

# Materiali per l'architettura B (6CFU)

Prof. Alberto De Capua, coll. Arch. Valeria Ciulla



## I LAPIDEI

- Informazioni storiche
- Informazioni specialistiche
- Informazioni sulla produzione
- Informazioni sul progetto



## Definizioni

I **lapidei** sono frammenti di roccia, di dimensioni variabili e di forma più o meno regolare.

La classificazione petrografica è basata su un criterio genetico.

MAGMATICHE - rocce originate da cristallizzazione di magmi

SEDIMENTARIE - rocce originate da deposizione di sedimenti

METAMORFICHE - rocce originate da aumenti di temperatura e pressione

La classificazione commerciale considera invece criteri diversi quali la lucidabilità, la lavorabilità, ecc.

GRANITI - rocce resistenti di natura silicatica, lucidabili

(granito, diorite, gabbro, sienite, porfido, andesite, gneiss, granulite)

PIETRE - rocce compatte o porose, non lucidabili

(basalto, trachite, conglomerato, arenaria, argilla, tufo, calcare tenero, dolomia; fillade, micascisto, quarzite, serpentinite, anfibolite)

MARMI- rocce compatte di natura carbonatica, lucidabili

(marmo, calcescisto; calcare compatto)

TRAVERTINI - rocce ricche di cavità, compatte, lucidabili

(travertino)

## Architettura Pre-romana

Caratteristici di questa epoca sono le costruzioni monumentali come i dolmens dal celtico “daul” (tavola) “maen” (pietra).

In Egitto si erigevano monumenti con enormi blocchi perfettamente squadrati, mentre in Grecia i massi usati erano certamente di grandi dimensioni ma soltanto sommariamente sbazzati.



Megaliti a **Stonehenge**, Inghilterra.



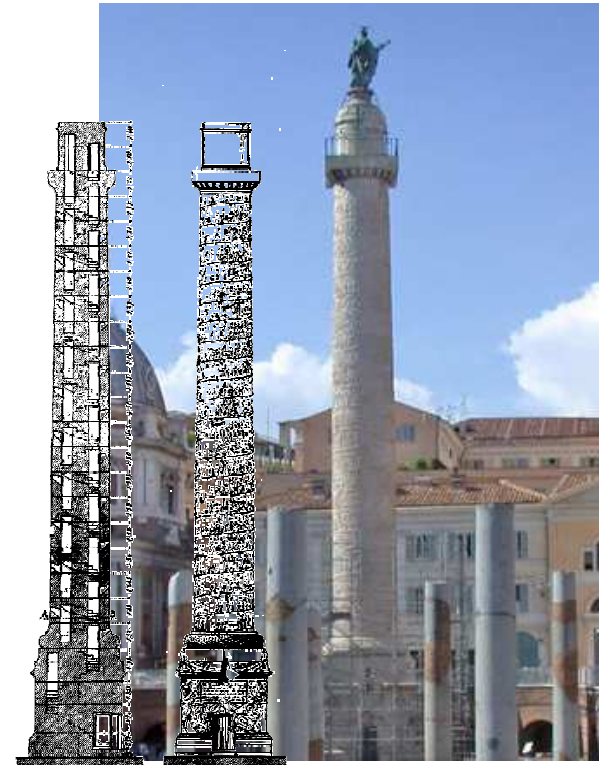
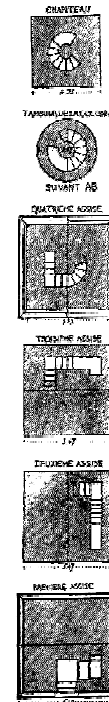
**Porta dei Leoni** a Micene, Grecia, 1450 a.C.

## Architettura Romana

Nell'architettura romana l'esempio più significativo nella lavorazione dei lapidei è dato dagli archi trionfali e dalle colonne celebrative.

Si ricorda, in proposito, la **Colonna Traiana** eretta al centro del Foro di Traiano a Roma 113 d.C.

Tra i materiali lapidei più frequentemente usati a Roma nella costruzione di edifici vi è il *travertino* estratto da cave situate nei pressi di Tivoli, ossia Tibur. Con tale materiale, fu eretto, per esempio, il Colosseo.



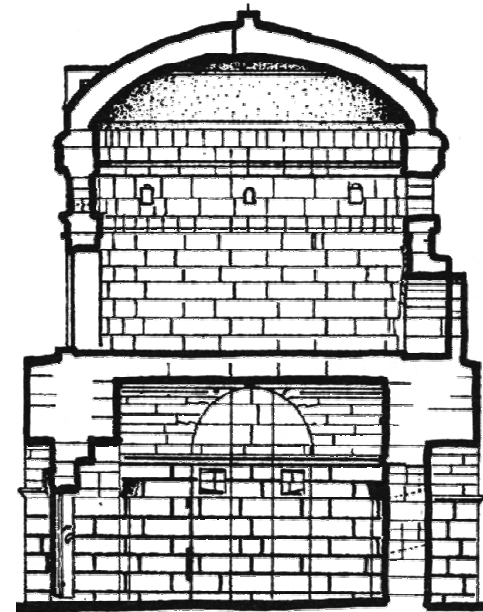
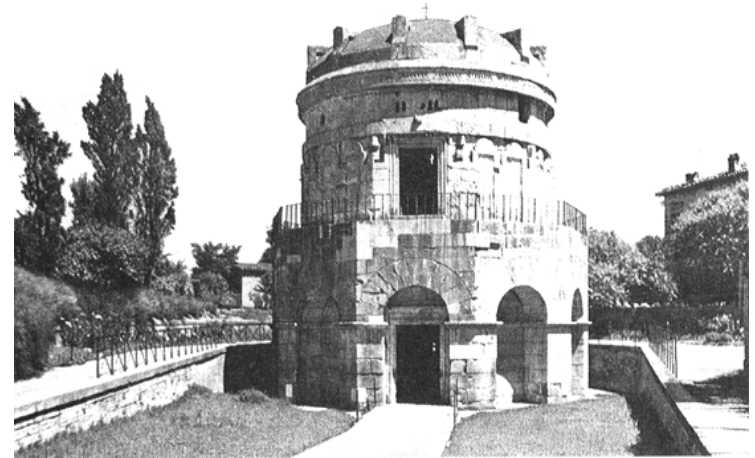
La Colonna Traiana si sviluppa su un'altezza di oltre 35 metri ed è rivestita da blocchi di marmo scolpiti assemblati come una fascia spirale.



## Architettura Paleocristiana

Dal punto di vista architettonico e costruttivo le opere paleocristiane risentono dell'influenza della cultura romana ma nelle basiliche e nei mausolei non sono impiegati gli ordini architettonici né i rivestimenti marmorei.

Un esempio è il **Mausoleo di Teodorico a Ravenna** (sec. VI). Massiccia costruzione ottagonale a due piani, realizzata con grossi blocchi di pietra calcarea squadrata.



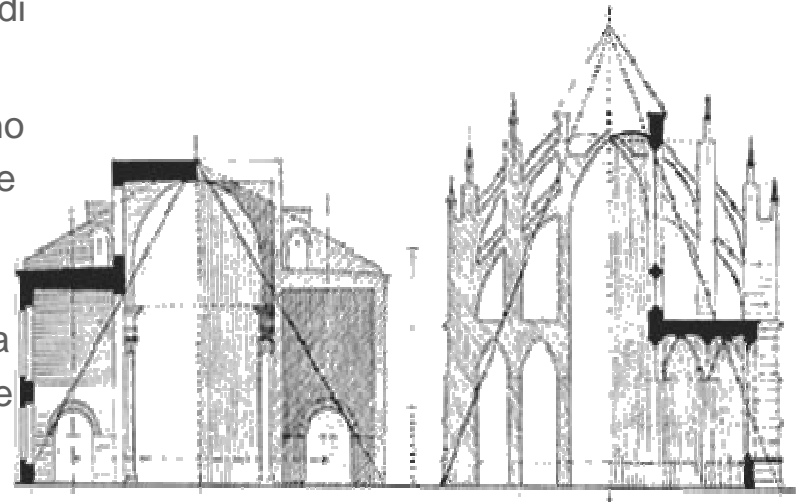
**Mausoleo di Teodorico, Ravenna (sec. VI).**

## Architettura Romanica e Gotica

I costruttori dell'età Romanica e di quella Gotica fecero largo uso della pietra.

Il carattere principale dell'architettura romanica è la massiccia delle membrature e le coperture voltate di grandi dimensioni.

L'architettura gotica è invece "slanciata", si utilizzano le volte a crociera che impongono soluzioni tecniche come l'impiego di archi di collegamento fra pareti e colonne, ed i contrafforti per contrastare la spinta delle volte. Data l'importanza assunta dalla struttura a scheletro, i muri perimetrali presentano il carattere di un semplice tamponamento e il vuoto prevale sul pieno, si raggiunge una perfetta sintesi tra risultati strutturali e intenzionalità estetiche.



Confronto fra le sezioni trasversali di una chiesa romanica (a sinistra) e una gotica (a destra).

## Architettura Rinascimentale

L'architettura rinascimentale è soprattutto quella dei grandi palazzi della nobiltà. In queste costruzioni si ha una rigorosa applicazione degli "ordini architettonici" sovrapposti secondo una precisa successione: al piano terra ordine dorico e tuscanico, al primo piano ordine ionico, al secondo piano ordine corinzio.

L'uso dei lapidei si manifesta con l'introduzione in facciata del "bugnato". Tale soluzione utilizza conci di grandi dimensioni e lascia chiaramente visibili le connessioni tra i conci.



Palazzo Medici Riccardi, Firenze.

## Architettura Barocca

Nel Seicento si sviluppa una maggiore libertà compositiva rispetto ai modelli classici: gli edifici diventano pura facciata, le murature perdono il carattere di rigida geometria per articolarsi in forme curve e ondulate, la struttura architettonica degli ordini diventa decorazione negando la sua origine statico-costruttiva.

Interessante è l'uso dei lapidei nel barocco leccese, gli esterni degli edifici sono decorati come veri e propri arazzi avvalendosi delle proprietà della pietra leccese "calda" e facilmente malleabile allo scalpello.

La lavorazione deriva dal plateresco metodo di lavorazione dell'argento.



**Basilica di Santa Croce, Lecce, 1549-1695**

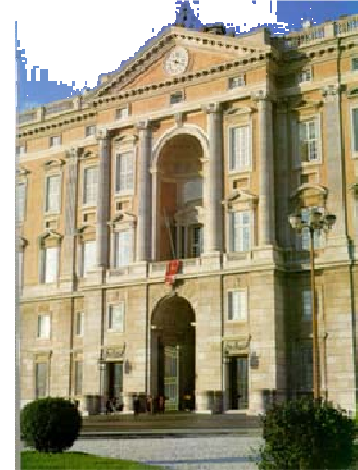


## Architettura del Settecento e dell'Ottocento

Nel Settecento e nell'Ottocento l'uso della pietra è pressoché limitato al “rivestimento” dell'architettura.

Sia all'esterno che all'interno le pietre vengono impiegate per rivestire e diversificare elementi architettonici interni ed esterni, quindi:

- zoccolature
- cornici di portali e finestre,
- angoli,
- coronamenti,
- ...



**Reggia di Caserta**, Luigi Vanvitelli, Caserta



**Chiesa del Carmine**, Filippo Juvarra, Torino, 1732-1735



**Teatro alla Scala**, Giuseppe Piermarini, Milano, 1776 -1778



**Scalinata Trinità dei monti**, Francesco De Sanctis, Roma, 1693-1740



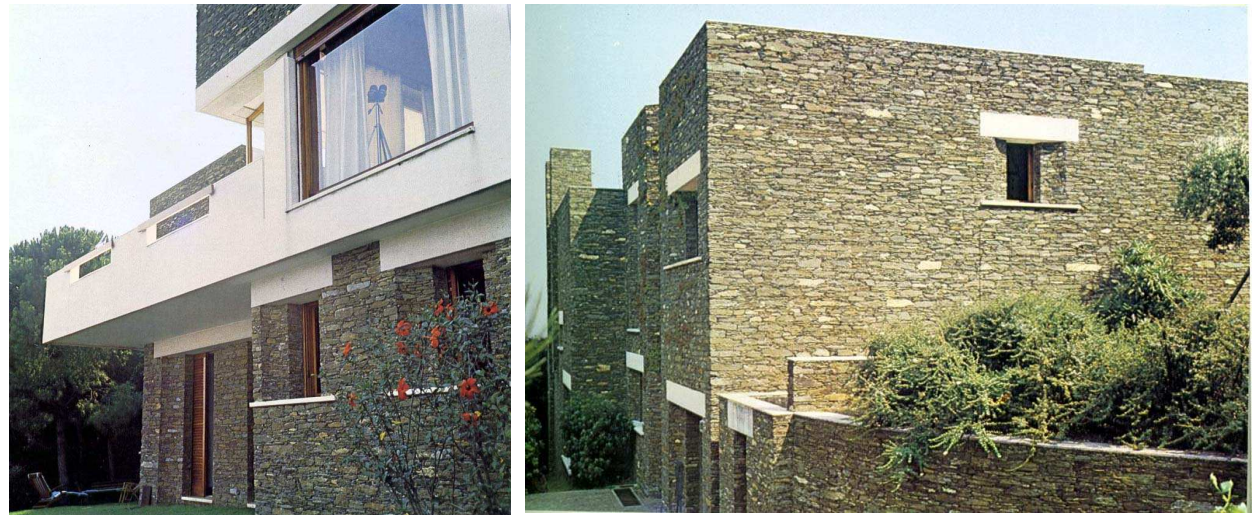
## Architettura Del Novecento

Struttura portante verticale di pietrame a vista a cui sono incernierate lastre a sbalzo.



Casa Kaufmann - "La casa sulla cascata", Frank Lloyd Wright, Bear Run, 1939.

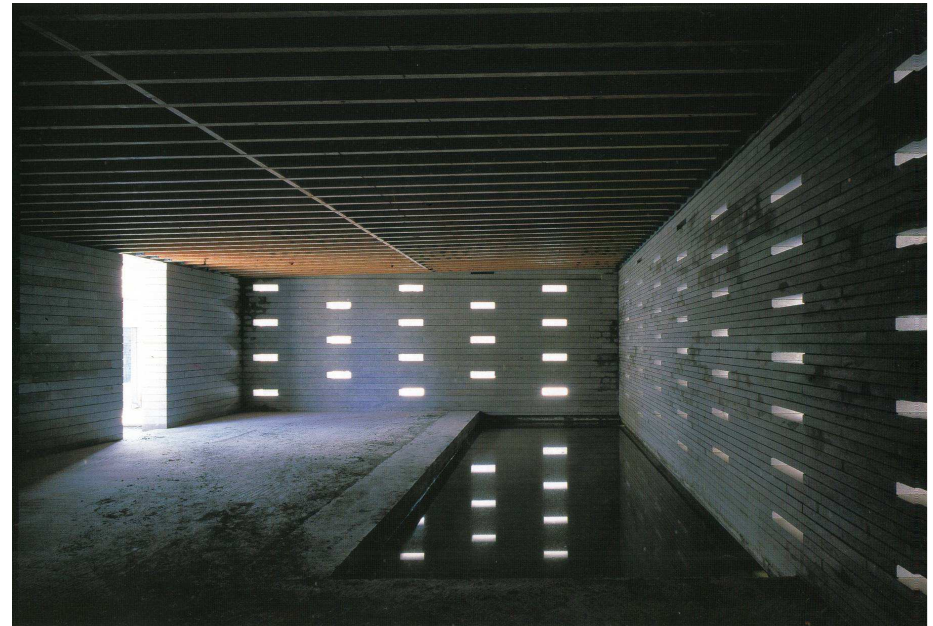
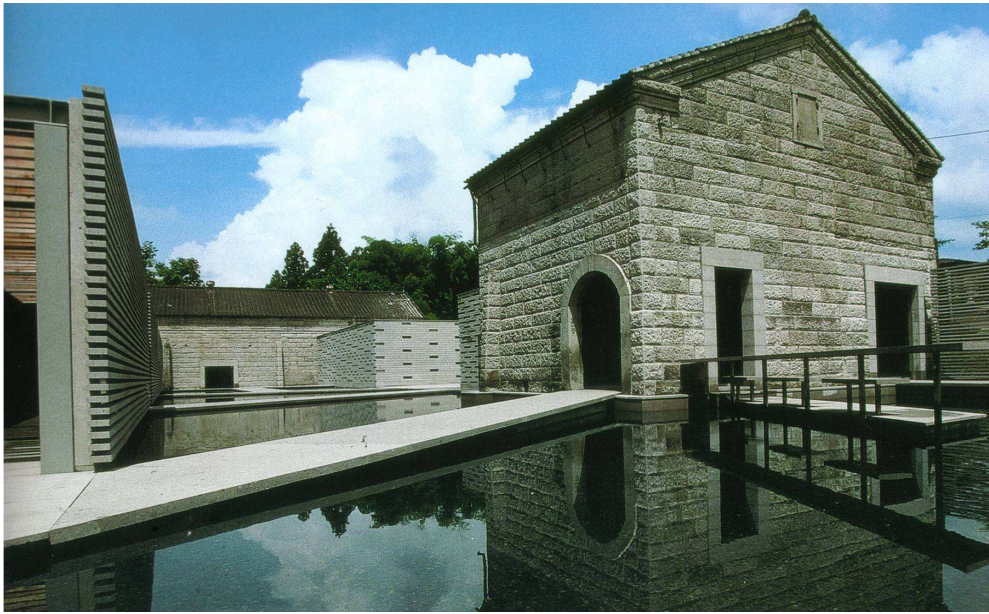
Pietra locale a secco per le murature



Villa nella Pineta di Arenzano, Marco Zanuso.



## Architettura Contemporanea

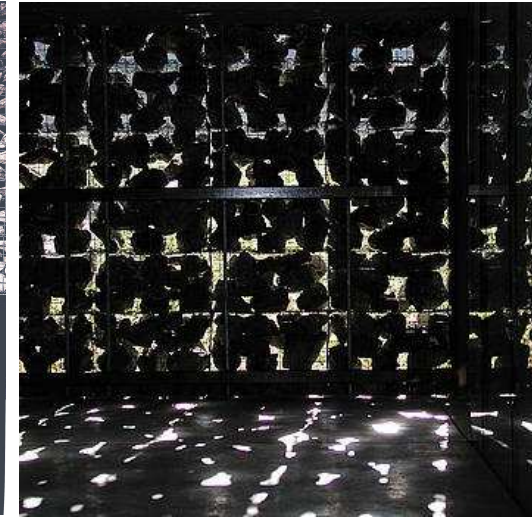
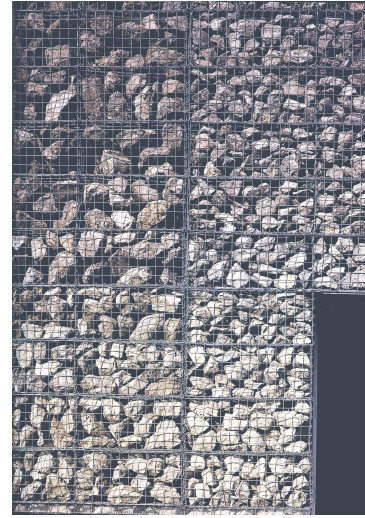
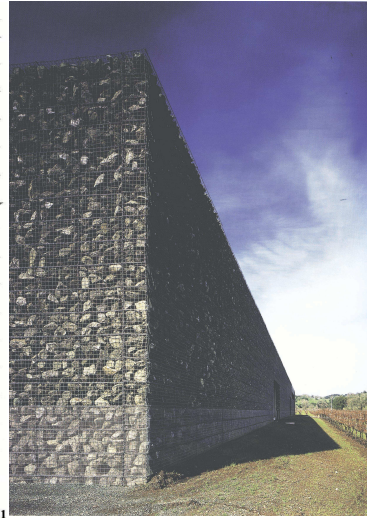
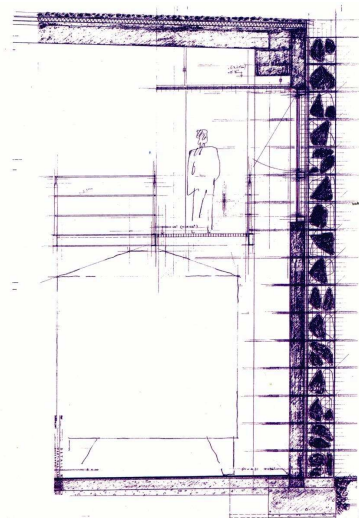


Museo della pietra, Kengo Kuma, Tochigi



## Architettura Contemporanea

Le Chiusure Verticali Opache sono realizzate con gabbioni d'acciaio riempiti con pietre basaltiche a secco.



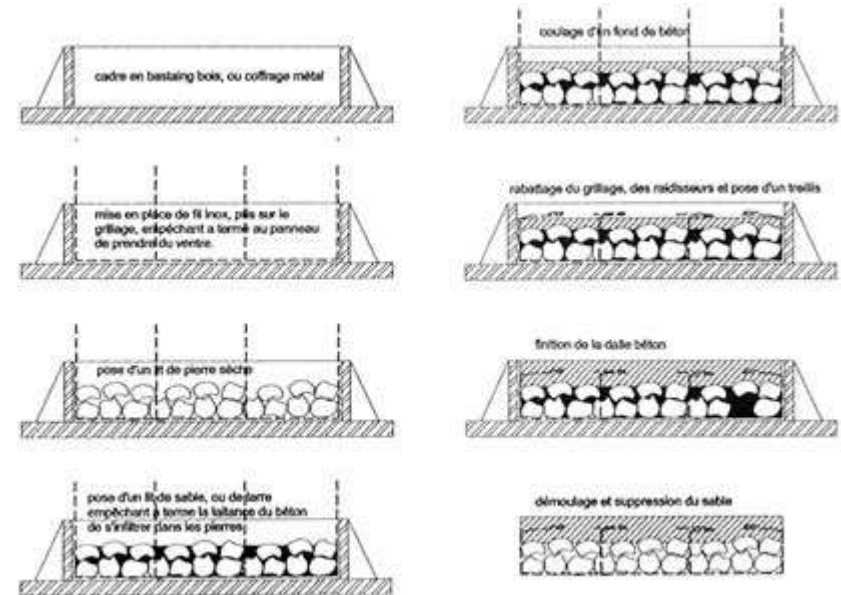
**Azienda vinicola Dominus, Herzog e De Meuron, Yountville – California, 1995-1998**



## Architettura Contemporanea



Vista parziale della facciata e schemi delle fasi di esecuzione dei gabbioni.



Alloggi popolari, Edouard Francois & Associés, Montpellier.

vista del fronte principale e immagini delle fasi esecutive dell'involucro in gabbioni.



Casa privata, Titus Bernhard, Stadtbergen.

## Architettura Contemporanea



L'intervento sperimenta per la prima volta il materiale ceramico in forma strutturale. La struttura è composta da nove piani di lastre in grès porcellanato sovrapposte tra loro e connesse da sottili barre filettate obliterate alla vista. Planimetricamente l'opera si presenta lunga e affusolata alle estremità, raggiungendo nella sezione centrale lo spessore massimo di un metro e settanta. Si sviluppa per 45 metri di lunghezza, raggiungendo un'altezza di quasi dodici metri.

**"Nuvola ceramica"**, Kengo Kuma, nuova Strada Pedemontana, 2010

## Classificazione Petrografica

Le rocce utilizzate in edilizia si dividono in:

- **Rocce magmatiche**, formatesi in seguito alla cristallizzazione di un magma (massive e detritiche);
- **Rocce sedimentarie**, costituite da materiali (detti sedimenti) provenienti dalla disgregazione, attraverso processi di varia natura, di rocce preesistenti (clastiche, piroclastiche, organogene e chemiogene);
- **Rocce metamorfiche**, derivano dalle trasformazioni subite dalle rocce eruttive o sedimentarie per opera di fattori fisico-chimici, di conseguenza, hanno la composizione chimica di qualcuna di esse.



## Rocce magmatiche

Le **rocce magmatiche** sono a loro volta distinte in:

- Rocce plutoniche o intrusive, sono quelle formatesi da un magma fuso con un raffreddamento molto lento all'interno della crosta terrestre (granito, sienite, dioriti);
- Rocce vulcaniche o effusive, sono quelle originate dal magma pervenuto sulla superficie terrestre o negli oceani (porfido di quarzo, diabase, basalto).



Struttura porfirica

Le **rocce detritiche** sono quelle formatesi durante il brusco raffreddamento di frammenti di lava e si suddividono in:

- Rocce friabili, come la pomice e le ceneri vulcaniche;
- Rocce cementate sono costituite da ceneri vulcaniche come il tufo vulcanico,



Struttura granulare



## Rocce sedimentarie

La formazione di una **roccia sedimentaria** può essere suddivisa in quattro fasi, che rappresentano il "ciclo sedimentario":

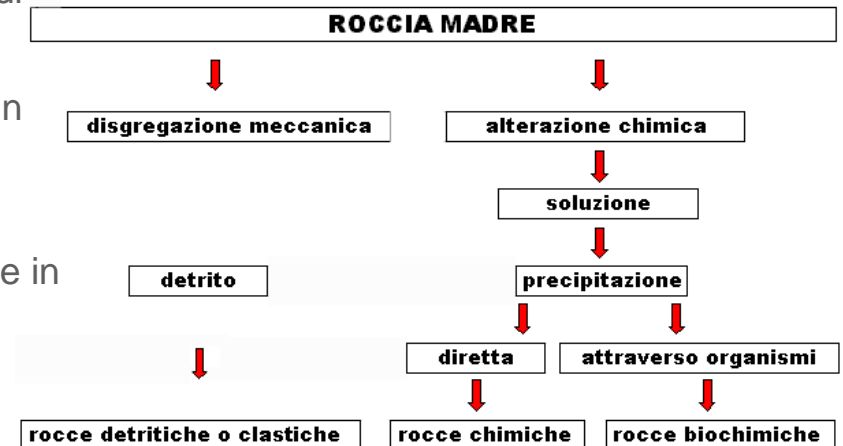
- **I fase:** alterazione delle rocce preesistenti sulla superficie terrestre con formazione di detriti solidi e di sostanze in soluzione.

- **II fase:** trasporto del materiale detritico e di quello in soluzione ad opera dei fiumi, dei venti, dei ghiacciai, ecc.

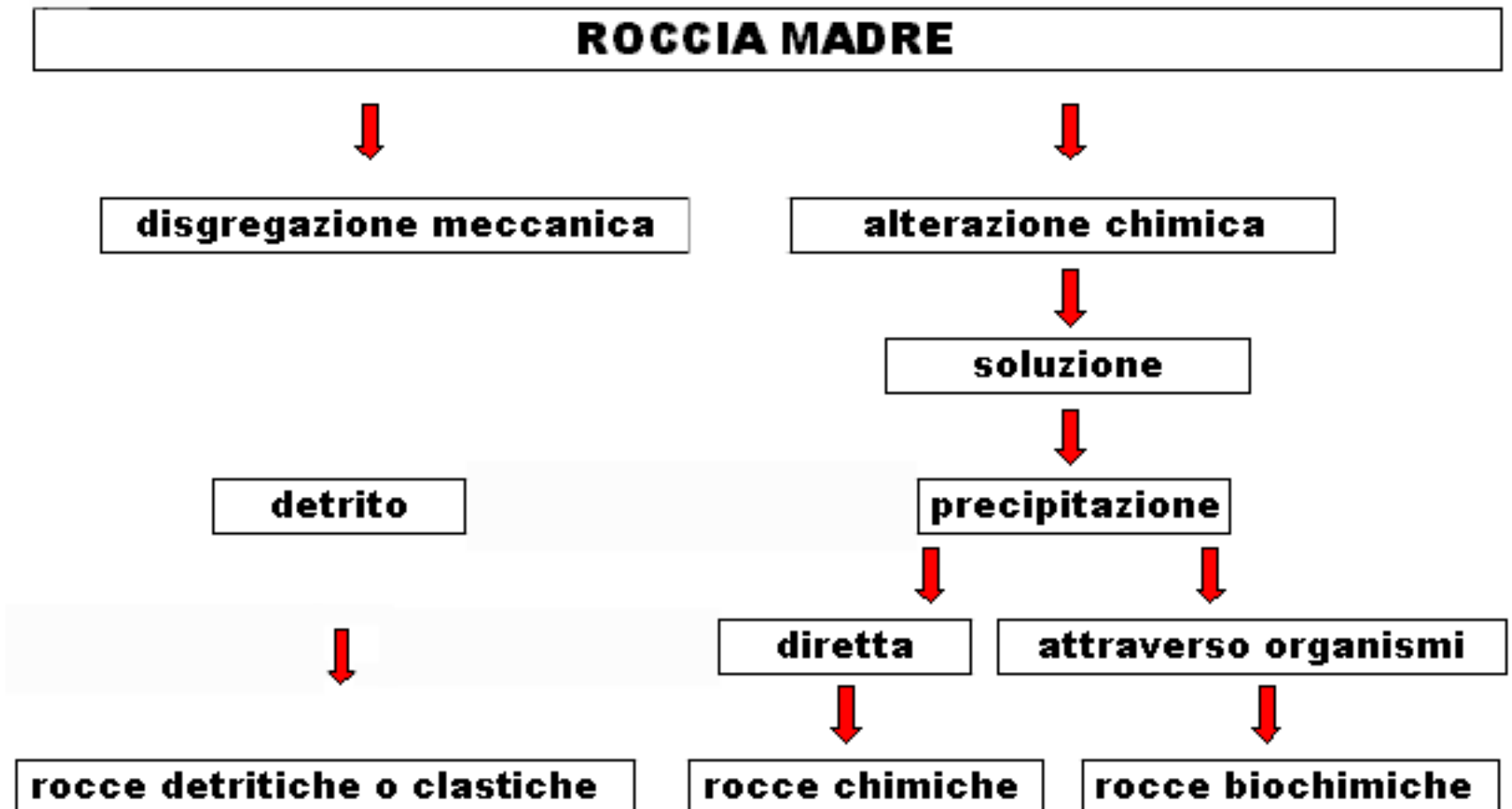
- **III fase:** deposizione (sedimentazione) del materiale in ambienti diversi (continentale, marino, ecc.). La sedimentazione avviene per strati successivi.

- **IV fase:** formazione della roccia (litificazione dei sedimenti) dovuta alla pressione esercitata da altri sedimenti che si accumulano via via sopra di essi. I processi nel loro insieme prendono il nome di diagenesi (processi diagenetici).

Tutte le rocce sedimentarie hanno un corrispondente nei sedimenti attuali non litificati.



## Rocce sedimentarie



## Rocce sedimentarie

Le rocce sedimentarie sono distinte in:

- Rocce detritiche o clastiche, costituite da materiale fino e grosso derivato dalla disgregazione di preesistenti rocce per effetto degli agenti esterni;

### ROCCE DI SEDIMENTAZIONE DETRITICA O CLASTICHE



- Rocce di sedimento organico (organogene), ottenute da residui di natura organica depositatisi sul fondo marino e successivamente affiorati;
- Rocce di origine prevalentemente chimica, costituite da un processo chimico e successivo deposito.

### ROCCE DI SEDIMENTAZIONE CHIMICA E BIOCHIMICA



## Rocce metamorfiche

Le **rocce metamorfiche** sono quelle rocce che hanno subito modificazioni nella composizione mineralogica o nella struttura e nella tessitura in seguito a mutamenti di temperatura e pressione (metamorfismo). Per semplicità si segue una classificazione basata sulla natura della roccia originaria (protolito), sulla composizione mineralogica, e sul grado metamorfico, tenendo separati i diversi [tipi di metamorfismo](#).

Se la roccia originaria è magmatica si avranno gli *ortoscisti*, se la roccia originaria è sedimentaria si avranno i *parascisti*.

**Argilloscisti** colore scuro, grana finissima, notevole scistosità con facile fissilità in lastre sottili. COMPOSIZIONE: hanno la stessa composizione delle rocce da cui provengono (quarzo, mica, sostanze argillose e minerali accessori). Sono molto resistenti agli agenti atmosferici e inquinanti e sono presenti in alcune limitate aree dell'Appennino ligure (ardesia).

**Filladi** lucentezza sericea in superficie, grana medio-fine, scistosità notevole con facile fissilità. COMPOSIZIONE: quarzo, mica muscovite, ossidi di ferro e minerali di neoformazione per ricristallizzazione (sericite e clorite). Notevole diffusione nell'area alpina (Piemonte, Lombardia).

**Micascisti** colore scuro, grana grossolana, scistosità notevole. COMPOSIZIONE: quarzo e muscovite. Esistono diverse varietà a seconda del minerale accessorio prevalente (m. biotitici, m. granatiferi, m. anfibolici, m. grafitici, ecc.). Sono molto diffusi nell'area alpina.

**Quarziti** colore chiaro, grana media, notevole scistosità. COMPOSIZIONE: quarzo con poca muscovite. Sono presenti nella Alpi piemontesi (Barge).

**Marmi** colore variabile da bianco a grigio venato, a rosa a giallo; grana molto diversificata (maggiore nei marmi alpini, minore in quelli appenninici), scistosità ridotta. COMPOSIZIONE: calcite o dolomite; possono essere presenti quarzo e muscovite in corrispondenza di venature. Sono abbondanti nell'Appennino toscano (zona delle Apuane), più rari nelle Alpi (Piemonte, Lombardia, Friuli).

## Rocce metamorfiche

### TIPI di METAMORFISMO

Si distinguono: metamorfismo regionale (su grandi estensioni), di contatto (localizzato presso corpi magmatici intrusivi), dinamico (localizzato presso fratture o faglie).

- **Metamorfismo regionale:** interessa una grande estensione di rocce (decine, fino a centinaia di chilometri) in aree sottoposte a movimenti orogenetici che provocano un aumento generalizzato di temperatura e di pressione. Dà origine a nuove e particolari tessiture. Il metamorfismo di carico è un tipo particolare di metamorfismo regionale; esso è dovuto all'aumento di pressione provocato dal peso delle rocce soprastanti (spessore fino ad alcuni chilometri) in zone sottoposte a movimenti orogenetici. Dà origine a nuovi minerali e a nuove strutture.

- **Metamorfismo di contatto:** interessa settori dello spessore di pochi metri, decine e centinaia di metri; è causato dall'aumento di temperatura connesso ad intrusioni magmatiche. Viene interessata un'aureola di rocce (aureola di contatto) intorno all'intrusione. Dà origine a nuovi minerali ed a strutture caratteristiche; i suoi effetti diminuiscono man mano che ci si allontana dall'intrusione.

- **Metamorfismo dinamico:** è causato dall'aumento di pressione in prossimità di zone di frattura o di faglia (aree tettoniche). Interessa zone molto limitate; dà luogo a nuove strutture e tessiture.

## Caratteristiche fisiche

- **PESO SPECIFICO** e di **VOLUME**. Il peso specifico delle rocce varia tra 1000 e 3000 kg/mc. Per la maggior parte dei materiali pietrosi si tiene conto del peso di volume che a seconda della sua entità, con riferimento all'unità (peso specifico e relative dell'acqua), determina una classificazione in peso dei materiali litoidi.
- **COEFFICIENTE** di **POROSITÀ**. La porosità di una pietra è dovuta alle soluzioni di continuità dei vari minerali componenti e quindi alla presenza di alveoli all'interno della massa, esiste anche una porosità apparente che indica il rapporto fra il volume dell'acqua assorbita dalla pietra e il volume totale dei pori.
- **COEFFICIENTE** di **IMBIBIZIONE**: rapporto tra peso dell'acqua assorbita sino a saturazione e peso specifico.
- **COEFFICIENTE** di **DILATAZIONE TERMICA**. E' in genere modesto poiché le pietre sono tutte più o meno rigide.  
Queste caratteristiche presentano una certa importanza per la scelta dei materiali litoidi in quanto lo stato di umidità delle pietre, e le possibili variazioni termiche che possono avvenire nella massa che le costituisce, possono determinare o meno la traspirazione di umidità dalle pareti e, nel contempo, impedire attraversamento di calore.
- **COEFFICIENTE** di **CONDUCIBILITÀ**'o **CONDUTTIVITÀ**' **TERMICA**. In genere è modesto.



## Caratteristiche meccaniche

Le caratteristiche meccaniche delle pietre impiegate in edilizia riguardano solo alcune delle capacità di sopportare le tensioni interne prodotte da forze esterne, in particolare:

- **RESISTENZA A COMPRESSIONE.** Capacità di sopportare le forze che tendono alla rottura per schiacciamento, importante nel caso di murature. Le resistenze a rottura per compressione delle varie pietre variano moltissimo e per le pietre da opera passano da minimi di 200 kg/cm<sup>2</sup> per alcune arenarie e tufi fino ai massimi di 2.500-4.000 per alcuni graniti, calcari compatti, porfiri quarziferi e basalti;
- **RESISTENZA A FLESSIONE.** Capacità di sopportare gli sforzi connessi all'incurvamento, importante nel caso di manti di copertura, di architravi, di pavimenti sopraelevati;
- **RESISTENZA ALL'URTO.** Capacità di sopportare i colpi di un corpo contundente, importante nel caso di pavimentazioni e rivestimenti;
- **RESISTENZA ALL'USURA o LOGORABILITÀ.** Capacità di sopportare l'attrito radente prodotto da corpi rigidi in movimento. In base alla loro logorabilità, le pietre si distinguono in:
  - poco logorabili: rocce eruttive;
  - abbastanza logorabili: altre rocce scistose;
  - logorabili: rocce sedimentarie.

## Caratteristiche tecniche e tecnologiche

Le principali caratteristiche tecniche e tecnologiche delle pietre riguardano:

- **IGROSCOPICITÀ.** Attitudine ad assorbire umidità dall'atmosfera;
- **GELIVITÀ.** Caratteristica delle pietre che presentano nella loro massa piccoli capillari della dimensione di circa 1/10 mm di diametro, fenomeno prodotto dal fattore termico che unitamente all'acqua imbibita dalla pietra può determinare una causa di rapida degradazione e rappresenta una caratteristica che mal si addice in generale all'uso nelle costruzioni;
- **RESISTENZA AL FUOCO.** Riguarda ad esempio l'assenza di emissioni di sostanze nocive, interessa le pietre che sono a contatto con fiamme vive come i camini;
- **ASPETTO e COLORE.** Sia il colore che l'aspetto (dovuto anche ad altri fattori) sono caratteristiche determinanti per l'uso di una pietra. Di solito la colorazione di una pietra è dovuta al colore del suo componente essenziale; nelle pietre composte o conglomerate la varietà del colore cambia a seconda della quantità dei vari componenti e delle loro dimensioni. L'esaltazione delle componenti cromatiche di una pietra è accentuata dalla finezza della lavorazione (delle sue superfici esposte) e può variare notevolmente dal più chiaro allo scuro secondo gradi di finitura e cioè partendo dal grezzo allo sbizzato, al martellinato al levigato e infine al lucidato.
- **DIVISIBILITÀ.** Attitudine di una pietra a dividersi secondo particolari direzioni determinate dalla struttura della roccia da cui proviene. Può avvenire per: stratificazione, scistosità, fessurazione, fratturazione;

## Caratteristiche tecniche e tecnologiche

- **DUREZZA.** la composizione mineralogica dei materiali pietrosi presenta raramente uniformità di componenti, e così una roccia può presentare componenti con durezze differenti, a seconda della quantità dei due, presentare diversità di comportamento sotto uno degli aspetti di valutazione quali per esempio la possibilità di scalfittura stabilita dal criterio più comunemente adottato. Le rocce imbevute d'acqua, perdendo coesione, perdono pure durezza, (certi tufi cavati umidi dalle cave sono facilmente tagliabili, nell'asciugarsi assumono compattezza e maggior durezza);
- **DUREVOLEZZA.** Con tale termine si individua la precisa particolarità delle pietre di resistere nel tempo alla degradazione. Essa può avvenire per cause atmosferiche, per cause chimiche e anche per interventi di natura organica oltre che per cause intrinseche alla materia stessa ed è una caratteristica fondamentale per un uso appropriato in edilizia;
- **LAVORABILITÀ.** Capacità della roccia di essere lavorata mediante strumenti semplici (scalpelli, bocciarde, ecc.) o complessi (seghe diamantate, taglierine a percussione, ecc.). Tale proprietà prevede quattro tipi di interventi: spaccabilità, segabilità, sculpibilità, lucidabilità.
- **ADERENZA CON LE MALTE** Caratteristiche d'impiego delle murature in pietra molto importante. E' preferibile usare pietre che leghino in maniera coerente con le malte, per le affinità compositive e di aderenza delle superfici con legante, a pietre, anche se più resistenti, che viceversa non abbiano affinità con le stesse. Le pietre silicee, di solito, presentano maggiore affinità chimica delle altre; per quanto concerne l'affinità fisica, arenarie le presentano la migliore rispondenza in tal senso.

Per i lapidei non è possibile dare un valore assoluto riguardo ciascuna caratteristica, in quanto i diversi tipi di roccia sono chiaramente contraddistinti da prestazioni differenti. A tal proposito è particolarmente importante al momento della scelta del tipo di lapideo leggere e conoscere le caratteristiche specificate nelle schede tecniche che comunemente i produttori affiancano al prodotto stesso.

## APPLICAZIONI

STONE VENEER® PUÒ ESSERE USATO NEL MONDO DELL'ARCHITETTURA E DEL DESIGN IN INFINITE APPLICAZIONI E FORME, IN VERTICALE E IN ORIZZONTALE, IN QUASI TUTTI I SETTORI: INDUSTRIA DEL MOBILE, PROGETTAZIONE D'INTERNI, ARREDAMENTO E ALLESTIMENTO FIERE, ARREDAMENTO PER HOTEL, BAR, RISTORANTI, NEGOZI E NEL SETTORE NAUTICO.

## NOTE TECNICHE

MISURE: STANDARD 1210 MM X 610 MM

OPZIONALE 2400 X 900 MM; 2100 X 1050 MM SOLO TIPO MULTICOLOR

LATO POSTERIORE DISPONIBILE IN: TESSUTO IN POLIESTERE, DA APPLICARE SU SUPPORTI NON POROSI (ACCIAIO, VETRO, FERRO ETC) DA INCOLLARE CON ADESVI POLIURETANICI; TESSUTO IN ACRILICO, PER TUTTE LE APPLICAZIONI SU SUPPORTI POROSI (LEGNO) DA INCOLLARE CON COLLE VINILICHE.

PERO: DA 1,2 FINO A 1,6 KG AL METRO QUADRATO

SPESORE: DA 0,1 A 2 MM

PUÒ ESSERE SEZIONATO CON SEGHE CIRCOLARI STANDARD

CON STONE VENEER® POTETE RICHIEDERE ELEMENTI FINITI PER RIVESTIMENTI MURALI E PAVIMENTAZIONI.

PER MASSIMI INFORMAZIONI CONSULTA IL NOSTRO SITO O IL NOSTRO UFFICIO COMMERCIALE



## Lavorazione

Le operazioni caratteristiche possono dividersi in:

- **Segagione;**
- **Scalpellatura;**
- **Tornitura**, per la formazione di solidi a sezione circolare;
- **Levigazione e lucidatura**, attuabile solo sulle rocce compatte, omogenee e di grana fina (le lastre vengono trattate con apposito disco rotante orizzontale e materiali abrasivi).



## Uso dei lapidei

L'uso delle pietre in edilizia può essere *diretto* ed *indiretto*.

- ✓ In relazione all'impiego *diretto* le pietre si distinguono in:
  - Pietre da taglio: calcari compatti, travertini, arenarie, graniti;
  - Pietre da costruzione muraria: rocce dure e compatte, rocce tenere;
  - Pietre da rivestimento: pietre eruttive (graniti, sieniti, porfiriti), calcari compatti e cristallini (botticino, trani, marmi).



- ✓ L'impiego *indiretto* riguarda:
  - La costituzione di impasti, aggregati o inerti;
  - La produzione di leganti: calci, cementi, gessi;
  - Le opere di drenaggio: vespai e massicciate.





## Elementi tecnici

### MURATURE

Le strutture murarie in pietra si possono distinguere in:

- murature con conci di pietra squadrata;
- murature con paramento di pietra squadrata;
- murature di pietrame a faccia vista, a corsi regolari - ad opus incertum - a corsi interrotti;
- murature con blocchi di tufo;
- murature ordinarie di pietrame;
- murature ordinarie miste di pietrame e mattoni.

La pietra più adatta per le murature è quella caratterizzata da

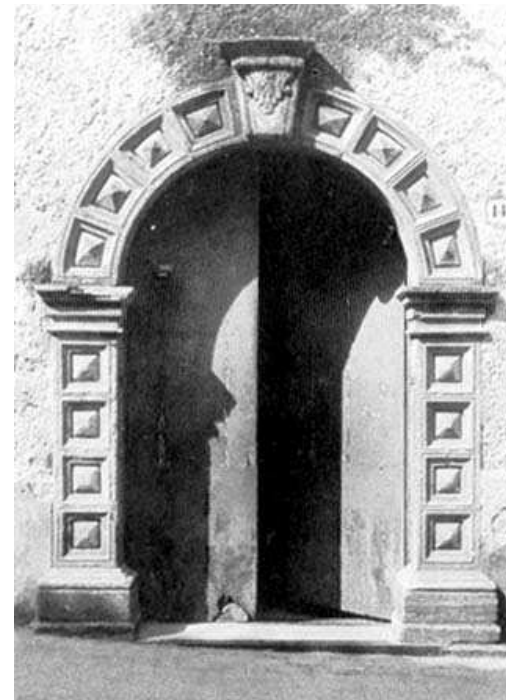
- elevata resistenza a compressione;
- buona aderenza alla malta;
- facile lavorabilità per limitare i costi;
- buona durevolezza.



## Elementi tecnici

### ARCHI

Negli archi, i conci di pietra sono disposti e allettati con la malta procedendo gradualmente e simmetricamente ed avendo cura che le connessioni siano congruenti con il raggio di curvatura dell'intradosso. E' possibile che l'elemento di architrave sia un unico blocco monolitico.



Tipologie di portali

## Elementi tecnici

### VOLTE

La costruzione delle volte avviene per filari, secondo quattro tessiture:

- longitudinale: filari disposti secondo le generatrici della volta;
- trasversale: filari disposti secondo la direttrice della volta;
- diagonale: filari disposti secondo le direzioni delle bisettrici degli angoli;
- a spina di pesce: filari disposti secondo la direzione perpendicolare alle bisettrici degli angoli.

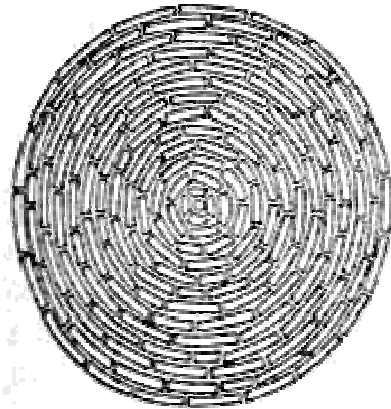


## Elementi tecnici

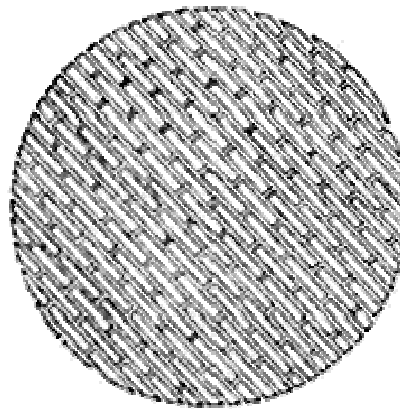
### CUPOLE

I conchi vengono posti in opera secondo tre procedimenti:

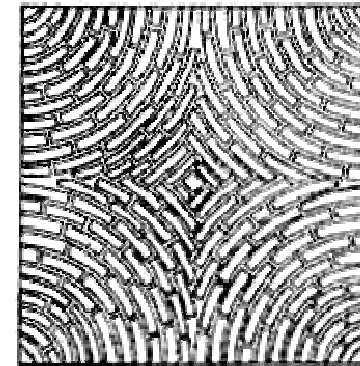
- tessitura ad anelli concentrici (a);
- tessitura ad archi paralleli (b);
- tessitura a coda di pavone (c).



a



b



c



## Elementi tecnici

### RIVESTIMENTI e PAVIMENTAZIONI

Per i rivestimenti e le pavimentazioni la pietra è impiegata in forma di massello, lastre segate, lastre naturali e cubetti.

I rivestimenti esterni attuali impiegano lastre di spessore non superiore a 4cm. Particolarmente importante è la durezza della pietra.

Mentre, per i rivestimenti interni le rocce impiegate sono quelle adatte ad essere lucidate o finemente scolpite, come i marmi colorati e gli alabastri. La scelta dipende dall'aspetto estetico-decorativo e dalla necessità di avere un'elevata resistenza all'usura ed agli urti.

Per le pavimentazioni si utilizzano:

- Lastre regolari segate, dello spessore non inferiore a 2cm;
- Lastrame a contorno irregolare;
- Lastre naturali a spessore variabile di 3÷5cm;
- Graniglie di vario colore e pezzature;
- Cubetti quasi regolari ottenuti per spacco di strati rocciosi di porfidi;
- Bozze di pietra squadrate, in particolare granito e arenarie dure.

## Degrado

Su tutti i materiali lapidei, una volta esposti agli agenti atmosferici, si manifestano fenomeni di alterazione. Tali fenomeni sono stati classificati, indipendentemente dalle cause che li producono, nella Raccomandazione NORMAL 1/85 pubblicata a Roma nel 1985 per iniziativa del Consiglio Nazionale delle Ricerche e dell'Istituto Centrale per il Restauro. I fenomeni vengono raggruppati a seconda dell'azione che essi esercitano sul materiale lapideo.

➤ **SENZA PEGGIORAMENTO DELLE CONDIZIONI:**

Alterazione cromatica, Macchia, Patina

➤ **PERDITA DI MATERIALE DALLA SUPERFICIE:**

Erosione anche differenziale, Pitting, Alveolizzazione

➤ **PERDITA DELLA MORFOLOGIA DEL MANUFATTO:**

Disgregazione – Polverizzazione, Esfoliazione, Scagliatura, Distacco, Mancanza - Lacuna

➤ **DEPOSIZIONE E/O FORMAZIONE DI PRODOTTI SECONDARI:**

Concrezione – Incrostazione, Deposito superficiale, Crosta, Efflorescenza, Pellicola, Patina biologica

➤ **RIDUZIONE DELLA RESISTENZA MECCANICA:**

Deformazione, Rigonfiamento, Fratturazione

➤ **COLONIZZAZIONE BIOLOGICA**

## Degrado

### Esfoliazione



<b>Alternative lessicali utilizzabili</b>	Desquamazione, delaminazione
<b>Materiale interessato</b>	Pietra arenaria
<b>Localizzazione</b>	Si presenta in modo puntuale sul paramento murario
<b>Caratteristiche ambientali</b>	Ambiente esterno esposto all'azione diretta dei fattori meteorologici e climatici
<b>Descrizione fenomeno</b>	Degradazione che si manifesta con distacco, spesso seguito da caduta, di uno o più strati sub-paralleli tra loro (sfoglie).
<b>Cause</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>· Inquinamento atmosferico che aggredisce e disgrega il legante minerale;</li><li>· oscillazioni termiche;</li><li>· composizione chimica-mineralogica dei materiali;</li><li>· infiltrazioni di acqua in microfessure del supporto (acqua meteorica battente o di ruscellamento più o meno acida ecc.);</li><li>· migrazioni di acqua/umidità nel supporto (umidità di condensazione, umidità di risalita capillare dal terreno, umidità accidentale causata da fuoriuscite da gronde e pluviali difettosi ecc.);</li><li>· cristallizzazione dei sali solubili (formazione sub-florescenze);</li><li>· cicli di gelo-disgelo.</li></ul>
	<b>Meccanismo di degrado</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>· azione fisica: pressione interna ai pori, dilatazione termica.</li></ul>

## Esfoliazione

## Degrado



### Descrizione sintetica della procedura di intervento

- Fissaggio e riadesione delle sfoglie sconnesse, distaccate o in fase di distacco mediante "fermature" eseguite con impasti a base di calce naturale (idraulica o aerea) o leganti sintetici (resine epossidiche, poliestere, copolimeri fluorurati) di consistenza variabile a seconda della tecnica di messa in opera. L'impasto dovrà essere applicato (con spatola o con microiniezioni sfruttando le soluzioni di continuità esistenti) in modo puntuale al fine di eseguire solo i "ponti di collegamento" necessari a mettere in sicurezza la sfoglia;
- pulitura a secco tramite impiego di pennelli e/o spazzole a setole morbide, spugne e aspiratori a bassa pressione al fine di rimuovere i consistenti depositi polverulenti;
- stesura a pennello o a spruzzo di consolidante-riaggregante organico da scegliere dopo preventiva campionatura. In caso di assenza o quantomeno limitata presenza di acqua potrà essere impiegato silicato di etile, in alternativa composti a base di resine acril-siliconiche, resine fluorurate ecc.

### Note e riferimenti bibliografici

Le singole sfoglie (il cui spessore è, generalmente, compreso fra 1/10 micron e 2 mm), costituite da materiale alterato apparentemente integro, dopo la caduta danno origine a soluzioni di continuità di forma irregolare, con i bordi generalmente netti e fondo di colore diverso dalle superfici limitrofe.



## Degrado

### Alveolizzazione



**Alternative lessicali utilizzabili**

Cariatura

**Materiale interessato**

Pietra livornese

**Localizzazione**

Si presenta in modo diffuso sulla cortina muraria

**Caratteristiche ambientali**

Ambiente esterno esposto all'azione diretta dei fattori meteorologici e climatici

**Descrizione fenomeno**

Degradazione che si manifesta con la formazione di cavità di forme e dimensioni variabili. Gli alveoli sono spesso interconnessi e hanno distribuzione uniforme. Nel caso particolare in cui il fenomeno si sviluppa essenzialmente in profondità con andamento a diverticoli si può usare il termine alveolizzazione a cariatura.

**Cause**

- Composizione chimica-mineralogica del litoide;
- struttura dei vuoti (caratteristica dei pori, fratture ecc.);
- cristallizzazione dei sali solubili (formazione sub-florescenze);
- cicli di gelo-disgelo;
- azione eoliche (forte turbolenza d'aria in contatto con la superficie lapidea);
- infiltrazioni di acqua in microfessure del supporto (acqua meteorica battente o di ruscellamento più o meno acida ecc.);
- migrazioni di acqua/umidità nel supporto (umidità di condensazione, umidità di risalita capillare dal terreno, umidità accidentale causata da fuoriuscite da gronde e pluviali difettosi ecc.);
- cristallizzazione dei sali solubili (formazione sub-florescenze).

Meccanismo di degrado:

- azione fisica.

## Alveolizzazione

## Degrado



### Descrizione sintetica della procedura di intervento

- Analisi della dimensione e della profondità degli alveoli;
  - pulitura a secco tramite impiego di pennelli e/o spazzole a setole morbide, spugne e aspiratori a bassa pressione al fine di rimuovere i depositi superficiali;
  - estrazione dei sali solubili mediante impacchi di polpa di carta e acqua deionizzata;
  - consolidamento-protezione (previa campionatura preliminare) da eseguirsi mediante impregnazione con composti organici tipo resine acril-siliconiche.
- In alternativa, per elementi privi di decorazione e in avanzato stato di degrado:
- sostituzione dei conci lapidei e successiva stesura di protettivo.

### Note e riferimenti bibliografici

Tale patologia di degrado è riscontrabile frequentemente nei materiali fittili ad impasto particolarmente poroso e nei materiali calcarei di minore resistenza meccanica (calcareniti) maggiormente esposti agli agenti atmosferici ed al dilavamento. Questa patologia di degrado si può manifestare fortemente differenziata (disgregazione selettiva) in ragione alle variazioni locali della struttura della pietra. I materiali interessati a questa patologia di degrado sono quelli lapidei naturali (tufi e calcareniti in primis) ed i laterizi.

## Degrado

### Colonizzazione biologica



**Alternative lessicali utilizzabili**

Attacco biologico, vegetazione infestante

**Materiale interessato**

Conci di pietra arenaria

**Localizzazione**

Si presenta in modo diffuso sulla superficie muraria

**Caratteristiche ambientali**

Ambiente esterno esposto all'azione diretta dei fattori meteorologici e climatici; presenza di acqua di risalita

**Descrizione fenomeno**

Attacco riscontrabile macrosopicamente da parte di micro e/o macro organismi di colore e forma variabili.

**Cause**

- Struttura dei vuoti (pori, fratture ecc.);
- accesso di acqua (pioggia, condensazione, umidità di risalita ecc.);
- presenza di sufficiente fonti luminose così da consentire l'attività fotosintetica;
- ambiente poco inquinato caratterizzato da umidità relativa alta;
- temperatura alta, ventilazione scarsa;
- presenza sul substrato del materiale di materie organiche;
- esposizione a nord.

Meccanismo di danno:

- azione chimica;
- azione fisica.

## Colonizzazione biologica



## Degrado

### Descrizione sintetica della procedura di intervento

- Eventuale ammorbidimento dei licheni tramite applicazione sulla superficie di soluzione (ad. es., ammoniacca al 5%);
- asportazione meccanica mediante l'ausilio di spazzole sintetiche rigide e spatole di legno;
- applicazione (previo campionatura al fine di valutare l'efficacia ed il livello di concentrazione della sostanza attiva) di biocidi specifici per la specie infestante;
- idrolavaggio della superficie a pressione moderata con acqua pulita così da rimuovere ogni traccia di biocida e dei rimanenti infestanti biologici;
- trattamento finale preventivo mediante vaporizzazione a bassa concentrazione di biocida, contro la crescita di vegetazione superiore e contro la formazione di attacchi microrganismi autotrofi.

### Note e riferimenti bibliografici



## Innovazioni



### **Pietre artificiali** – Ceramiche compatte

Sono usate in sostituzione delle pietre naturali. Sono formate da un nucleo di calcestruzzo di cemento rivestito nelle parti in vista con:

- malta di cemento semplice, si hanno pietre artificiali a pelle di cemento, che ad opere finite hanno l'aspetto di un intonaco liscio;
- malta di cemento, graniglia e polveri minerali colorate, si hanno pietre artificiali a pelle lavorata, la cui superficie a stagionatura avvenuta è lavorata con la bocciarda o la martellina oppure levigata e lucidava come un marmo.

OKITE è composto da resine, ossidi e quarzo, il quarto materiale più duro al mondo, e conserva la resistenza, la durezza e la durata della roccia madre da cui deriva.

CORIAN è un materiale composito formato da 2/3 di idrossido di alluminio (triidrato) e 1/3 di resina acrilica (polimetilmetacrilato) con aggiunta eventuale di pigmenti colorati prodotto con gli stessi pregi dei piani in pietra senza i tipici difetti dei piani in truciolare o materiale sintetico o semisintetico e con il vantaggio della possibilità di essere prodotto in qualsiasi forma ed essere lavorabile al tornio come il legno.