcarei, arenarie, travertino in presenza di permanenze umide protrattesi nel tempo in ambiente protetto con migrazione, deposito e mineralizzazione di sali.

Incrostazione

"Deposito stratiforme, compatto e generalmente aderente al substrato, composto da sostanze inorganiche o da strutture di natura biologica" (Normal 1/88). La degradazione che consegue alla formazione di incrostazioni (presente in marmi e travertini, ma anche su velature di carbonato di calcio) si manifesta con marcate alterazioni morfologiche o cromatiche della superficie (efflorescenze, annerimenti ecc.) o con presenza di localizzate colonie fungine (muffe ecc.).

Deposito superficiale

"Accumulo di materiali estranei di varia natura, quali, ad esempio, polvere, terriccio, guano, ecc. Ha spessore variabile e, generalmente, scarsa coerenza e aderenza al materiale sottostante" (Normal 1/88). Per le superfici bidimensionali delle facciate l'entità dei depositi superficiali dipende in larga misura dall'esposizione (sarà maggiore nelle zone protette dai venti e dalle piogge), dalla scabrosità e deformazione del fondo, dalla rugosità del trattamento (ad esempio le finiture "a buccia di arancio" e "a pinocchio" determinano una rapida formazione di depositi estranei). Tuttavia è da annotare come pitturazioni filmogene (pellicolanti), a prevalente impiego di resine sintetiche (acriliche, epossidiche, poliesteri, viniliche, ecc.) ancorché lisce, prive di spessori e granulosità, trattengono fortemente le polveri atmosferiche e conseguentemente particolato inquinante e sporco.



Firenze, Via Puccinotti

Patina biologica

"Strato sottile, morbido e omogeneo, aderente alla superficie e di evidente natura biologica, di colore variabile, per lo più verde. La patina biologica è costituita prevalentemente da microrganismi cui possono polvere, terriccio, ecc." (Normal 1/88).

La presenza di patine biologiche, costituite prevalentemente da microrganismi, diventa dannosa quando, favoriti dalle condizioni ambientali (alto tasso di umidità relativa, natura di alcune sostanze organiche applicate sui materiali allo scopo di restaurarli), i microrganismi attecchiscono estendendosi su ampie superfici.

S.Croce 2005 – particolari bifore abside lato esterno



Crosta

"Strato superficiale di alterazione del materiale lapideo o dei prodotti utilizzati per eventuali trattamenti" o acidi dovuti all'inquinamento ambientale. "Di spessore variabile "(da 0,5 a 2-3 mm)", è dura, fragile e distinguibile dalle parti sottostanti per le caratteristiche morfologiche e, spesso, per il colore. Può distaccarsi anche spontaneamente dal substrato che, in genere, si presenta disgregato e/o pulverulento" (Normal 1/88). Negli intonaci dipinti presenza di crosta si ha quando strati di colore mineralizzati si distaccano dal supporto o dal substrato meno cristallizzato generando sottili lamelle caduche, facilmente asportabili dalla superficie. La crosta può essere determinata dalla presenza di sostanze aggiunte che col tempo tendono a far irrigidire la pellicola cromatica superficiale fino a distaccare gli strati pittorici più tenaci dal supporto interno meno coerente.

Le più comuni sono le "croste nere", causate dal fenomeno della solfatazione, che inglobano polveri e prodotti carboniosi da inquinamento in un magma organico, spesso di natura lipidica.

Pellicola

"Strato superficiale di sostanze coerenti fra loro ed estranee al materiale lapideo. Ha spessore molto ridotto e può distaccarsi dal substrato, che, in genere si presenta integro" (Normal 1/88). La pellicola può essere dovuta ad un trattamento protettivo del materiale lapideo a sua volta soggetto a degradarsi per ossidazione e contrazione in ragione delle sostanze impiegate (generalmente di natura organica, in particolare resine sintetiche). Nel caso di coloriture e tinte filmogene (pellicolanti) la pellicola è costituita dallo stesso strato di colore con maggiore o minore grado di rigidità e permeabilità in relazione alla quantità e alla natura delle resine impiegate.

Macchia

"Alterazione che si manifesta con pigmentazione accidentale e localizzata della superficie, è correlata alla presenza di materiale estraneo al substrato (per esempio ruggine, sali di rame, sostanze organiche, vernici)" (Normal 1/88). La macchiatura delle superficie può indifferentemente interessare parti lapidee a vista come intonaci; l'effetto di tale degrado sarà tuttavia maggiore in relazione alla natura e qualità del materiale, specialmente in relazione alla porosità e alla purezza. Può essere inserito in questa categoria di degrado anche un fenomeno che negli anni recenti ha assunto un particolare rilievo e cioè il danneggiamento di superfici parietali per cause antropiche legate al vandalismo, con scritte e sfregi ottenuti utilizzando vernici in spray, pennarelli indelebili ecc.

Rigonfiamento

"Sollevamento superficiale e localizzato del materiale, che assume forma e consistenza variabili" (Normal 1/88). Tale forma di degrado, accompagnato spesso da "distacco" (v.), può essere

anticipatoria di degenerazioni materiche più radicali, ancorchè non manifestamente palesate, ad esempio "esfoliazione" (v.).

Presenza di vegetazione Insediamenti parietali di licheni, muschi e piante" (Normal 1/88).

Le singole forme di degrado sono descritte nel "Glossario tecnico illustrato delle patologie degrado".

Introduzione alla terminologia tecnica Daniela Chiesi

Il Glossario tecnico delle patologie di degrado è composto da una tabella in cui sono riportate, in ordine alfabetico, le varie forme di alterazione o degrado dei materiali lapidei. Ad ogni tipologia di degrado è associata una sigla (composta da due lettere minuscole), la descrizione del fenomeno ed il testo della normativa di riferimento. E' stato scelto di adottare le Raccomandazioni NorMal (nelle varie edizioni ed aggiornamenti – NorMal 1/80 sostituito dal NorMal 1/88¹, quest'ultimo a sua volta sostituito dalla norma UNI-NorMal 11182:2006²) e di stralciare dalla norma stessa la disciplina più recente, fornendo al lettore come criterio generale, la norma del 2006 ed, in caso di fattispecie non disciplinate da tale fonte, di riportare l'ultimo testo pronunciato in materia. Nella tavola sinottica si evidenziano una serie di termini maggiori rispetto a quelli previsti nel NorMal, poiché si aggiungono i fenomeni di degrado, riscontrabili in sede di redazione di progetto o di restauro, di solito trattati separatamente nella bibliografia di riferimento.³ Alle definizioni delle varie cause e patologie, si associa anche una documentazione fotografica esplicativa.

¹ NorMal 1/88, Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei: lessico, CNR-ICR, Roma 1988;

² UNI-NorMal 11182:2006, *Beni Culturali – Materiali lapidei naturali e artificiali – Descrizione della forma di alterazione: termini e definizioni*, UNI Milano 2006

³ G.G. Amoroso, *Il restauro della pietra nell'architettura monumentale*, Dario Flacconio, Palermo 1995

C.Campanella, *Opere di conservazione e restauro*, Il Sole 24 ORE, Milano 2000

G. Carbonara, *Trattato di restauro architettonico*, VII volumi, Torino 1996

F. Carria, *La conservazione delle facciate materiali e tecniche per il recupero*, Tecniche Nuove, Lalitotipo, Settimo Milanese (Mi) 2004

G. A. Centauro, *Il piano del colore del centro storico di Prato*, voll. 2, Poggibonsi, Lalli Ed., 2000

Quaderni di conservazione e valorizzazione dei beni culturali e ambientali (a cura di Guido Botticelli e Giuseppe Centauro), Opus da 1 a 6, Poggibonsi, Lalli Ed., 1994 – 1999

G. Cigni, B. Codacci Pisanelli, *Umidità e degrado negli edifici. Diagnosi e rimedi*, Kappa, Roma 1987

S. Franceschi, L. Germani, M. Pasquini, E. Ulivi, *Il progetto di restauro – protocolli operativi*, Alinea, Firenze 2003

S. Franceschi, L. Germani, *Linee guida per il recupero architettonico*, Dei, Roma 2004

S. Franceschi, L. Germani, *Capitolato Speciale di Appalto Restauro Architettonico Edilizia storica e restauro archeologico*, Dei, Roma 2005

S. Franceschi, L. Germani, *Il degrado dei materiali nell'edilizia*, Dei, Roma 2007

L. Lazzarini, M. L. Tabasso, *Il restauro della pietra*, Cedam, Padova 1986

L. Marino, *Restauro di manufatti architettonici allo stato di rudere*, Alinea, Firenze 2002

U. Menicali, *I materiali dell'edilizia storica – tecnologia e impiego dei materiali tradizionali*, Nuova Italia Scientifica, Roma, 1992

NorMal 1/88, Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei: lessico, CNR-ICR, Roma 1988

NorMal 20/85 - Interventi conservativi: progettazione, esecuzione. valutazione preventiva, Roma, 1985.

P. Sanpaulesi, *Discorso sulla metodologia generale del restauro dei monumenti*, Edam, Firenze, 1977.

UNI-NorMal 11182:2006, *Beni Culturali – Materiali lapidei naturali e artificiali – Descrizione della forma di alterazione: termini e definizioni*, UNI Milano 2006

Le patine Genesi, Significato, Conservazione, Workshop promosso da Mario Matteini, Atti a cura di Piero Tiano, Carla Pardini, ICVBC-CNR, Kermesquaderni, Nardini editore, Firenze 2005