

PROBIOS

Carrara 2006

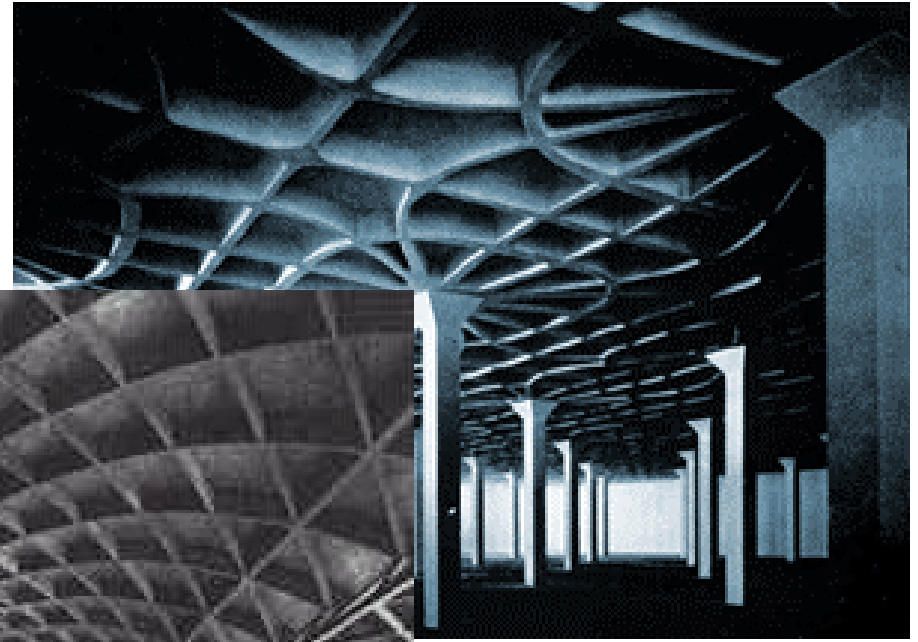
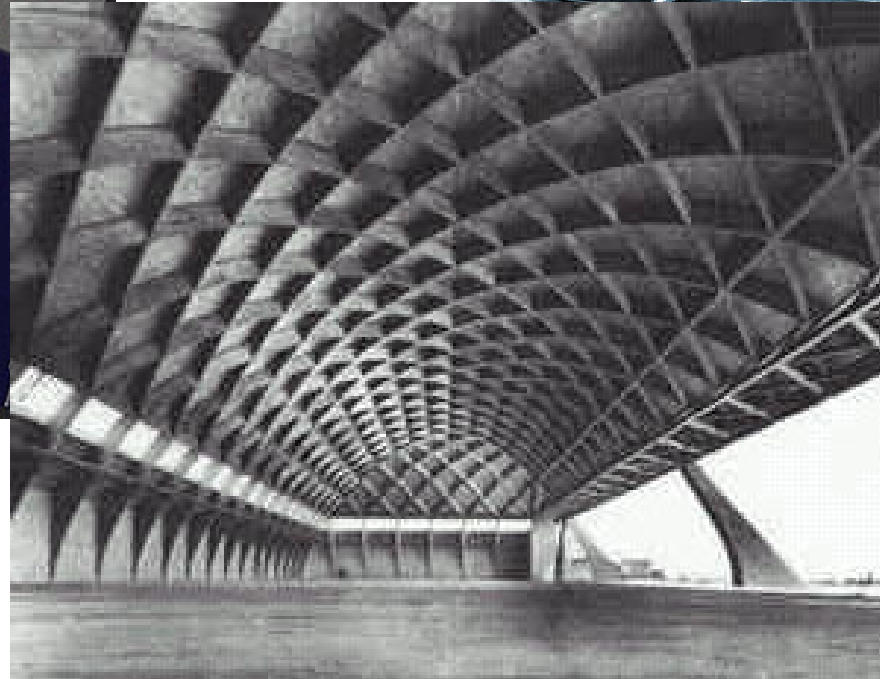
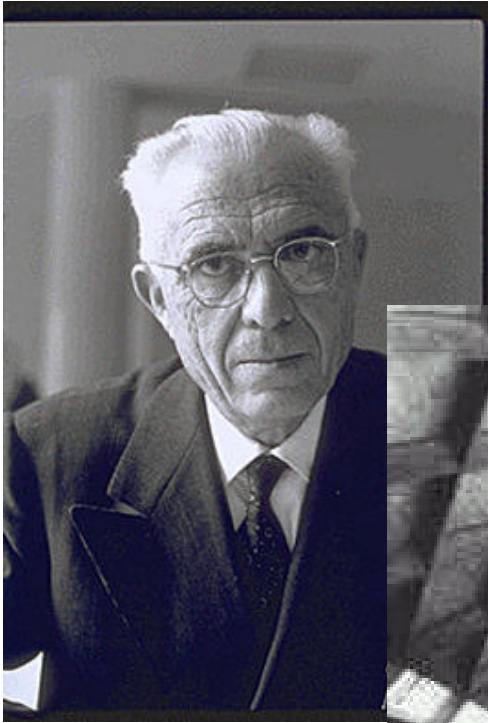


BIOARCHITETTURA®

ARCH. MASSIMO CARLI



Materiale bioedile:  
la calce nel processo  
edilizio  
tra recupero e nuova  
edificazione



P.L.Nervi: “ Il fatto di poter creare pietre fuse di qualunque forma, superiori alle naturali, perché capaci di resistere a tensioni, ha in sé qualcosa di magico...”



Le Corbusier- Ronchamp

Problemi del cemento a faccia vista : il rapido degrado di un edificio-simbolo del razionalismo: il BAUHAUS nel 1957 ( costruzione: 1925/27)



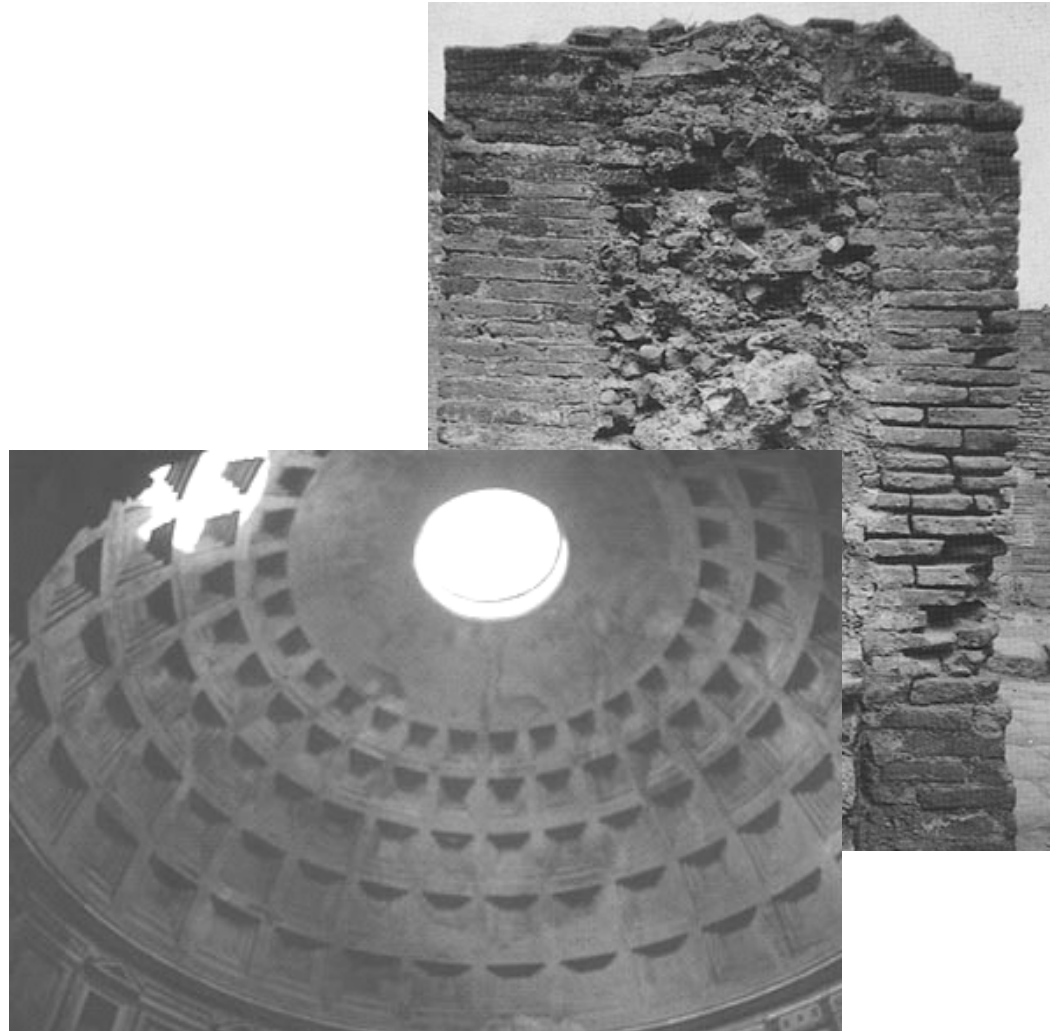
La calce è il primo vero legante trovato dall'uomo. La sua scoperta fu probabilmente occasionale



*Antichi forni da calce alle cime della Marzola.  
Questi forni richiedono solo la pietra e la legna  
come combustibile*



La scoperta della pozzolana (la "rena di Cuma" nel testo di Vitruvio) segnò un rivoluzionario progresso nelle antiche costruzioni in calcestruzzo grazie alla capacità della miscela calce-pozzolana



I Romani furono grandi sperimentatori ed introdussero le calce idrauliche, mescolando pozzolana, cocchio pesto, argilla

Una vera rivoluzione, datata attorno al **1750** ad opera dell'inglese Smeaton, fu l'invenzione della calce idraulica ottenuta fortuitamente per cottura di un calcare che, contravvenendo alle raccomandazioni di Vitruvio per la produzione della calce, conteneva impurezze argillose. L'impiego della calce idraulica presentava caratteristiche analoghe a quelle della miscela calce-pozzolana, con il vantaggio, tuttavia, di non dover ricorrere all'introduzione di pozzolana non disponibile ovunque.

Una volta capito che il meccanismo di reazione della calce idraulica era legato alla presenza di impurità argillose, cominciarono, a partire dagli inizi del 1800, le sperimentazioni nella cottura di miscele artificiali di calcare ed argilla. **Nel 1924 su brevetto di Aspdin, si arrivò alla formulazione del cemento Portland ottenuto per cottura del calcare con il 40% di argilla.**



La calce è “semplice”: ricordiamo le reazioni chimiche

**calcinazione:** il calcare o carbonato di calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) si trasforma in calce viva o ossido di calcio ( $\text{CaO}$ ) sviluppando anidride carbonica:

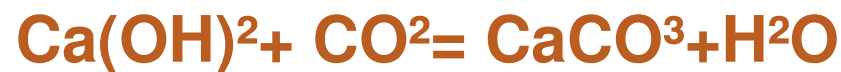


idratazione (spegnimento)



è la calce spenta o idrossido di calcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

**presa:**



con ritorno allo stato solido iniziale

*La calce è oggi prodotta industrialmente ma in passato, per rispondere ai bisogni immediati delle popolazioni rurali, era sufficiente una produzione artigianale, erede di conoscenze ancestrali.*



*Nei Pirenei la materia prima, il calcare, era abbondante. I forni da calce erano scavati in terreni a forte pendenza in modo da evitare la costruzione di muri di protezione.*

*Un tipico forno era diviso in due parti: il focolare e la parte alta, delimitata da una sporgenza che permetteva di appoggiarvi la volta, costituita da pietre da calcinazione.*

*Una volta finito il terrazzamento, per evitare la dispersione del calore, si applicava sulle pareti del forno uno strato di argilla.*



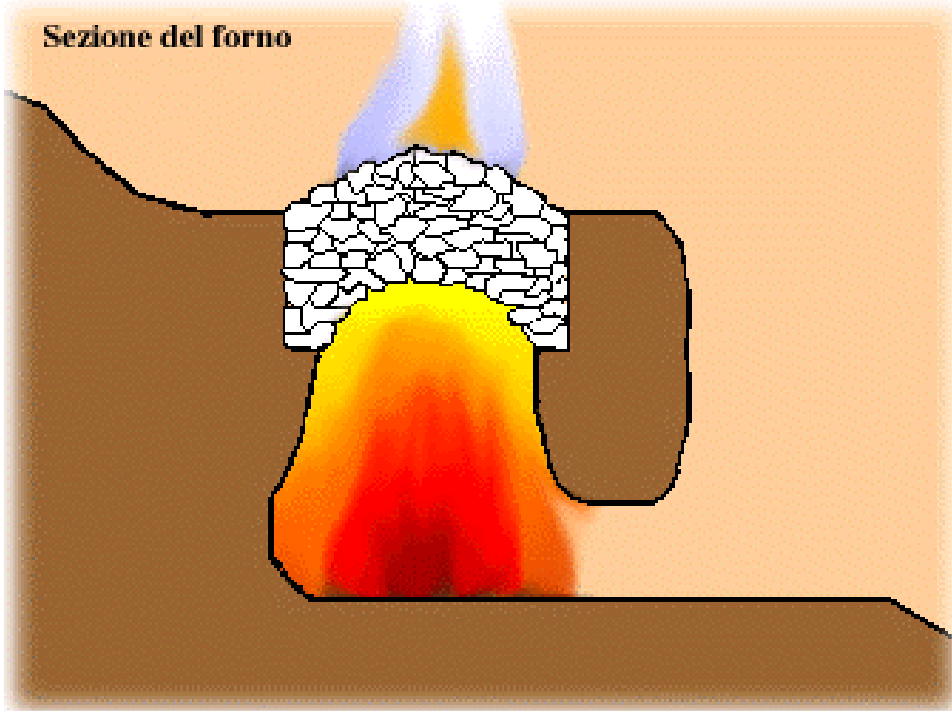
*Le pietre calcaree erano quindi raccolte e si cominciava il caricamento del forno.*



*Il ricoprimento del forno era un lavoro delicato e perfino pericoloso per l'esecutore in quanto consisteva nel posare le pietre calcaree da cuocere in equilibrio, senza legante, in modo da costruire una volta sopra la zona del focolare.*



*Completata la volta, si riempiva il forno in modo da permettere alla fiamma di passare attraverso più strati di pietre in modo omogeneo.*



*L'entrata per alimentare il forno con il combustibile si trovava nella parte bassa.*



*Il riempimento del forno era completato posando uno strato di pietre al suolo, per evitare la dispersione del calore durante la cottura.*



*Il forno era alimentato da fascine di legno secco di cespugli spinosi o di bosso, dotate di alto potere calorifico.*

*La calcinazione durava tre giorni e tre notti; durante questo periodo gli operai si alternavano per mantenere costante la temperatura a 1000 gradi centigradi.*



*Per effetto della calcinazione il calcare o carbonato di calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) si trasforma in calce viva o ossido di calcio ( $\text{CaO}$ ) sviluppando anidride carbonica:*



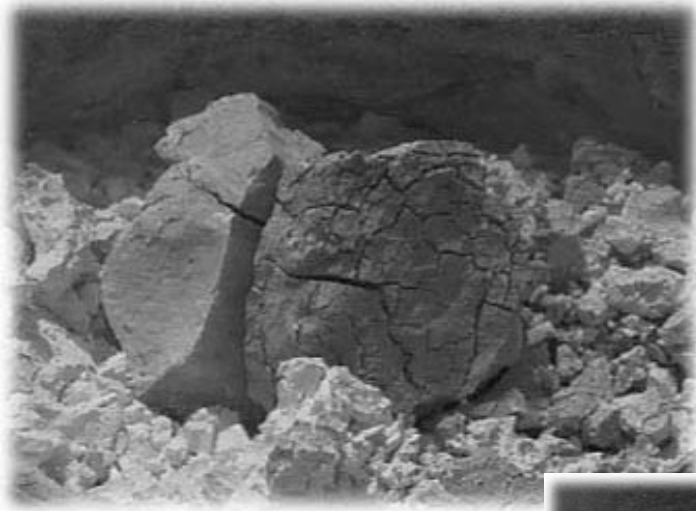


*Le pietre, dopo la cottura, venivano selezionate e quindi conservate in recipienti al riparo dell'aria per evitarne la carbonatazione, che avrebbe tolto alla calce le sue proprietà leganti*



*In seguito la calce viva era spenta immergendola in una quantità d'acqua pari alla metà del suo peso*





*L'idratazione provoca la disintegrazione rapida delle pietre e produce una forte emissione di calore.*



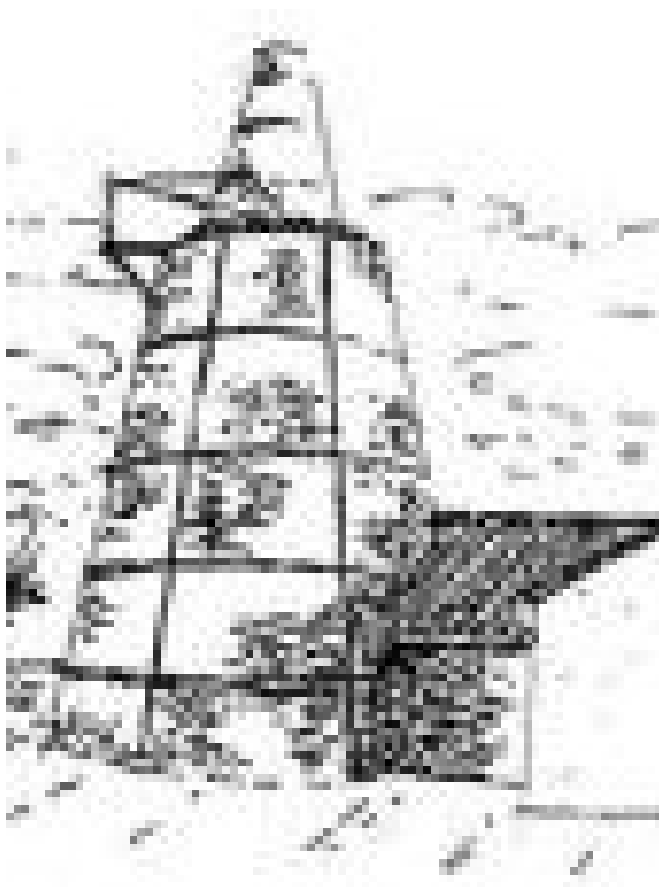
*La polvere che si ottiene secondo la reazione:  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$  è la calce spenta o idrossido di calcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .*

*La calce prodotta doveva essere conservata in luogo secco, chiusa in recipienti o sacchi ermetici; essa serviva per soddisfare le esigenze di un villaggio intero.”*

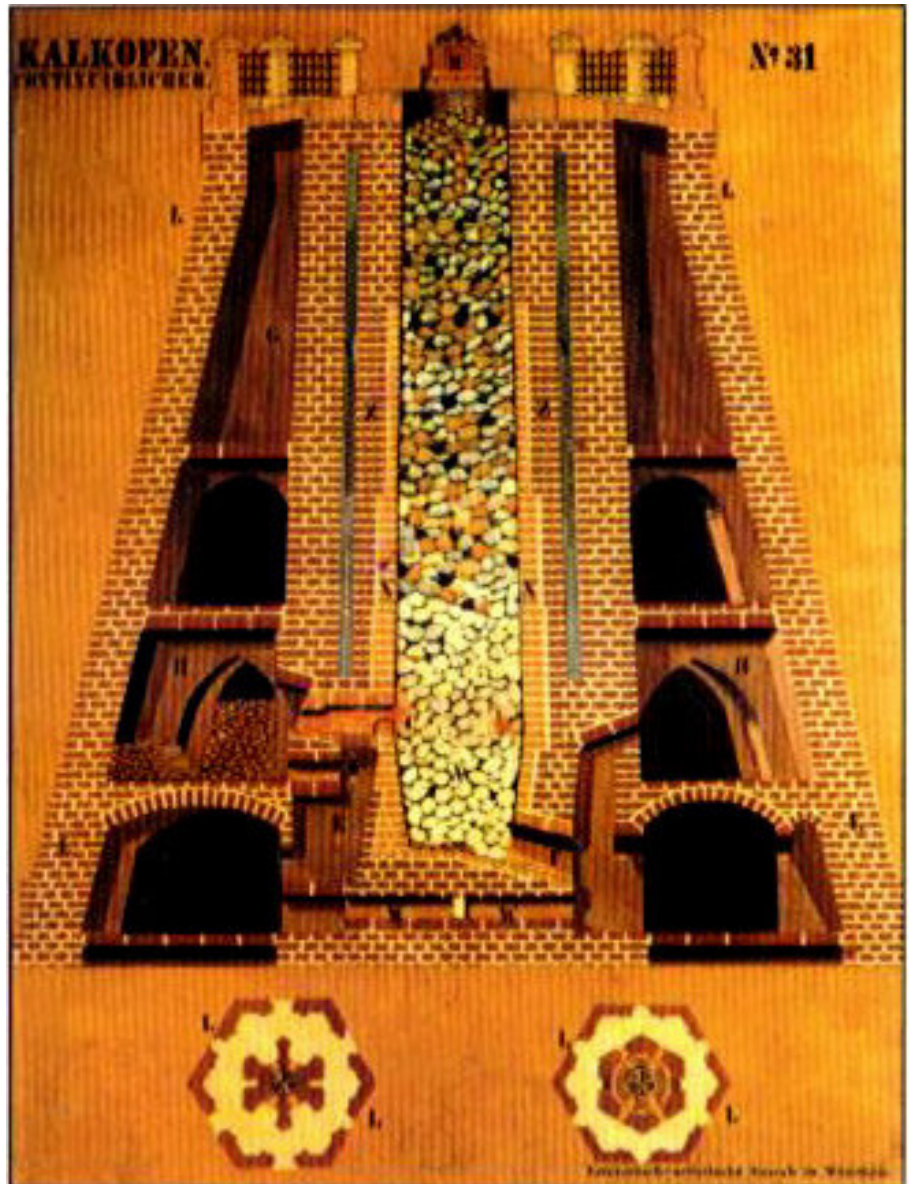
## Metodi analoghi, per es., nelle Dolomiti

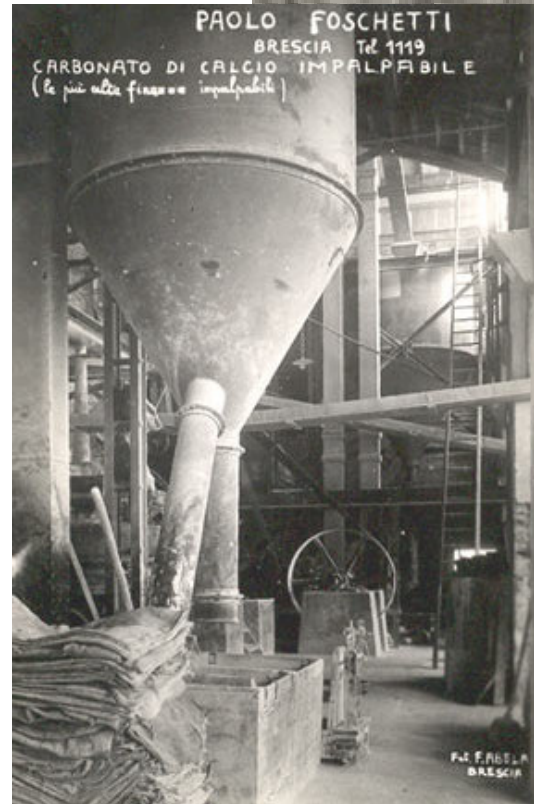
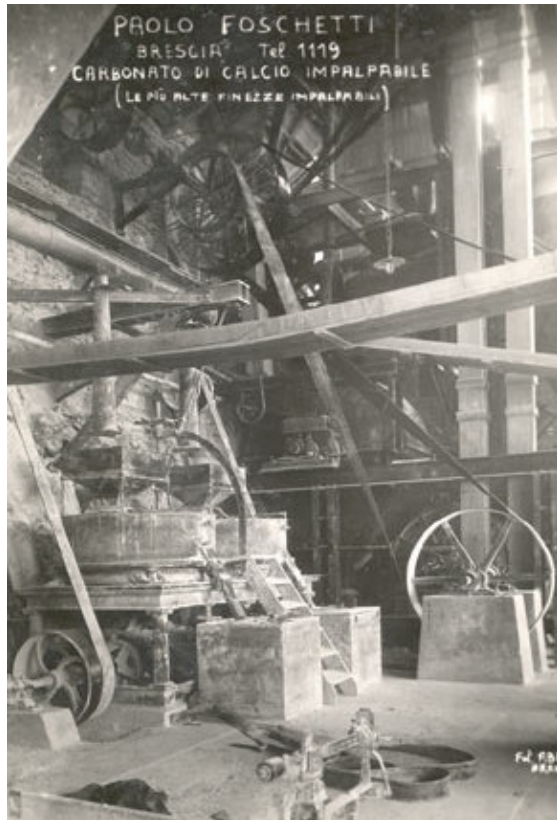






Due immagini dei forni  
a tino, ancora in uso  
per piccole-medie  
produzioni





Immagini di una produzione industriale degli Anni 20

# UN CICLO PRODUTTIVO ATTUALE ECOSOSTENIBILE

## Dal ciottolo al grassello

### I ciottoli

La calce è un materiale antico, ecologico, rinnovabile e resistente.

Le prime tracce si perdono nei secoli ed i reperti più antichi risalgono ai tempi dei fenici e della Grecia classica.

La calce deriva dai ciottoli, ricchi di carbonato di calcio, dei fiumi: ed attraverso un viaggio tra tradizione e tecnologia, che stupisce ancor oggi, vengono trasformati in grassello di calce.





## **Il combustibile**

Come nell'antichità, anche oggi il legno è il combustibile che viene utilizzato per la cottura dei ciottoli nella fornace.

Non un solo albero viene abbattuto. Con un impegnativo lavoro di prelievo degli scarti di lavorazione delle falegnamerie dell'intera regione, vengono acquisiti e trasformati in polvere di legno gli enormi quantitativi necessari. La polvere viene insufflata nel forno e brucia senza utilizzare gas, petrolio, carbone o energia elettrica.

Potremmo dire Natura + Natura.



## La cottura

Tradizione e innovazione si integrano nel processo di cottura.

Vengono ancora impiegati forni tradizionali a botte, ma la tecnologia è interamente computerizzata.

Un sistema di controllo automatico sovrintende a tutte le fasi di lavorazione, dall'ingresso dei ciottoli (dalla parte alta della fornace) all'uscita (dalla parte bassa) in un processo a ciclo continuo che dura circa una settimana.

La temperatura viene mantenuta stabile dosando l'immissione della polvere di legno e sofisticatissime sonde al laser depurano i fumi di combustione prima di immetterli nell'atmosfera.





## Lo spegnimento

I ciottoli sfaldati dalla cottura, ora sono calce viva e diventeranno **grassello stagionato** attraverso un percorso che inizia dallo spegnimento.

Alla calce viva viene aggiunta acqua, provocando la disgregazione del ciottolo e trasformandolo in un liquido denso che, prima di essere immesso nelle grandi vasche di stagionatura, viene filtrato per scartare le parti non cotte (calcinaroli) che altrimenti pregiudicherebbero la qualità del prodotto.



## La stagionatura

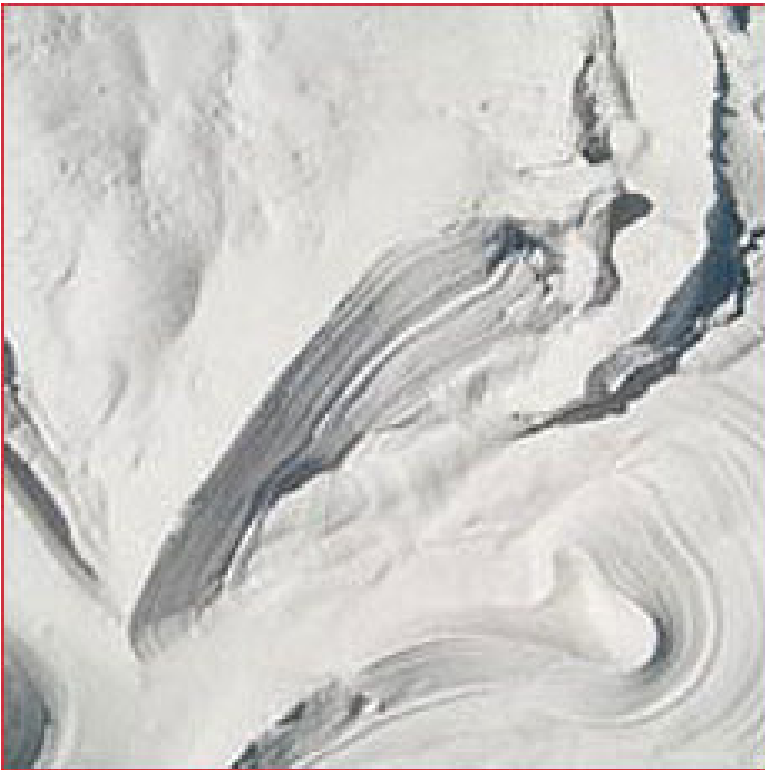
Quando una grande vasca della capacità di 5.000 quintali è stata riempita, inizia la stagionatura.

Quasi come un buon vino il grassello deve riposare per almeno sei mesi. Questo è il tempo minimo perchè il materiale si organizzi nella struttura chimica del grassello stagionato.



## **Il grassello**

Il grassello di calce è ora arrivato alla distribuzione ma, prima di entrare nei cicli produttivi, è sottoposto ad un'ulteriore microfiltratura, che lo renderà cremoso e privo delle più piccole impurità. Pronto per i processi produttivi.



Due parole sul cemento, per stabilire raffronti...



Il fabbisogno energetico necessario per la produzione del cemento e' notevole in considerazione delle elevate temperature da raggiungere nel forno di cottura ( $1500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), dell'energia elettrica necessaria per macinare il prodotto e della quantita' di materiale utilizzata

**La produzione consta di quattro fasi essenziali, nelle quali non è compreso lo spegnimento con acqua, come nella calce:**

Frantumazione e miscelazione dei componenti  
(marne e calcari argillosi)

Cottura in forni rotativi a circa 1450°

Aggiunta di ulteriori componenti (addizioni)

Macinazione in mulini a sfere

## **Differenza tra calce idrauliche e cementi secondo Luis Vicat:**

“Qualunque legante idraulico che venga messo in opera  
**previo spegnimento**  
deve essere definito  
**calce idraulica**

Un legante idraulico che venga messo in opera  
**senza preventivo spegnimento,**  
per la già avvenuta combinazione  
tra ossido di calcio, silice e allumina  
**deve essere chiamato cemento**



Recenti indirizzi verso la eco-sostenibilità  
della produzione cementizia...

Immagini e testi tratti dal sito di  
Italcementi Group

Esiste una sensibilità ambientale ed una ricerca di eco-compatibilità  
anche nella produzione del cemento...



### Da dove nasce il cemento

Il cemento nasce da materie prime di origine naturale:

**il calcare e l'argilla.** Sono scavate in giacimenti in prossimità delle cementerie e sottoposte a **preventivo trattamento di frantumazione** per ridurre la pezzatura e agevolare il trasporto nei centri produttivi

## Il ripristino delle cave

L'attività estrattiva è sempre accompagnata dallo studio delle tecniche di ripristino e recupero paesaggistico. Le aree recuperate possono essere destinate: **ad attività agricole**; alla riedificazione di ecosistemi attraverso il **rinverdimento e il rimboschimento**; alla creazione di **aree faunistiche**, ricreative, **parchi naturali** o **giardini**; all'insediamento di **nuove aree di sviluppo industriale, commerciale o artigianale**.

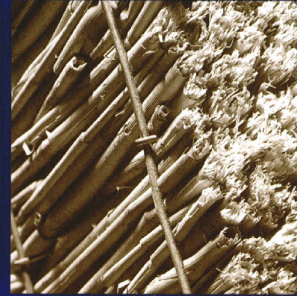


aggiornamento ecologico  
**PREZZARIO**  
OPERE EDILI

a cura di  
Bioarchitettura-Istituto Nazionale



*Provincia di Firenze  
Assessorato all'Edilizia*

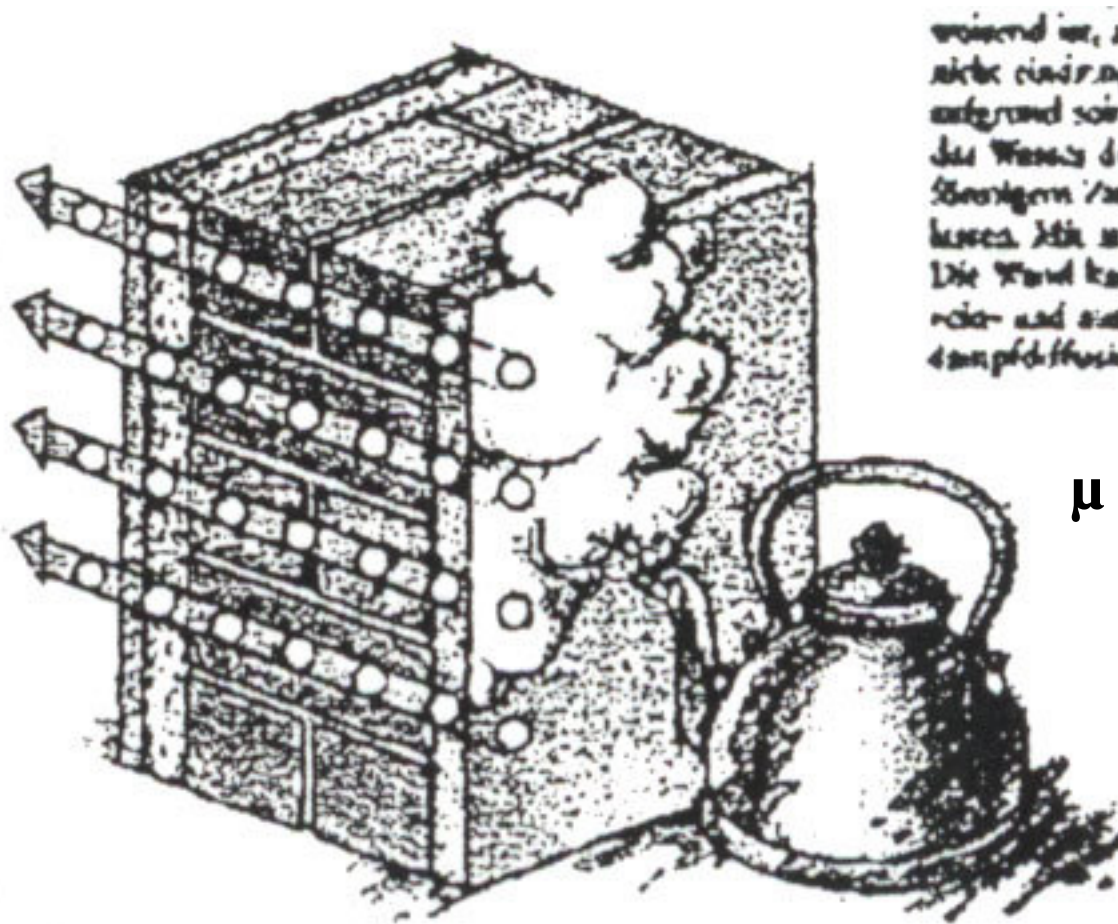


mancosu editore



**Importantissima la traspirabilità del muro, per avere una casa sana.**

**$\mu$ =coefficiente di resistenza al passaggio del vapore**



$\mu$	intonaco gesso	7
	intonaco calce	13
	intonaco misto	15
	intonaco cem.	20
	calcestruzzo	32

La salute delle murature è seriamente minacciata dal fenomeno **dell'umidità** che non solo provoca macchie e sfaldamenti nell'intonaco, ma può intaccare, in maniera subdola la stessa struttura.

La salute dell'uomo è messa in pericolo da questo fenomeno poiché l'umidità presente nelle murature crea un ambiente malsano fonte di numerosi disturbi ed **allergie**.

La muratura può essere aggredita principalmente dall'umidità da:

- **risalita capillare**, che proviene dal terreno e risale per capillarità nelle murature;
- **dall'umidità meteorica**, causata dalla penetrazione dell'acqua piovana nella muratura attraverso la parete esterna;
- **dall'umidità da infiltrazione**, presente laddove vi siano falde acquifere o fonti d'acqua improvvise quali rotture di fognature e di tubazioni;
- **dall'umidità da condensa**, che ha origine quando vi sia notevole differenza tra la temperatura dell'ambiente interno e la parete fredda.

## TRATTAMENTO ANTISALE E INTONACO DEUMIDIFICANTE MACROPOROSO

•Attraverso l'intervento di un particolare intonaco con qualità deumidificanti, si permette ad una struttura muraria di mettersi al riparo dall'azione disgregatrice dell'umidità. Una volta che sia stata impedita la possibilità dell'umidità di penetrare dall'esterno nella struttura, tramite tecniche che vanno dagli sbarramenti orizzontali all'introduzione di sostanze liquide antisale, capaci di inibire la formazione della salinità igroscopica, ci si preoccupa di estrarre l'umidità presente per poi consentire alla parete trattata di mantenersi sufficientemente asciutta. Tale operazione si basa sul principio di massima esaltazione delle capacità di evaporazione della parete creando, attraverso particolari strutture chimico-fisiche, le condizioni attraverso le quali l'umidità viene fatta fuoriuscire più facilmente sotto forma di pressione di vapore. Questo viene in sintesi ottenuto con un intonaco di basso spessore ed alta porosità, capace di assorbire il calore esterno



Finiture di pregio a base di grassello: marmorino e pastellone

