

I laterizi ed i leganti

La materia
dell'opera d'arte
plasmata dall'uomo
e dal fuoco



Docenti: Prof. Giuseppe Alberto Centauro e Prof. Silvio Van Riel

Tutor: Ph.D Arch. Andrea Bacci, Arch. Francesco Masci,
e con la collaborazione di: Arch. Luca Brandini



I laterizi

I laterizi sono prodotti ceramici a pasta porosa impiegati nella costruzione degli edifici.

Questi appartengono alla categoria delle terrecotte e sono ricavati dall'argilla, lavorata in diverse fasi fino ad ottenere una pasta modellabile, a cui viene data la forma voluta ed infine cotti a calore limitato (800°-1200° C).

La cottura trasforma l'argilla plastica in una massa non eccessivamente dura, aggregata e porosa.

Il laterizio ha una struttura a grana ruvida di aspetto opaco facilmente lavorabile e in grado di assorbire acqua per capillarità.



S. Ambrogio, Milano.



S. Maria degli Angeli, Roma.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

LABORATORIO DI RESTAURO I-RESTORATION WORKSHOP I

**Corso di Laurea Magistrale, quinquennale
ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)**

**Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro
B015351 – a. a. 2019/ 2020**



Palazzo Carignano, Torino.



Castello Estense, Ferrara.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

LABORATORIO DI RESTAURO I-RESTORATION WORKSHOP I

Corso di Laurea Magistrale, quinquennale

ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)

Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro

B015351 – a. a. 2019/ 2020

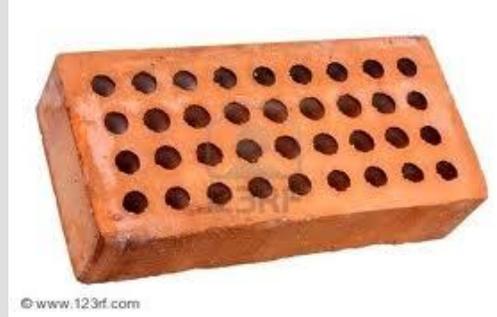
Elementi resistenti artificiali: pieni e forati



Mattone pieno.



Mattone forato.



Mattone forato.



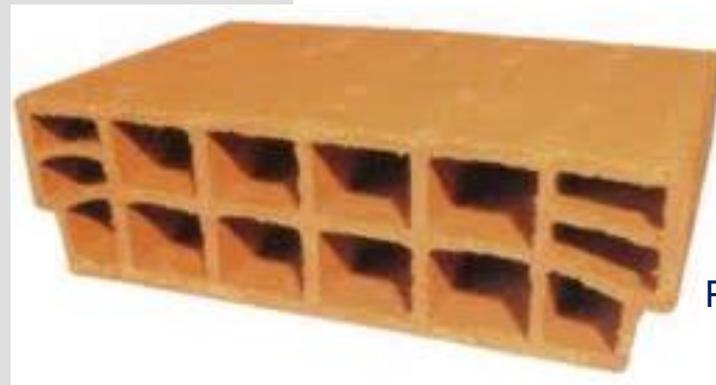
Mattone d'epoca romana.



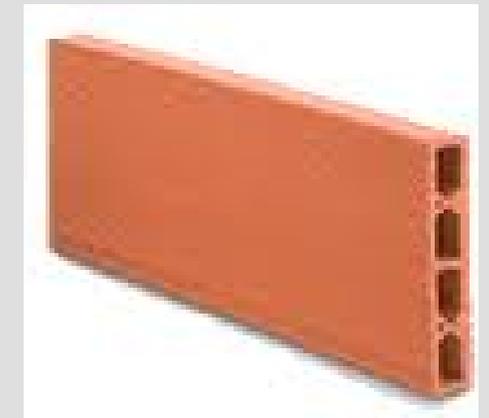
Mezzane.



Tavellone.



Pignatta.



Tavella.

Laterizi da pavimentazione:



Mattonella esagonale.



Mattonella
a losanga.



Mattonelle quadrate.

Laterizi da copertura:



Coppo.



Embrice.



Marsigliese.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

LABORATORIO DI RESTAURO I—RESTORATION WORKSHOP I

Corso di Laurea Magistrale, quinquennale

ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)

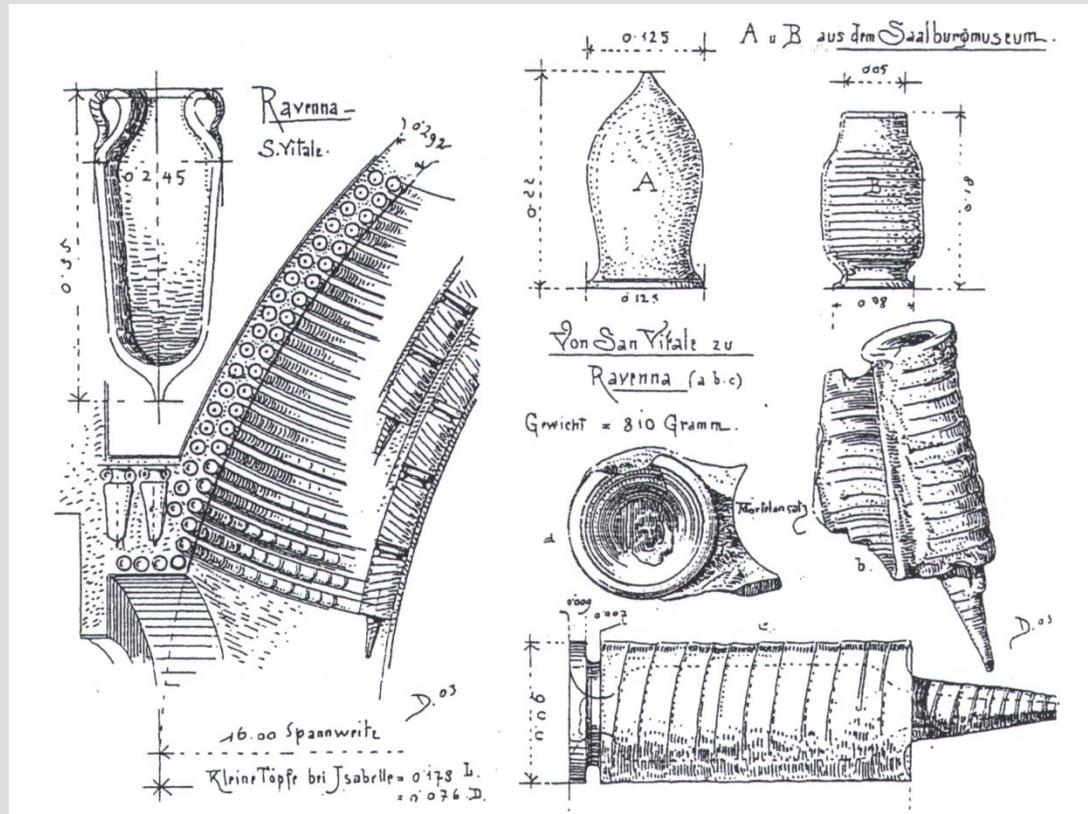
Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro

B015351 – a. a. 2019/ 2020

Laterizi speciali:



Chiesa di San Vitale a Ravenna.



Disegni del Durm sulla sezione della cupola di San Vitale con i particolari dei tubi fittili, vista fotografica di una porzione di cupola. Ravenna, chiesa di San Vitale.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

Laterizi speciali:

LABORATORIO DI RESTAURO I-RESTORATION WORKSHOP I

Corso di Laurea Magistrale, quinquennale

ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)

Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro

B015351 – a. a. 2019/ 2020



Elemento modanato per mensole

Tubo fittile.



Antefissa etrusca.



Robbiana, Ospedale degli Innocenti.



Chiostro maiolicato, Convento di S. Chiara, Napoli.



Argilla

La materia prima dei laterizi è l'argilla, o terra grassa argillosa o terra da mattoni.

E' una roccia sedimentaria di deposito meccanico, costituite da uno o più minerali che differiscono più in struttura cristallina che chimica.

I quattro minerali possibili delle argille sono: la **caolinite**, **montmorillonite**, **illite**, **halloisite**.

In base al loro componente più importante, le argille si classificano in argille **caolinitiche**, argille **bentonitiche**, argille **illitiche**.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

LABORATORIO DI RESTAURO I-RESTORATION WORKSHOP I

Corso di Laurea Magistrale, quinquennale

ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)

Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro

B015351 – a. a. 2019/ 2020

I minerali argillosi sono aggregati in una struttura finissima che in presenza di una certa quantità d'acqua consente alle particelle di scorrere tra loro e di orientarsi secondo la pressione esercitata.

Questa capacità determina **la caratteristica plasticità** e permette di produrre oggetti modellati senza provocare screpolature sulle superfici.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

LABORATORIO DI RESTAURO I–RESTORATION WORKSHOP I

Corso di Laurea Magistrale, quinquennale

ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)

Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro

B015351 – a. a. 2019/ 2020

Estrazione

Il materiale si ricava soprattutto dai depositi alluvionali presenti lungo il tratto medio e terminale dei torrenti e dei fiumi, in queste zone all'argilla si associa un discreto contenuto in sabbia sottile che produce una pasta omogenea di colore grigio o bruno.

Un tempo l'argilla veniva estratta dalle cave nel periodo autunnale e abbandonate per tutto l'inverno alle intemperie (gelo, disgelo, rigelo, ecc.) per migliorarne la plasticità o in primavera perché l'insolazione estiva ed i fenomeni meteorici la disgregassero, oggi l'estrazione viene fatta in tutte le stagioni.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

LABORATORIO DI RESTAURO I—RESTORATION WORKSHOP I

Corso di Laurea Magistrale, quinquennale

ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)

Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro

B015351 – a. a. 2019/ 2020

Tipico alveo fluviale da
cava di argilla





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

LABORATORIO DI RESTAURO I–RESTORATION WORKSHOP I

Corso di Laurea Magistrale, quinquennale

ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)

Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro

B015351 – a. a. 2019/ 2020

Lavorazioni preliminari

Solo in pochi casi la purezza delle argille appena estratte consente di impiegare direttamente il materiale cavato.

Le prime operazioni di lavorazione permettono di separare le impurità più grosse e di sminuzzare in particelle sempre più piccole la massa argillosa per ridurla in una pasta uniforme della consistenza richiesta dal lavoro di formatura.

La preparazione a mano inizia con la prima cernita effettuata direttamente in cava così da isolare le grosse radici, gli strati sabbiosi i livelli di noduli o di ciottoli e lasciata agli agenti atmosferici.



L'argilla, dopo questo trattamento, viene trasportata nei pressi del piazzale della fornace dove continua ad essere intensamente lavorata con zappe e badili in modo da rompere le zolle rimaste e frantumare il più possibile la massa.

Infine il cumulo viene posto in fosse poco profonde scavate direttamente nel terreno; qui l'argilla è irrorata con acqua fino ad formare una pasta morbida che viene lavorata e battuta fino a che tutto l'impasto è smosso e rimescolato.

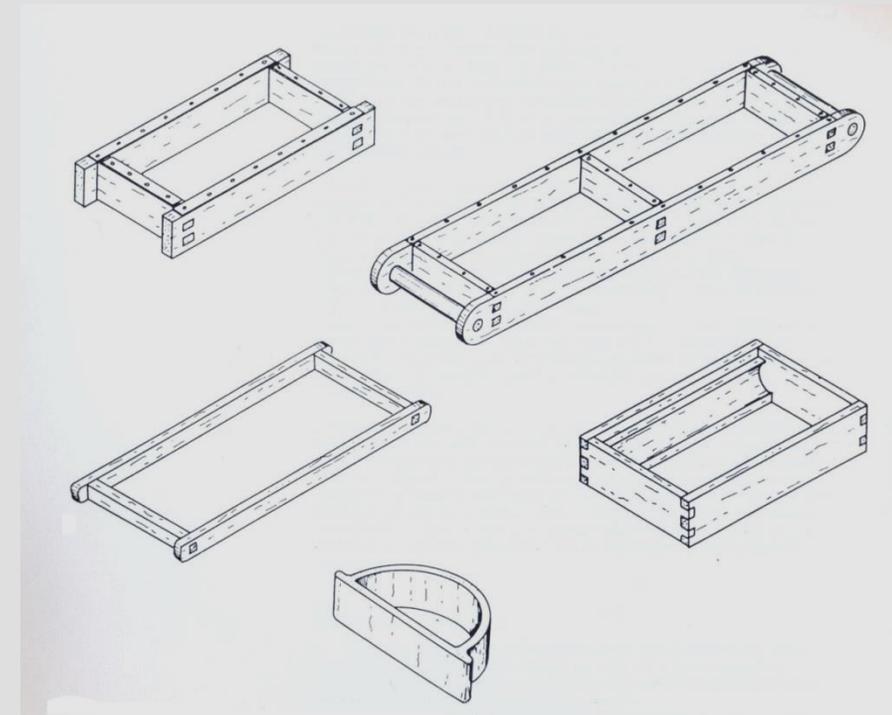
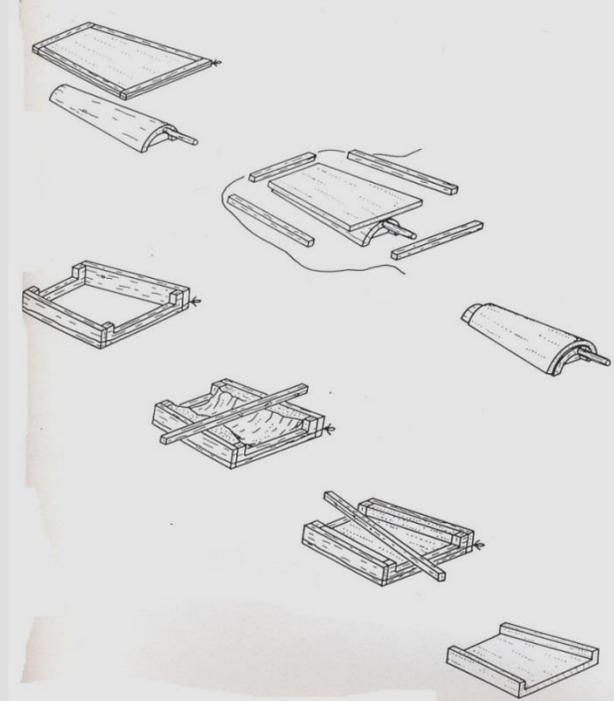
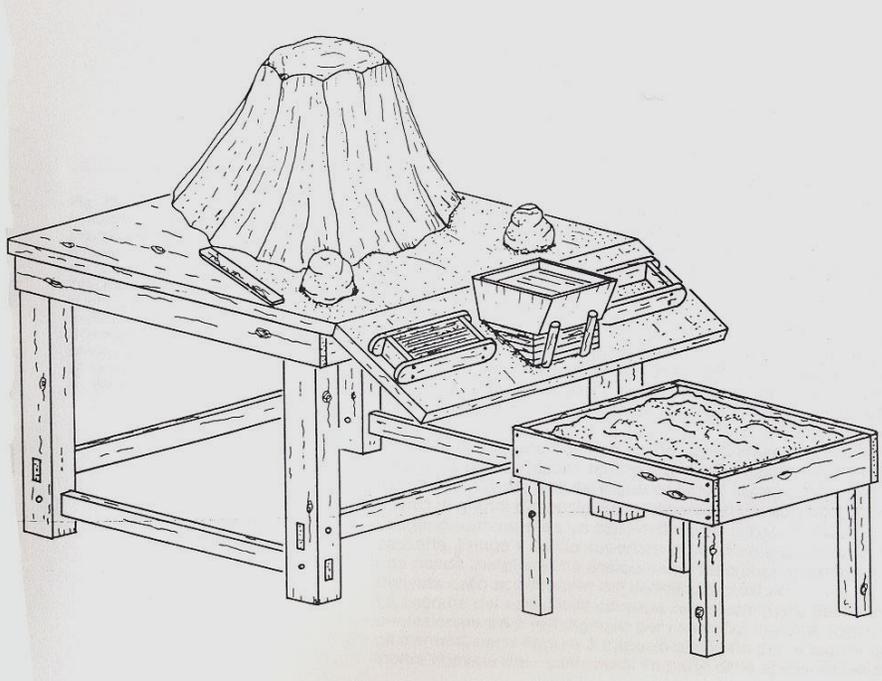
Oggi, in molte di queste lavorazioni, sono utilizzati sistemi industriali.

Queste procedure facevano parte della lavorazione manuale, oggi in parte ripresa per la produzione speciale da restauro.

La formatura

L'operazione di formatura conferisce al laterizio l'aspetto definitivo che verrà fissato dalla successiva fase di cottura.

Il modellamento secondo i sistemi tradizionali è eseguito a mano e solo dalla metà del secolo XIX vengono introdotte le macchine.





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

LABORATORIO DI RESTAURO I–RESTORATION WORKSHOP I

Corso di Laurea Magistrale, quinquennale

ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)

Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro

B015351 – a. a. 2019/ 2020

L'essiccamento

Il laterizio non ancora cotto contiene una percentuale d'acqua in quantità proporzionale al grado di plasticità.

Lo scopo dell'essiccamento è quello di impedire che il laterizio fresco sottoposto al calore di cottura si deformi o screpoli per effetto di una troppo repentina eliminazione dell'acqua di lavorazione.

Il processo inizia subito dopo la formatura e avviene per evaporazione col passaggio capillare dell'umidità dalle parti interne a quelle esterne.



All'inizio del processo le particelle argillose tendono ad avvicinarsi reciprocamente e riempire gli spazi vuoti lasciati dall'acqua, provocando una riduzione più o meno elevata del volume e il ritiro dimensionale del laterizio.

Dopo un tempo variabile da 12 ore a 2-4 giorni, in funzione delle condizioni climatiche, dal tipo di impasto e dallo spessore, il laterizio diventa maneggiabile.

Lo si mette al riparo per un periodo teorico di 2 anni, ma in pratica in un lasso di tempo che va da una stagione a 2 mesi, ridotto fino a 10 giorni, grazie agli attuali sistemi forzati ad aria calda.

Immagini d'epoca
dell'essicamento
naturale dei laterizi.



LABORATORIO DI RESTAURO I—RESTORATION WORKSHOP I
Corso di Laurea Magistrale, quinquennale
ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)
Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro
B015351 – a. a. 2019/ 2020





La cottura

La reazione chimiche prodotte nell'argilla durante la cottura trasformano il materiale in un prodotto anidro*.

Nel forno di cottura la temperatura si innalza gradatamente, poco oltre i 100° evaporano gli elementi volatili delle sostanze organiche insieme alla residua acqua di lavorazione, mentre tra 400° e 600° si scompongono i materiali argillosi e viene eliminata l'acqua di combinazione insieme a tutti i composti organici presenti nell'impasto.

Il termine **anidro** identifica un composto o una sostanza privi di acqua. In genere si riferisce a quelle sostanze chimiche che hanno subito un processo di essiccamento. Questo materiale è generalmente igroscopico e tende ad assorbire acqua.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

LABORATORIO DI RESTAURO I-RESTORATION WORKSHOP I

Corso di Laurea Magistrale, quinquennale

ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)

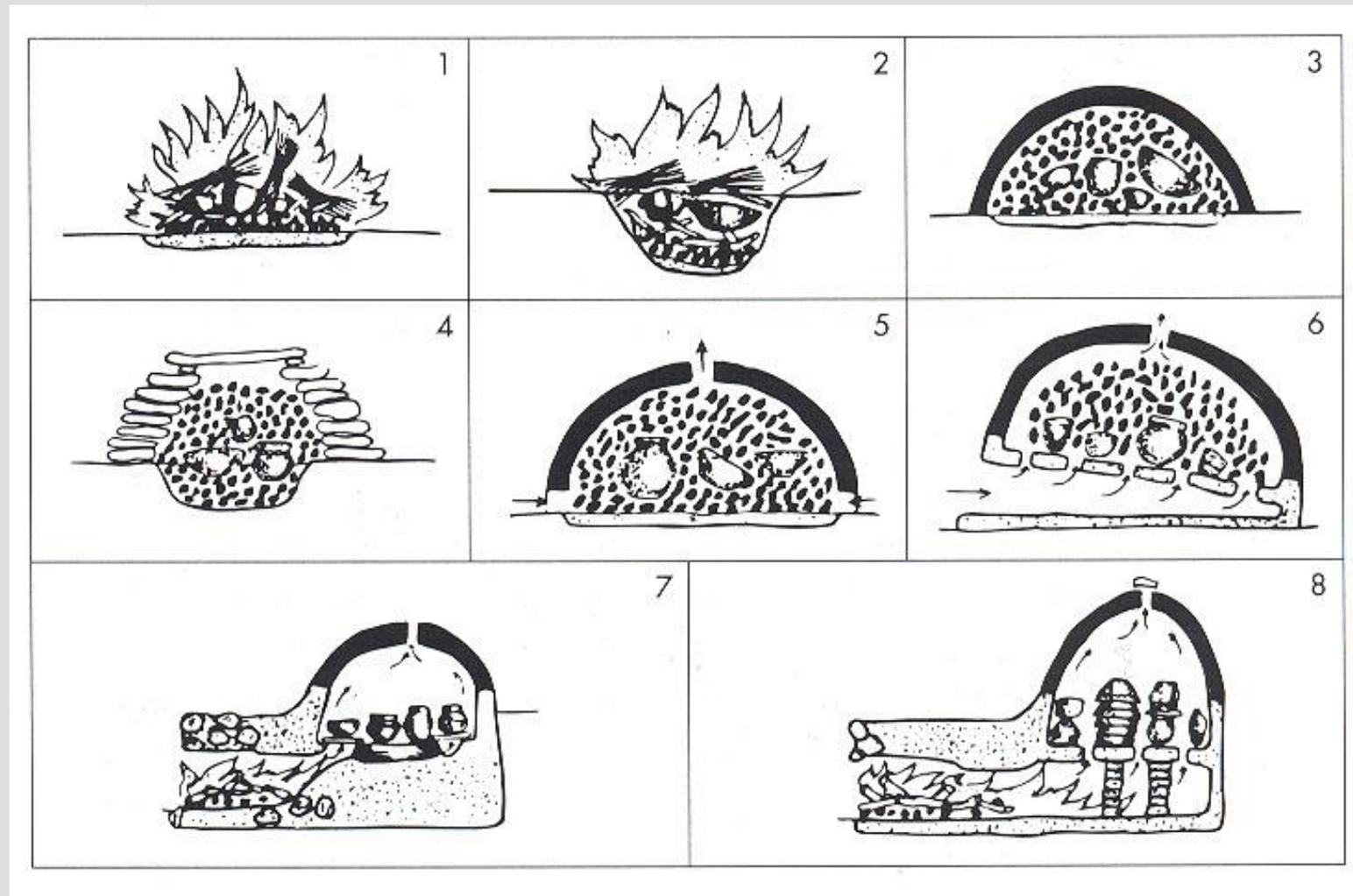
Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro

B015351 – a. a. 2019/ 2020

La cottura vera e propria può avvenire ad una temperatura variabile tra 800° e 1200° secondo la qualità dell'argilla, per impasti usuali l'operazione termina a circa 1000° quando nel laterizio si forma una massa di silicati e alluminati complessi insieme ad un principio di vetrificazione.

Con temperature più alte al punto di cottura il mattone comincia a deformarsi e si producono ampie zone vetrificate sulla superficie del laterizio, che poi infine rammollisce e fonde.

I forni per la cottura:



Evoluzione del forno per la cottura delle ceramiche.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

I forni per la cottura:

Evoluzione camera da fuoco in area italiana.

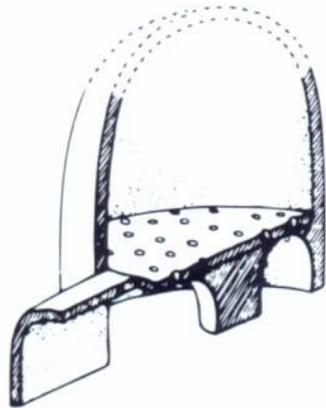
LABORATORIO DI RESTAURO I-RESTORATION WORKSHOP I

Corso di Laurea Magistrale, quinquennale

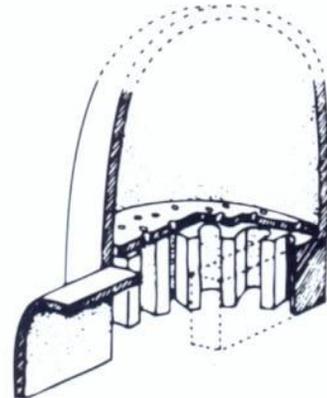
ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)

Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro

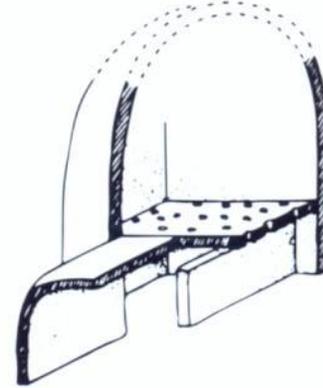
B015351 – a. a. 2019/ 2020



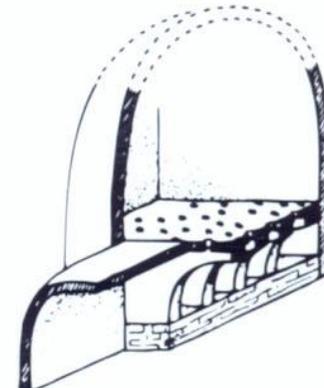
a pilastro centrale



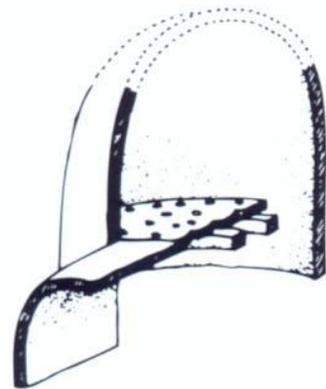
a muretti radiali (a tratteggio
è indicato il muro assiale)



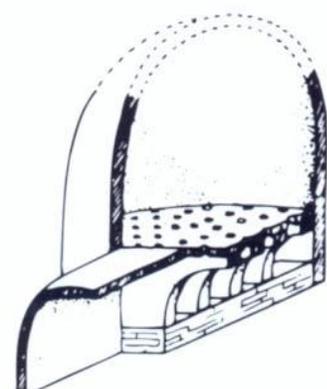
a muro assiale



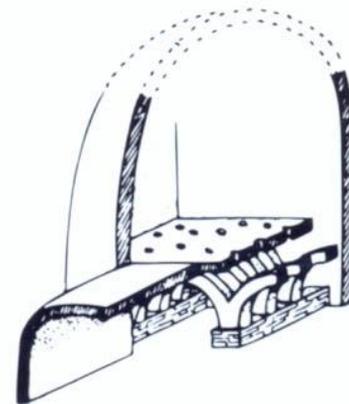
a corridoio centrale



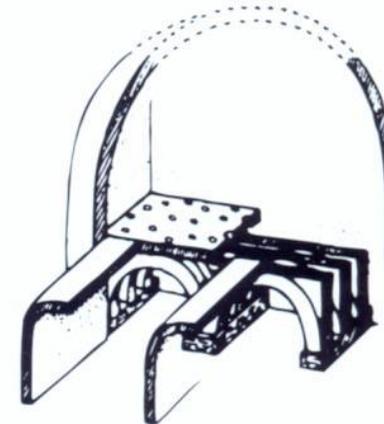
ad archi



a corridoio centrale



a doppio corridoio

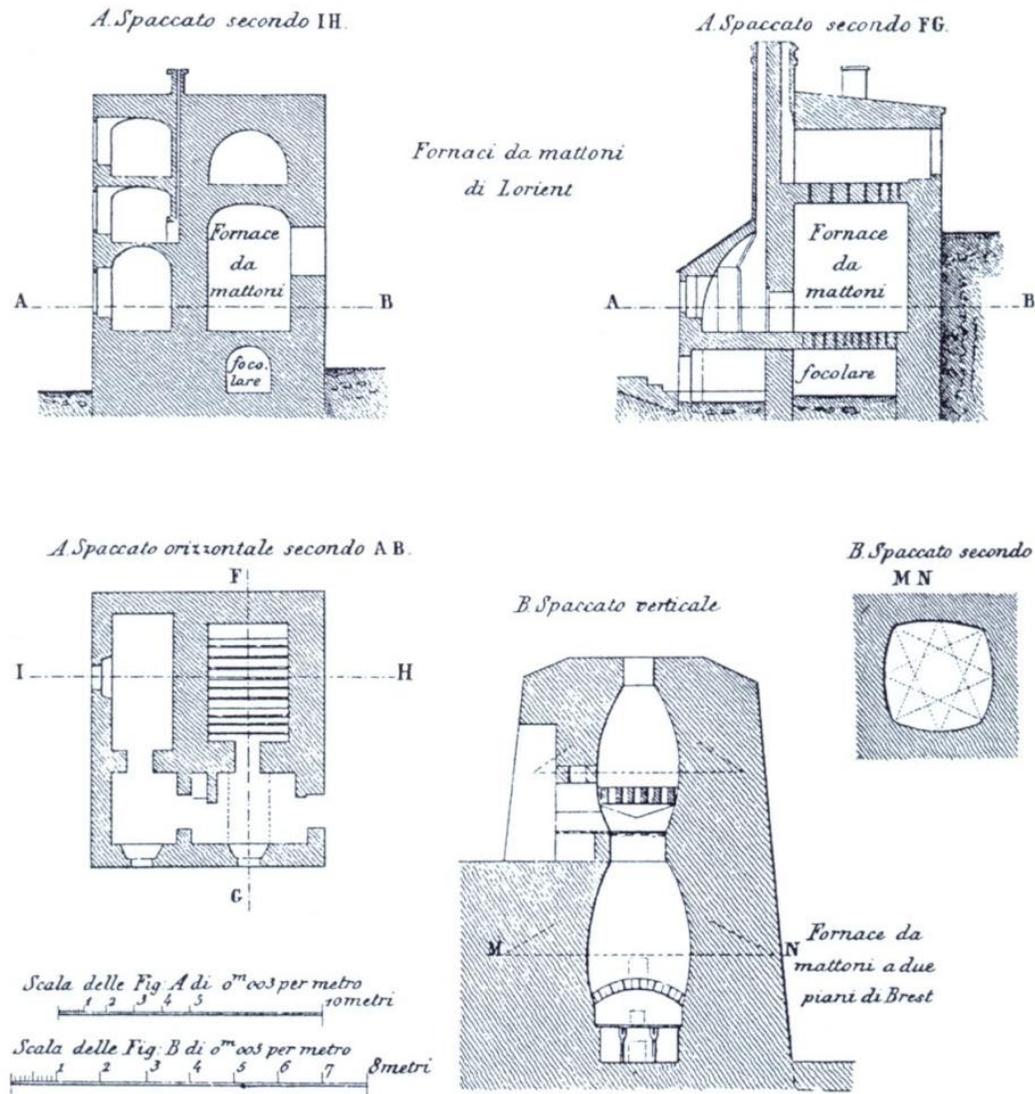


a doppio corridoio e
doppio prefurnio

I forni per la cottura:

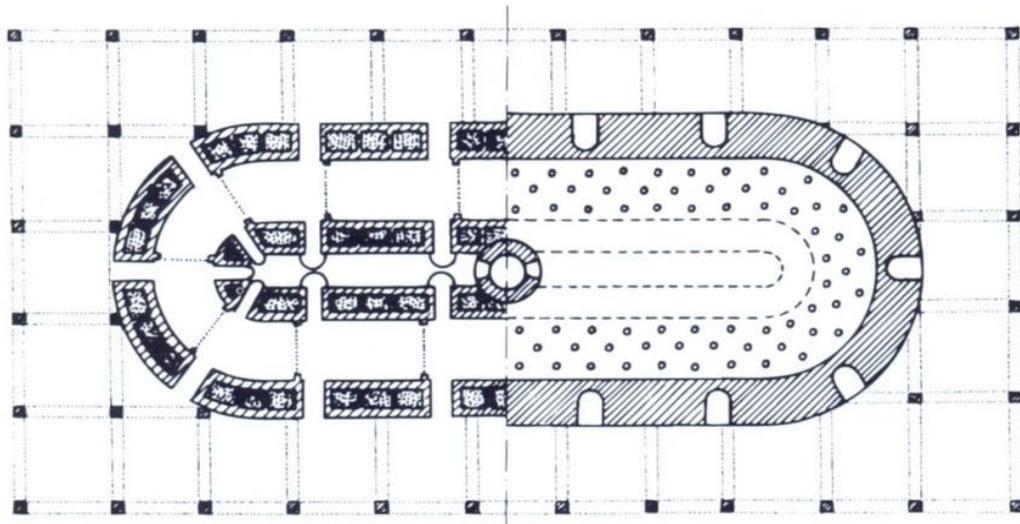
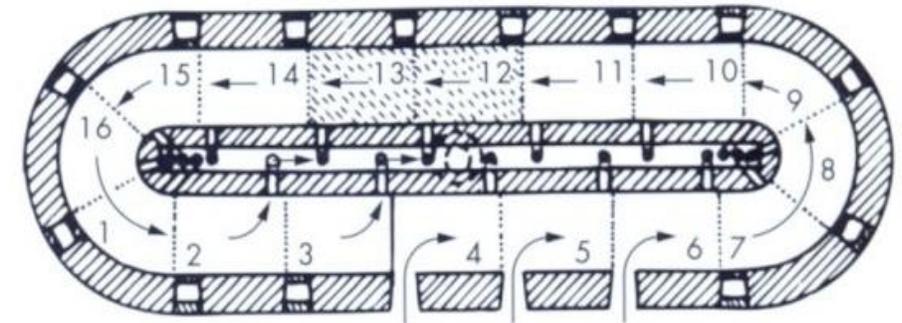
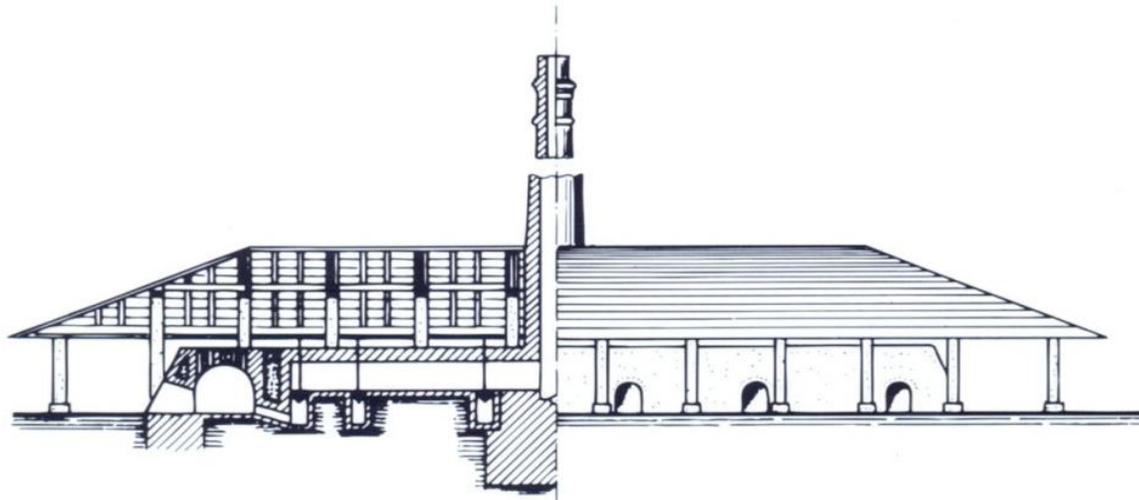
Figure 2 (pagina 19 del testo)

Fornaci da mattoni



Fornace per la cottura di laterizi, inizio XIX secolo in Francia.

I forni per la cottura:



Forno Hoffman.

Il **forno Hoffman** è un sistema produttivo per la cottura di laterizi con funzionamento in continuo, inventata da Friedrich Eduard Hoffmann.

È formato da due gallerie di larghezza variabile a seconda della capacità produttiva, generalmente da 2,3 m sino a 4,6 m, con volta curva o piana in materiale refrattario. Le gallerie sono affiancate e chiuse durante il funzionamento da portoni, e collegate da una apertura su ciascuna delle testate, in modo da permettere il passaggio dei gas da una galleria all'altra.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

I forni per la cottura:

LABORATORIO DI RESTAURO I-RESTORATION WORKSHOP I

Corso di Laurea Magistrale, quinquennale

ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)

Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro

B015351 – a. a. 2019/ 2020

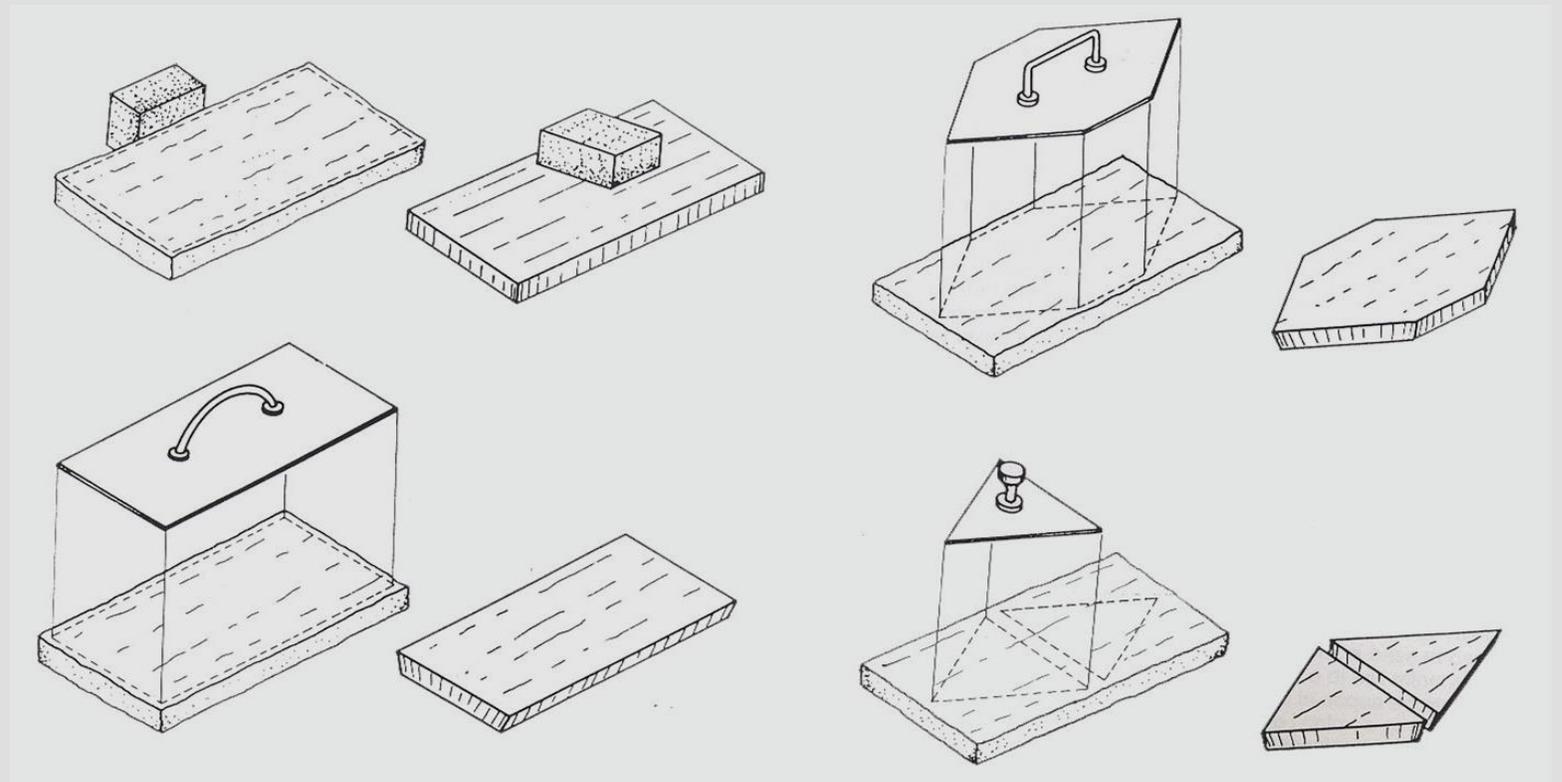


Forno contemporaneo



Lavorazioni speciali e finitura

Per i laterizi da pavimento, il mattone viene arrotato sui lati e sulla faccia a vista per levigarlo e poi tagliato con la matellina e una sagoma metallica, i lati risultano inclinati per far combaciare perfettamente i pezzi.





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

LABORATORIO DI RESTAURO I-RESTORATION WORKSHOP I

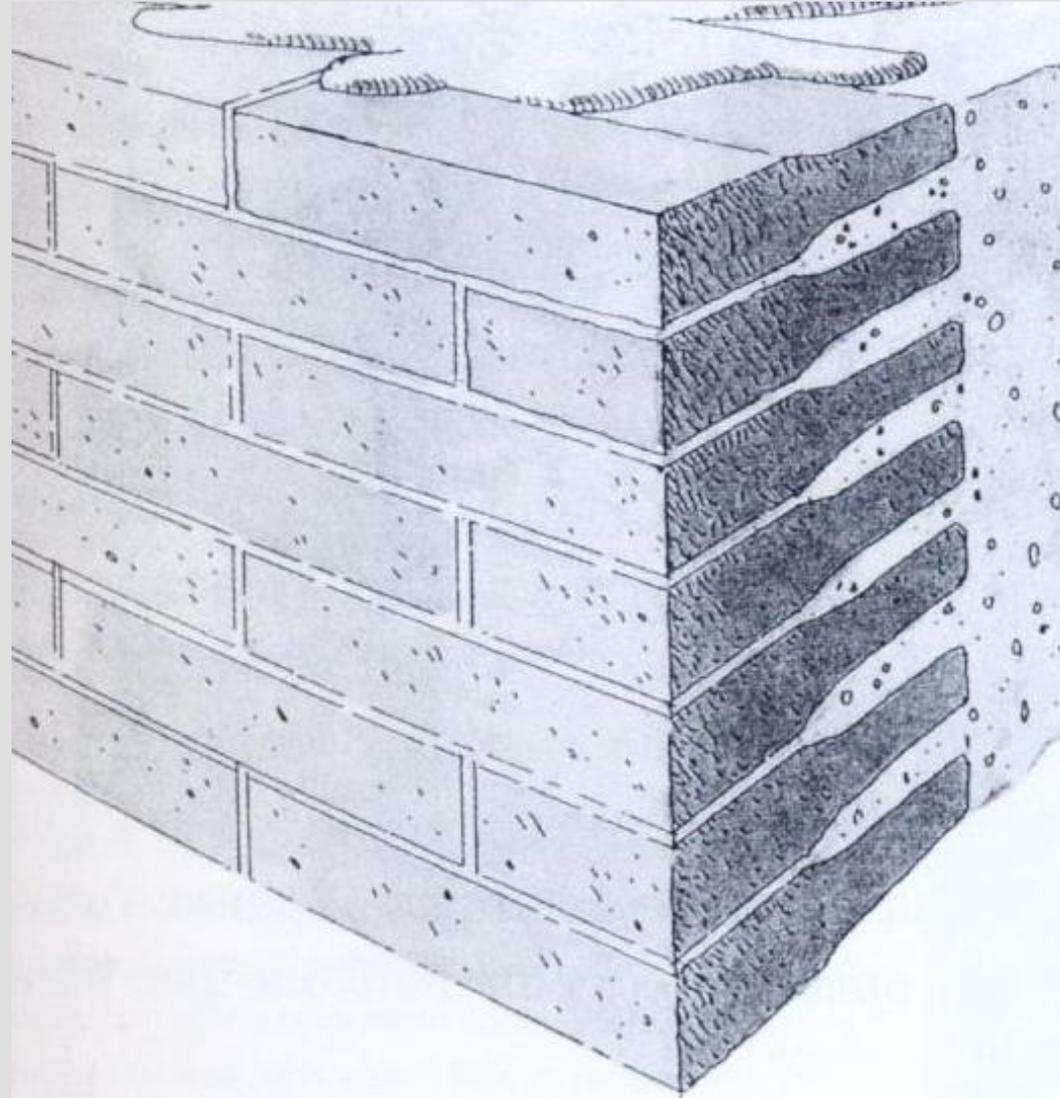
Corso di Laurea Magistrale, quinquennale

ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)

Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro

B015351 – a. a. 2019/ 2020

Per la realizzazione di paramenti faccia a vista i mattoni possono subire una lavorazione che cela in vero spessore del giunto di allettamento, arrivando al “giunto zero”.

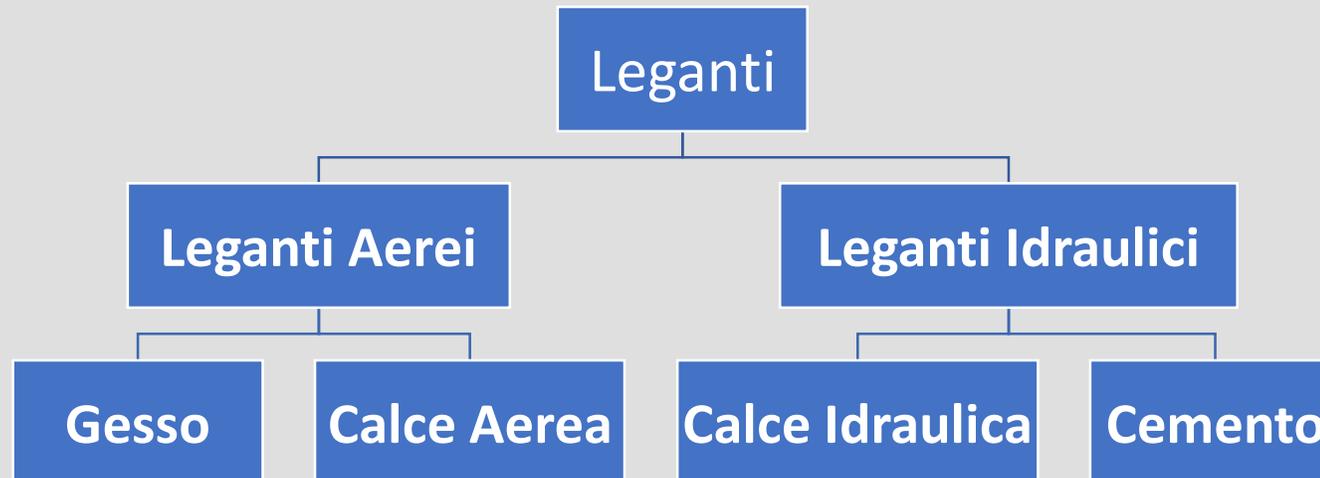




Altre informazioni sui leganti.

I leganti in miscela con acqua ed elementi granulari inerti, formano un composto semifluido denominato malta, che indurendo per le sue proprietà adesive collega tra loro i componenti delle murature, creando un tutto unico dotato di una certa compattezza e in grado di resistere alle sollecitazioni meccaniche e agli agenti atmosferici.

La classificazione tradizionale dei leganti si basa sulla proprietà di rendere duro l'impasto di malta all'aria oppure a contatto con l'acqua.



Legante Aereo

I leganti aerei sono materiali che servono a confezionare malte capaci di far presa e indurire all'aria.

Questa infatti risulta in certi casi essenziale a promuovere le reazioni chimiche di presa e d'indurimento ed è sempre indispensabile a far evaporare l'acqua sia d'impasto sia formatasi in seguito a reazioni chimiche.

Si può far rientrare nei leganti aerei anche l'argilla, impastata con acqua e sabbia, è utilizzata nelle murature in adobe*.

* L'**adobe** o **adobo** è l'impasto di argilla, sabbia e paglia essiccata al sole utilizzata da molte popolazioni in ogni epoca per costruire mattoni. Costruzioni con questa tipologia edilizia sono oggi presenti in Anatolia, Spagna, Italia (Sardegna, Abruzzi e Sicilia) e in molti stati dell'America Centrale e Meridionale.



Gesso

Sebbene le caratteristiche tecniche della calce aerea siano superiori, il gesso viene largamente impiegato nell'edilizia storica soprattutto per la proprietà di fare presa e indurire rapidamente.

L'estrazione

La roccia da gesso naturale è solfato di calcio biidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) più o meno puro. Come sappiamo si tratta di roccia sedimentaria di origine chimica. La varietà maggiormente utilizzata dall'industria di trasformazione è chiamata **selenite**. L'**alabastro gessoso**, usato per la fabbricazione di piccoli oggetti ornamentali, è composto da gesso molto puro.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

LABORATORIO DI RESTAURO II –RESTORATION WORKSHOP II

Corso di Laurea Magistrale, quinquennale

ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)

Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro

B015351 – a. a. 2018 / 2019



Tipica cava a cielo aperto per l'estrazione del gesso



Il parco regionale romagnolo della vena del gesso.





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

LABORATORIO DI RESTAURO I-RESTORATION WORKSHOP I

Corso di Laurea Magistrale, quinquennale

ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)

Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro

B015351 – a. a. 2019/ 2020



Selenite.



Alabastro gessoso.



La cottura o calcinazione

Il gesso utilizzato in edilizia si ottiene trattando a caldo il minerale biidrato in modo che l'acqua di cristallizzazione venga parzialmente o totalmente eliminata.

Se si cuoce la roccia ad una temperatura di 130° si provoca la parziale eliminazione dell'acqua di cristallizzazione e si ottiene del solfato di calcio semiidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$), chiamato **gesso di Parigi** o **gesso cotto**.

Se si eleva la temperatura tra 160° e 180° il minerale perde tutta l'acqua di combinazione dando un prodotto anidro (CaSO_4) usato anch'esso in funzione di legante ordinario.



Ad un innalzamento ulteriore da 300° fino a 900° il gesso si stabilizza diventa poco idratabile e non fa presa, e per questo viene chiamato gesso morto o cotto a morte o bruciato.

Oltre i 900° il gesso contiene calce libera (CaO), i prodotti risultano di presa molto lenta e sono dotati di proprietà idrauliche

La macinazione

Dopo la cottura il gesso viene macinato fino ad ottenere una polvere più o meno grossolana e la sua granulometria dipende soprattutto dal tipo di produzione e dalle impurità della roccia originaria.



I tipi di gesso

La qualità del minerale di partenza, le diverse temperature di cottura e le operazioni di macinazione, più o meno spinte, permettono di ottenere diversi tipi di gesso, che si trovano raggruppati secondo varie denominazioni commerciali.

Gesso d'alabastro o di Volterra.

È ottenuto calcinando a 130° l'alabastro gessoso bianco, composto da solfato di calcio allo stato puro, la polvere è di colore bianco latteo e finissima, per questo è usato nelle produzioni di stucchi, nella statuaria da interno e dove le superfici devono risultare molto levigate.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

LABORATORIO DI RESTAURO I–RESTORATION WORKSHOP I

Corso di Laurea Magistrale, quinquennale

ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)

Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro

B015351 – a. a. 2019/ 2020

Gesso da modellatori o da scultori.

Viene fabbricato con roccia da gesso selezionata e cotta a temperatura non superiore a 180°, la macinatura finissima lo rende adatto alla riproduzione di statue, bassorilievi e vasi decorativi.

Scagliola.

Vengono indicati diversi prodotti derivati dalla macinazione finissima del gesso e caratterizzati da una presa molto rapida.

Indica anche il gesso pigmentato in pasta associato a colle di origine organica con cui è possibile realizzare superfici dure e colorate ad imitazione del marmo.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

LABORATORIO DI RESTAURO I—RESTORATION WORKSHOP I

Corso di Laurea Magistrale, quinquennale

ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)

Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro

B015351 – a. a. 2019/ 2020

Gesso crudo.

Si ottiene il solfato di calcio ricavato dalla roccia anidra non cotta, dopo l'indurimento il gesso risulta sempre di grana grossolana e con minore resistenza rispetto al materiale cotto.

Gesso cotto.

(Ordinario, da muratore, di Parigi, da presa, da fabbrica). E' quello utilizzato normalmente nelle murature e viene prodotto, dopo la sommaria frantumazione, di roccia da gesso non selezionata.

La sua cottura avviene solitamente a 250° in modo che anche i pezzi con dimensioni maggiori abbiano modo di disidratarsi.



Gesso da pavimenti.

(A lenta presa, anidro, idraulico). Si ottiene sottoponendo il minerale a una cottura superiore a 900° e il prodotto ottenuto presenta una certa idraulicità con tempi di presa molto lunghi.

Il gesso dopo la posa in opera, raggiunge il massimo della durezza solo dopo 6 mesi, durante i quali va continuamente bagnato.

Gesso da finire.

Simile al gesso da pavimenti, è adatto alla costruzione di intonaci e di parti decorative a rilievo, a presa ultimata le superfici possono essere levigate e lucidate.

Gesso cotto a morte.

Ottenuto ad una temperatura variabile tra 300° e 900° , è impiegato quasi esclusivamente come polvere inerte.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

LABORATORIO DI RESTAURO I-RESTORATION WORKSHOP I

Corso di Laurea Magistrale, quinquennale

ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)

Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro

B015351 – a. a. 2019/ 2020



Gesso in polvere prima di essere idratato.



Restauro di antiche decorazioni in gesso.



Calce aerea

È un legante aereo, chiamato anche calcina comune, che una volta mescolato con acqua, può indurire solo se esposto all'aria.

Il suo processo produttivo presenta maggiori difficoltà rispetto a quello del gesso a causa della maggiore temperatura di calcinazione.

L'estrazione

La materia prima per la fabbricazione della calce aerea è la roccia calcarea con un contenuto di carbonato di calcio (CaCO_3) superiore al 95%, tutti gli autori dei trattati tecnici, antichi e moderni, sono concordi nell'affermare che la calce aerea è tanto migliore quanto più è bianco il calcare destinato alla calcinazione.

L'estrazione è condotta con sistemi tradizionali di cave di monte allo scoperto con struttura a mezza costa situata in posizione favorevole.



La Fabbricazione

Come prima operazione del ciclo produttivo tradizionale della calce, la pietra calcarea viene calcinata (sottoposta a cottura) in forni appositi, ad una temperatura oscillante tra 900° e 950°; ciò provoca la decomposizione endotermica del carbonato di calcio nella formula:



durante questa fase si forma **ossido di calcio** o **calce viva** (CaO) e l'anidride carbonica fuoriesce dal forno provocando un calo ponderale del 44% circa, a cui corrisponde una diminuzione della massa calcarea del 20%.



Le caratteristiche del prodotto finale dipendono da diversi fattori; tra questi il più importante è la compattezza della roccia, in grado di limitare la reazione di decomposizione, sovente nelle fornaci la temperatura raggiunge i 1100° per effettuare la cottura dei frammenti più grossi.

Solo con una cottura “dolce” però i cristalli rimangono di piccole dimensioni necessarie per condurre in modo corretto e completo la successiva idratazione.

Al di sopra dei valori ottimali l’idratazione si completa solo con difficoltà, ad eccesso di calore non reagisce più con l’acqua diventando “bruciata” o “cotta a morte”.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

LABORATORIO DI RESTAURO I—RESTORATION WORKSHOP I

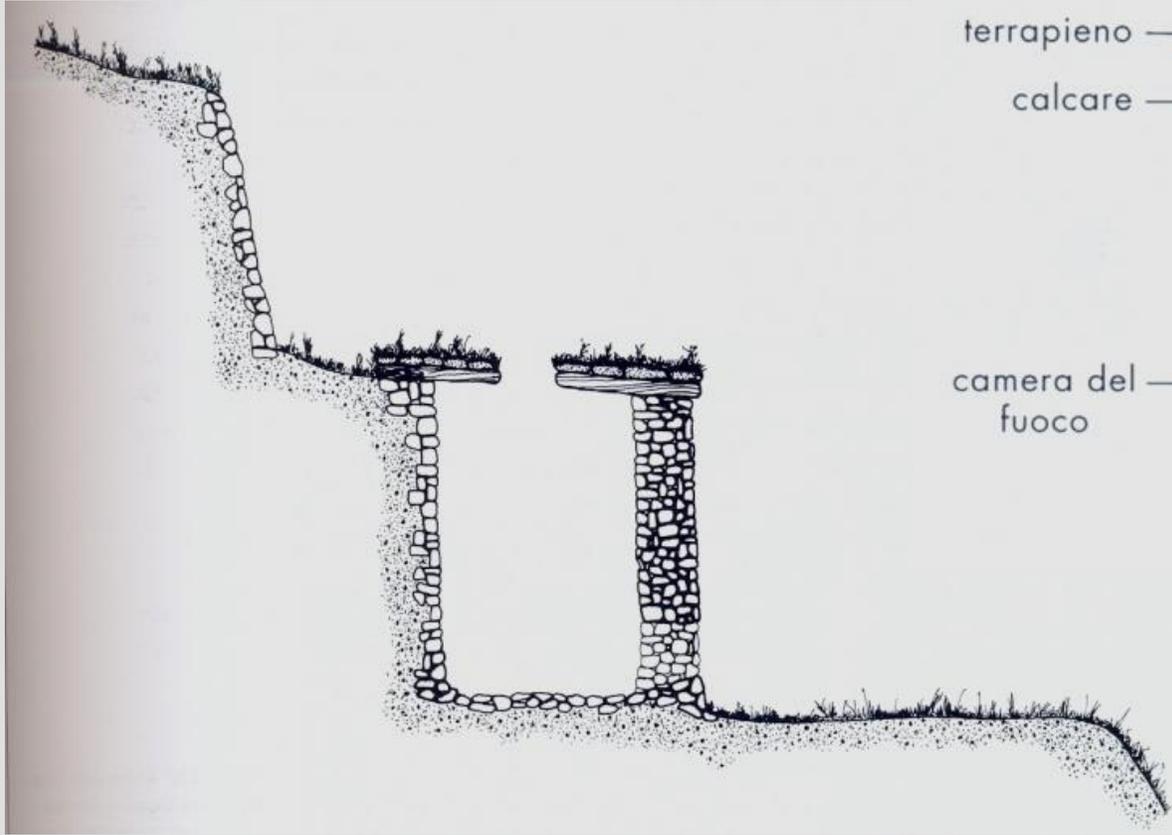
Corso di Laurea Magistrale, quinquennale

ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)

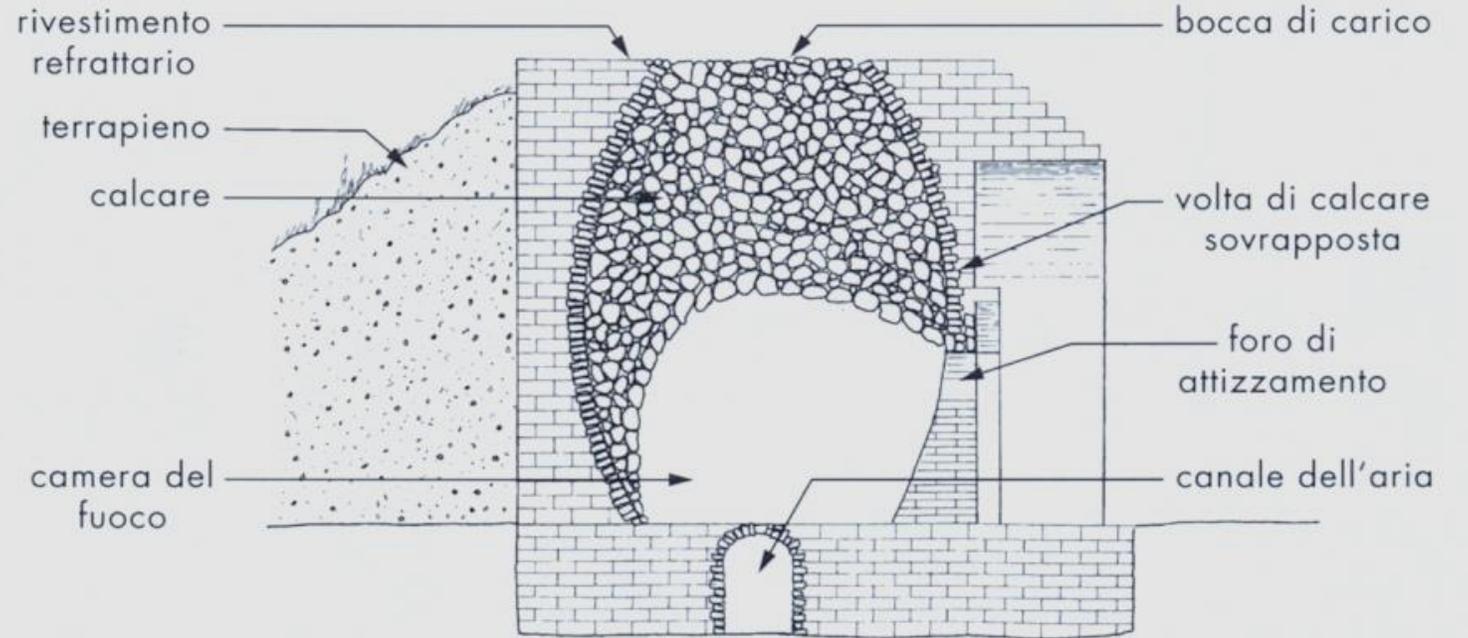
Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro

B015351 – a. a. 2019/ 2020

Forni da calce



Calcinaia a pozzo.



Forno ad imbuto del XVIII secolo.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

Forni da calce

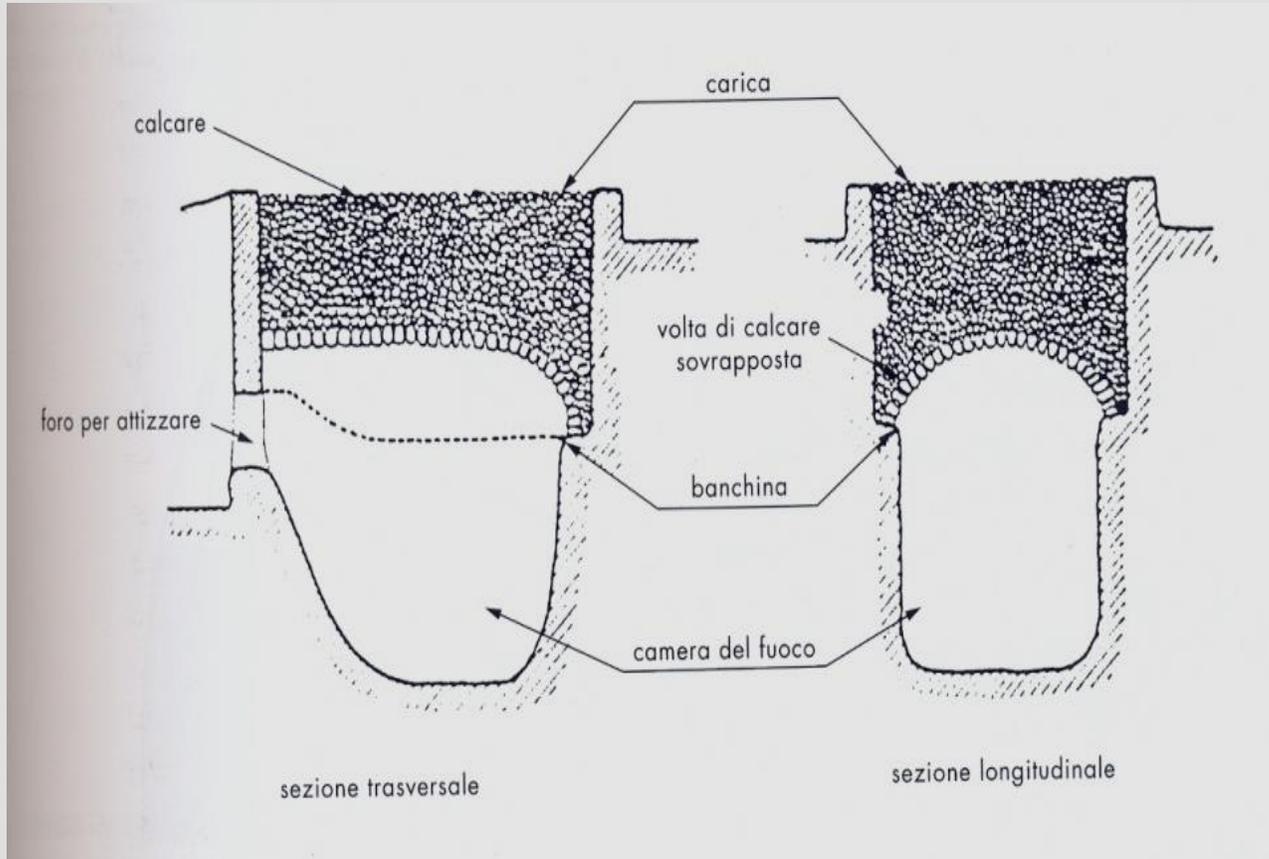
LABORATORIO DI RESTAURO I-RESTORATION WORKSHOP I

Corso di Laurea Magistrale, quinquennale

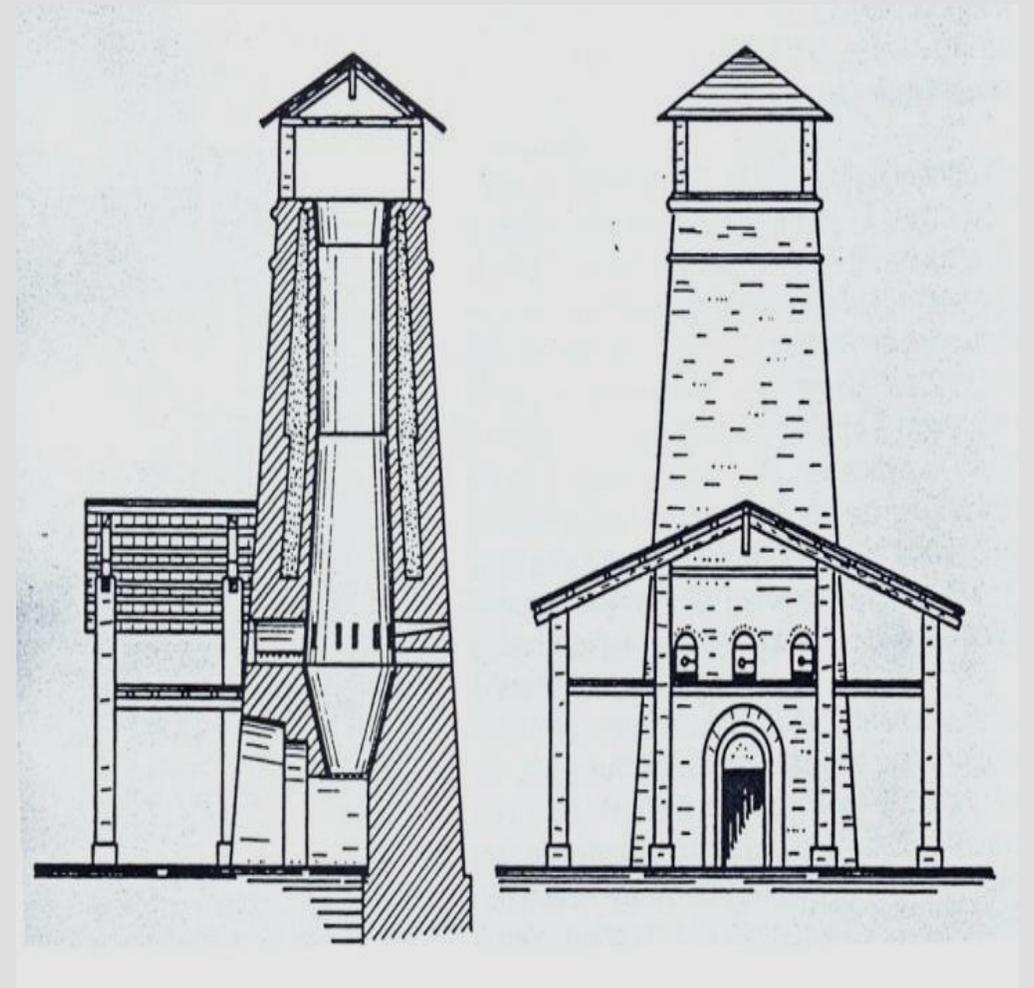
ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)

Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro

B015351 – a. a. 2019/ 2020



Schema costruttivo del forno di Iversheim.

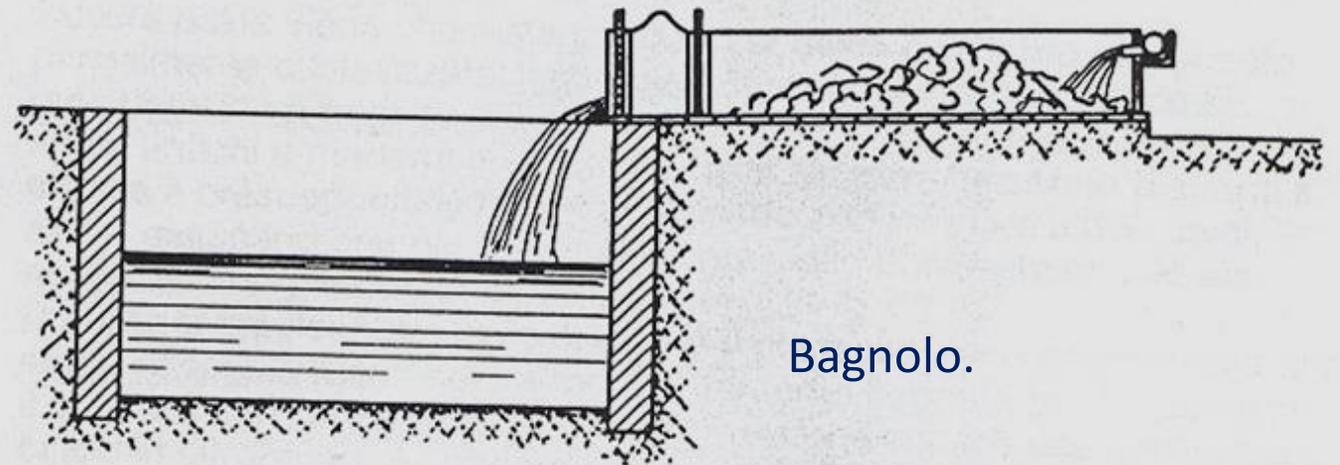
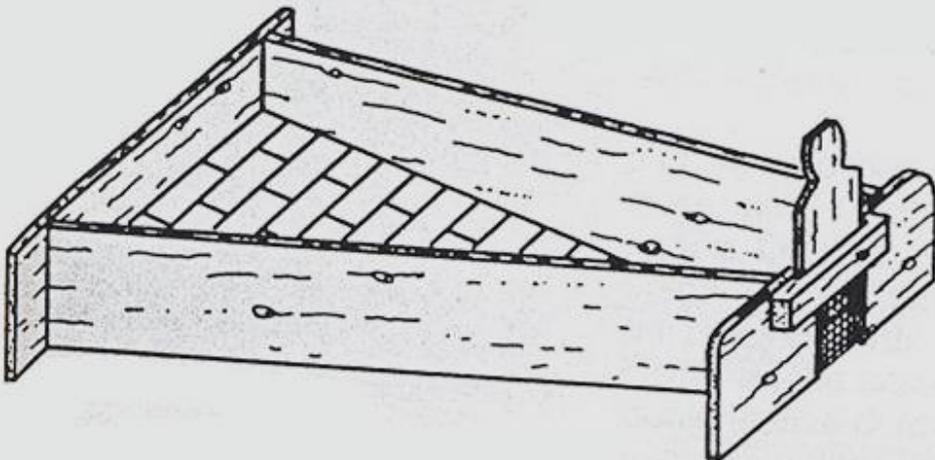


Forno a fuoco continuo.



Lo spegnimento

La calce viva, per poter essere utilizzata, va sottoposta ad un processo di spegnimento: solo così si ottiene un composto plastico e lavorabile che in presenza di aria, tende ad indurire, secondo la formula $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + 15,6 \text{ Kcal}$. La combinazione è esotermica, cioè genera calore, e il prodotto finale è idrato di calcio, chiamato generalmente calce spenta o calce idrata.





Già i Romani ed i Fenici avevano imparato ad usare la calce come materiale da costruzione, mescolata con la sabbia a formare la malta. Vitruvio, nella sua opera *De architectura* ne descrive la produzione a partire da pietre bianche, cotte in forni (le calcare) dove perdono peso (oggi sappiamo in conseguenza della liberazione di anidride carbonica). Il materiale ottenuto, la calce viva, era poi "spenta" gettandola in vasche piene d'acqua.

Inizialmente adoperata nella forma di "calce aerea" (che indurisce solo se a contatto con aria) venne successivamente mischiata con frammenti di argilla cotta (vasellame, mattoni ecc.) oppure a pozzolana, una roccia di origine vulcanica, diffusa in varie località del Lazio, della Campania e della Sicilia. In genere costituita da un tufo poco coerente, a grana fine originato da lapilli e da ceneri vulcaniche debolmente cementate dall'azione degli agenti atmosferici. Avevano così origine le "malte idrauliche", sebbene a base di calce aerea.



Le zolle di buona qualità si riconoscono perché leggere e di colore bianco o biancastro, con una consistenza abbastanza compatta anche se di aspetto farinoso.

Lo **spegnimento** per **fusione** avviene posando le zolle di calce in recipienti chiamati bagnoli, dove viene impastata con una quantità di acqua molto superiore a quella necessaria per ottenere l'idrato.

Le zolle, mescolate con una zappa chiamata *marra*, si gonfiano e si disgregano, riducendosi in impasto fluido con forte produzione di calore.

Quando tutto il contenuto del bagnolo è ridotto a una poltiglia fluida, viene innalzata la saracinesca e la calce spenta cola nella sottostante fossa, detta vasca da calce o calcinaia.



La calce è pronta per la **stagionatura**, periodo durante il quale finisce di idratarsi, dopo qualche giorno si trasforma in una pasta di colore bianco, con consistenza morbida e untuosa, già dotata di proprietà adesive, detta **grassello di calce**, la stagionatura ha una durata variabile da un minimo di 2 mesi fino a oltre 3 anni.

Durante la stagionatura si ricopre il grassello con uno strato di sabbia, con uno strato di acqua oppure si fa formare una crosta per evitare il contatto con l'aria.



Altro metodo di spegnimento della calce viva in uso e quello detto per **aspersione**, dove le zolle di calce vengono collocate in un bacino circolare e coperta di sabbia e successivamente bagnata, in modo che il vapore acqueo prodotto dalla reazione chimica rimanesse imprigionato e aiutasse lo spegnimento.

Ultimo metodo è quello per **immersione**, in cui le zolle di calce ben sminuzzate venivano collocate all'interno di panieri, calati in acqua, cosicché la calce si idrati quanto basta per sfiorire e ridursi in polvere che può essere conservata per lungo tempo in barili.

Dal metodo di spegnimento per fusione si ottengono altri due prodotti in uso nell'edilizia, il **latte di calce** e l'**acqua di calce**, cioè particelle di calce idrata in sospensione nell'acqua eccedente.



Calce idraulica

La calce idraulica permette di confezionare malte adatte a far presa ed indurire non solo in presenza d'aria, ma anche in presenza di acqua o in ambienti molto umidi, in quanto nella sua composizione intervengono sia la calce viva che una miscela di silicati, alluminati e ferriti di calcio.

L'estrazione

Le calce idrauliche sono ricavate dalla calcinazione di rocce naturali calcareo - marnose che contengono argilla in percentuale variabile dal 6% a 20%. Un prodotto di analoga composizione si può ottenere ricorrendo a miscele artificiali, in cui al calcare puro frantumato vengono aggiunte determinate percentuali di argilla.



Calcinazione e spegnimento

I forni adoperati per la produzione di calce idraulica sono simili a quelli impiegati nella produzione delle calce aeree, ma la temperatura oscilla tra 900° e 1000° , la quantità di calore, insieme al tempo di cottura, varia in funzione del tenore di minerali argillosi presenti nella roccia.

A cottura avvenuta le zolle calcinate si presentano di colore variabile dal grigio al giallognolo, contengono una miscela di silicati, di alluminati e ferriti di calcio a struttura complessa, insieme a una frazione consistente di calce viva libera.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

LABORATORIO DI RESTAURO I—RESTORATION WORKSHOP I

Corso di Laurea Magistrale, quinquennale

ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)

Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro

B015351 – a. a. 2019/ 2020

La trasformazione della calce viva in idrata risulta indispensabile affinché il processo non avvenga in opera con rigonfiamento e frantumazione della malta dopo la presa.

Le calci **debolmente idrauliche** o **mediamente idrauliche** vengono estinte in bagnoli simili a quelli della calce aerea, con sviluppo di poco calore e ottenendo un prodotto simile al grassello ma meno untuoso.

Le calci **eminamente idrauliche** vengono spente spruzzando un quantitativo minimo indispensabile per provocare la sfioritura.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

LABORATORIO DI RESTAURO II –RESTORATION WORKSHOP II

Corso di Laurea Magistrale, quinquennale

ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)

Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro

B015351 – a. a. 2018 / 2019

Cemento

È un legante idraulico in grado di indurire sia all'aria che sott'acqua; viene ricavato sottoponendo ad elevata temperatura una miscela naturale o artificiale composta da calcare e argilla.

L'origine dell'industria del cemento coincide con le ricerche fatte da un ingegnere inglese, John Smeaton, nel 1756 per la costruzione del faro di Eddystone.

Il primo vero cemento venne prodotto nel 1846 da Isaac Charles Johnson.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

LABORATORIO DI RESTAURO I—RESTORATION WORKSHOP I

Corso di Laurea Magistrale, quinquennale

ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)

Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro

B015351 – a. a. 2019/ 2020

L'estrazione

La pietra da cemento è un calcare marnoso simile a quello con cui viene prodotta la calce idraulica, date le forti variazioni delle proporzioni dei componenti si preferisce ricorrere a miscele artificiali.

La componente di argilla è superiore al 20%.

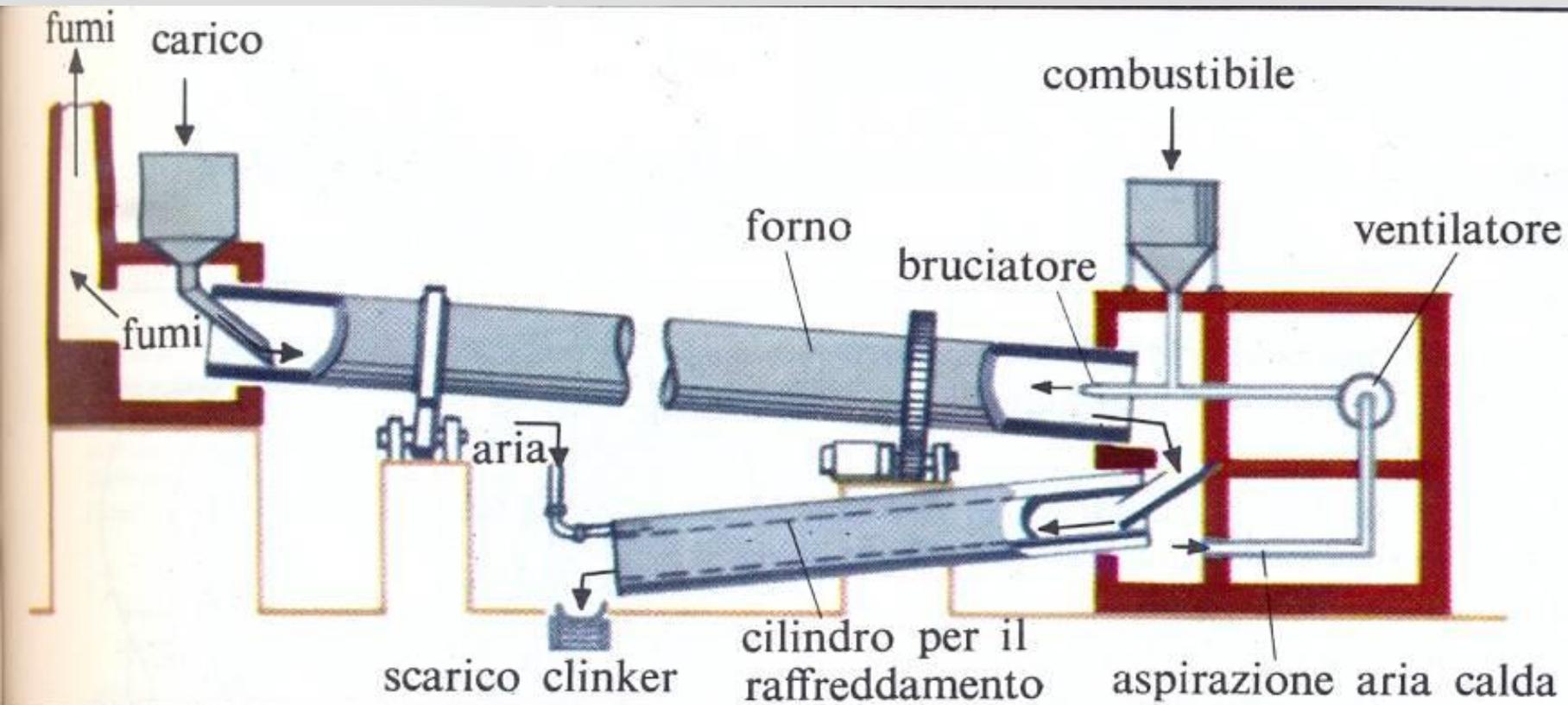


Produzione del cemento

Nei moderni cementifici, si usa miscelare accuratamente i calcari e le argille aggiungendo dei “correttivi”, la miscela viene cotta in forni rotativi che raggiungono una temperatura di 1500° dove i componenti si combinano e formano il **clinker** di cemento sotto forma di masserelle incandescenti.

Il clinker viene finemente macinato e corretto con del gesso per regolare l'idratazione.

Infine viene insacchettato per la conservazione al riparo dall'umidità ambientale che ne inizia la presa.



Sezione trasversale forno rotativo.