

3

# Modulo di **T**ecnologia dei **M**ateriali

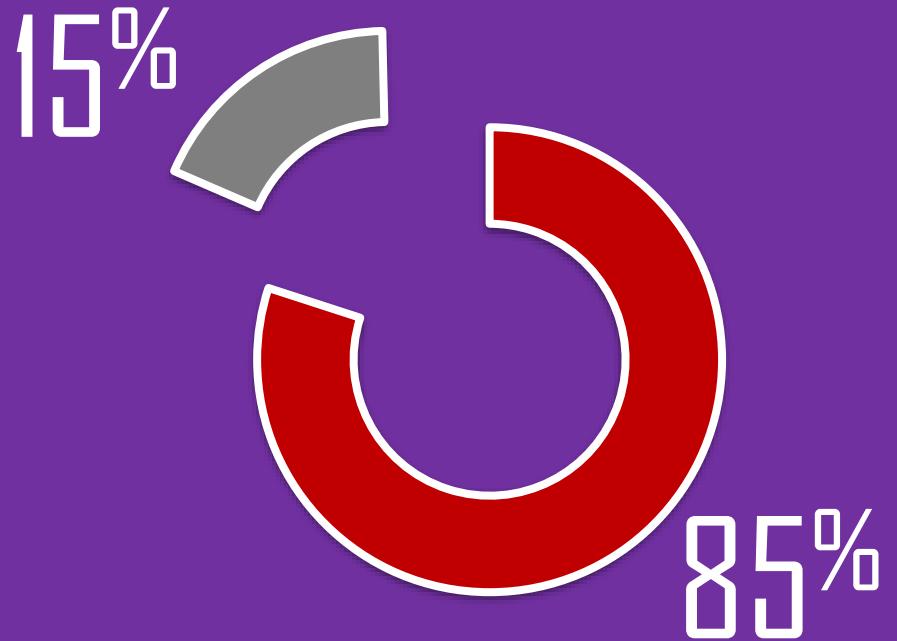
Docente: Dr. Giorgio Pia

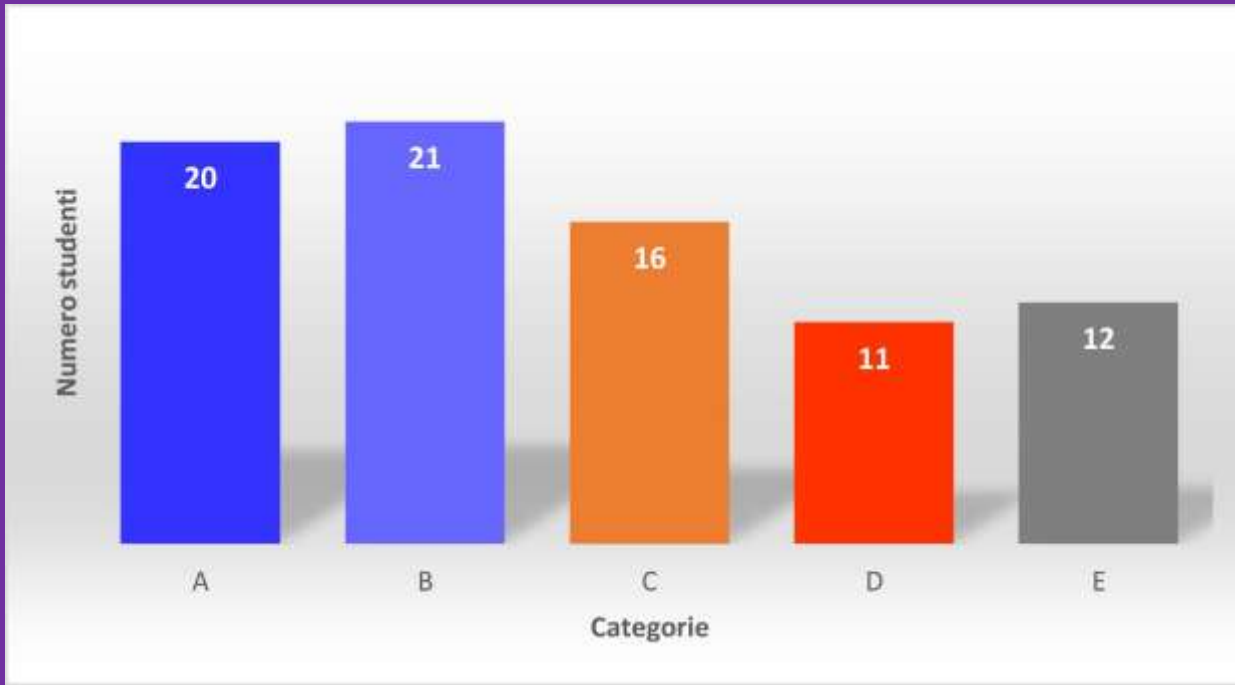
Esame...



## Prima\_Prova

La prima prova consisterà in un test scritto nel quale verrà verificata la conoscenza teorica della materia e la capacità di risolvere esercizi numerici riguardanti il programma svolto a lezione.

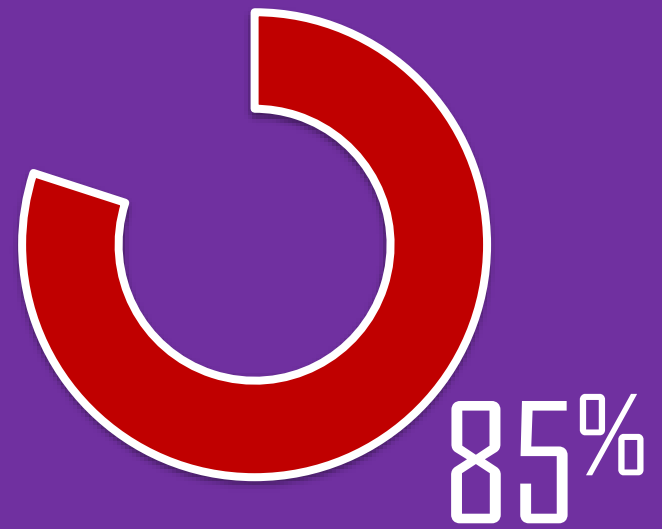






## Seconda\_Prova

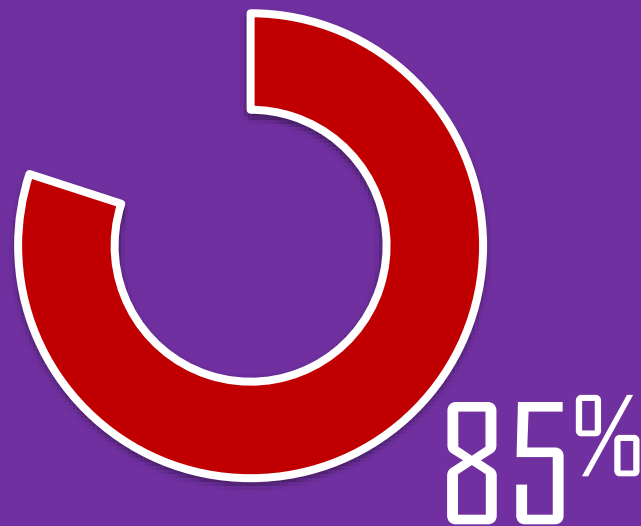
La seconda prova consisterà in un test scritto nel quale verrà verificata la conoscenza teorica della materia e la capacità di risolvere esercizi numerici riguardanti il programma svolto a lezione.





## Possibilità **Rifiuto**

Gli studenti che hanno superato la prova, se non soddisfatti del voto, possono rifiutarlo.





## Prima\_Prova

La prima prova consisterà in un test scritto nel quale verrà verificata la conoscenza teorica della materia e la capacità di risolvere esercizi numerici riguardanti il programma svolto a lezione.

15%



85%



Second Prova



Prova Finale

# Corso di Tecnologia dei Materiali

Docente: Dr. Giorgio Pia



# ***I MATERIALI ARTIFICIALI ANTICHI***

***I Leganti***

---

# *I Leganti*

---

*Il termine “legante” indica tradizionalmente dei materiali da costruzione di natura inorganica che:*

**1**

*sono prodotti artificialmente per trattamento ad alta temperatura (bollitura, cottura, calcinazione, a seconda dei casi) di rocce disponibile sulla superficie terrestre quali gessi, calcari e argille;*

---

**2**

*impastati con acqua, spesso in forma di polveri, danno una massa inizialmente plastica, lavorabile, sagomabile ed adesiva anche rispetto alle superfici delle pietre e dei mattoni con i quali sono eventualmente poste a contatto (allettamento) o congiuntamente impastati (roccia “fusa”; con la sabbia si ottengono le malte, con sabbia e ghiaia si ottengono i calcestruzzi);*

---

**3**

*nel tempo, a temperatura ambiente, la massa inizialmente plastica si trasforma spontaneamente, tramite reazioni chimiche (idratazione, idraulicità) in un solido monolitico, cioè si consolida attraverso due fasi dette di presa e indurimento, serrando (legando) l’eventuale granulato (malte e calcestruzzi);*

---

# ***I Leganti***

---

***Il termine “legante” indica tradizionalmente dei materiali da costruzione di natura inorganica che:***

**4**

***se i fenomeni di presa e di indurimento e l'impiego permanente possono avvenire solamente all'aria (non immersi anche nell'acqua) si ha la classe dei leganti aerei: i gessi e le calci;***

---

**5**

***se invece è possibile anche l'utilizzo in acqua (nella realizzazione di opere idrauliche o portuali) si hanno le classi delle calci con pozzolana, delle calci idrauliche, dei cementi idraulici; quest'ultima classe è anche quella che permette di conseguire le più alte prestazioni meccaniche di durabilità.***

---

***Materiali dell'Edilizia Storica***

---

***I MATERIALI ARTIFICIALI ANTICHI***

---

***Il Gesso***

---

## ***Il Gesso***

---



***Chiesa gotica (Nord Germania) realizzata con malte in gesso ottenuto ad alta temperatura***

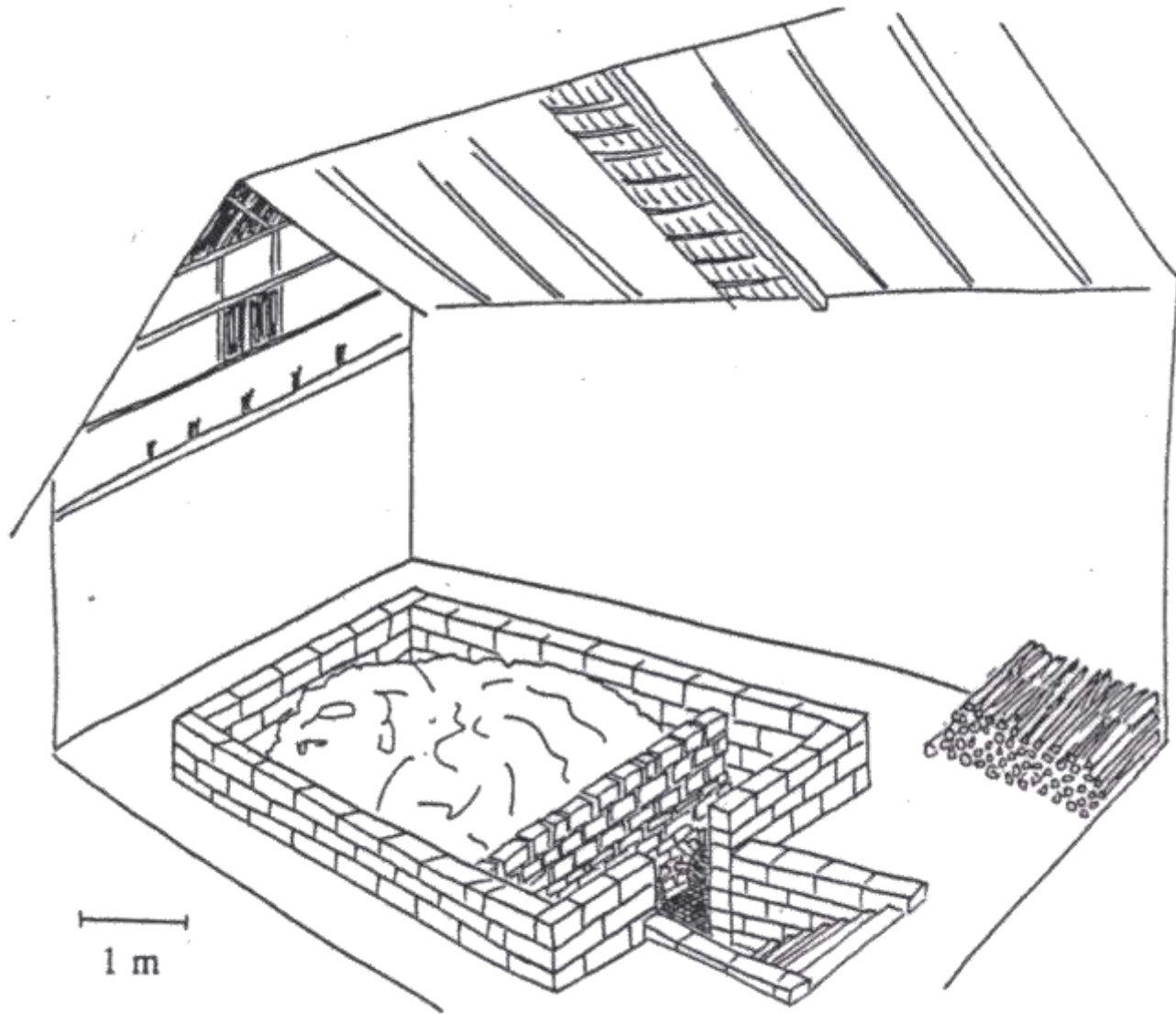
## ***Il Gesso***

---



***Sezione di un campione (Sud Germania) di malta con aggregato e matrice in gesso***

## ***Il Gesso***



***Forno per la cottura del gesso ad alta temperatura in Germania, in opera fino al 1930***

## ***Il Gesso***



***Forno per la cottura del gesso ad alta temperatura in Germania, in opera fino al 1930***

# Il Gesso



È prodotto a partire dalla pietra da gesso (*sedimentarie* → *evaporitiche*) costituita prevalentemente da  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  e da impurezze quali silicati, alluminati, quarzo ossido di ferro in quantità non superiore al 10%.

Estratto in blocchi → macinato → *cotto*

## COTTURA

120÷150 °C  
emidrato



**Gesso cotto**

160÷180 °C  
anidrite



Oltre 250°C  
anidrite  
insolubile

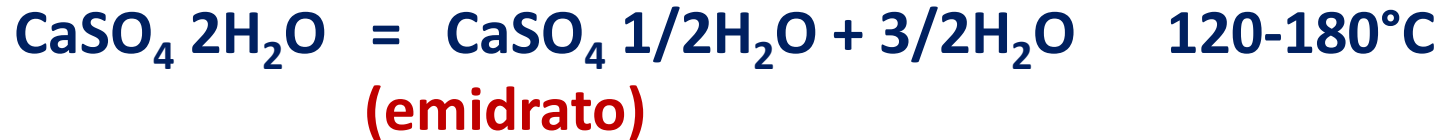
**Cristalli a bassa solubilità**  
**Gesso cotto a morte**

# // Gesso

---

## *idratazione*

---



$\alpha$  se l'operazione è condotta in ambiente umido;  
Grossi cristalli aghiformi e prismatici

$\beta$  se l'operazione è condotta in ambiente secco;  
Cristalli minutissimi



**Per temperature superiori a 1200°C l'anidrite insolubile di dissocia:**



**La presenza di CaO rende possibile l'idratazione dell'anidrite insolubile**

**A 1350 °C il calcio fonde**

**emidrato**                      *per la completa idratazione è necessario il **18.7%** di acqua*

**anidrite**                      *per la completa idratazione è necessario il **24.0%** di acqua*

**emidrato + anidrite**      *In questo caso la percentuale di acqua dipenderà dal mix*

***Il gesso cotto ad alte temperature può avere dei nuclei di anidrite insolubile non idratata***

# Il Gesso

---

## idratazione

---

*In tutti i loro usi le varie forme del gesso sono basate sulla capacità legante sviluppata a seguito della reazione di reidratazione:*

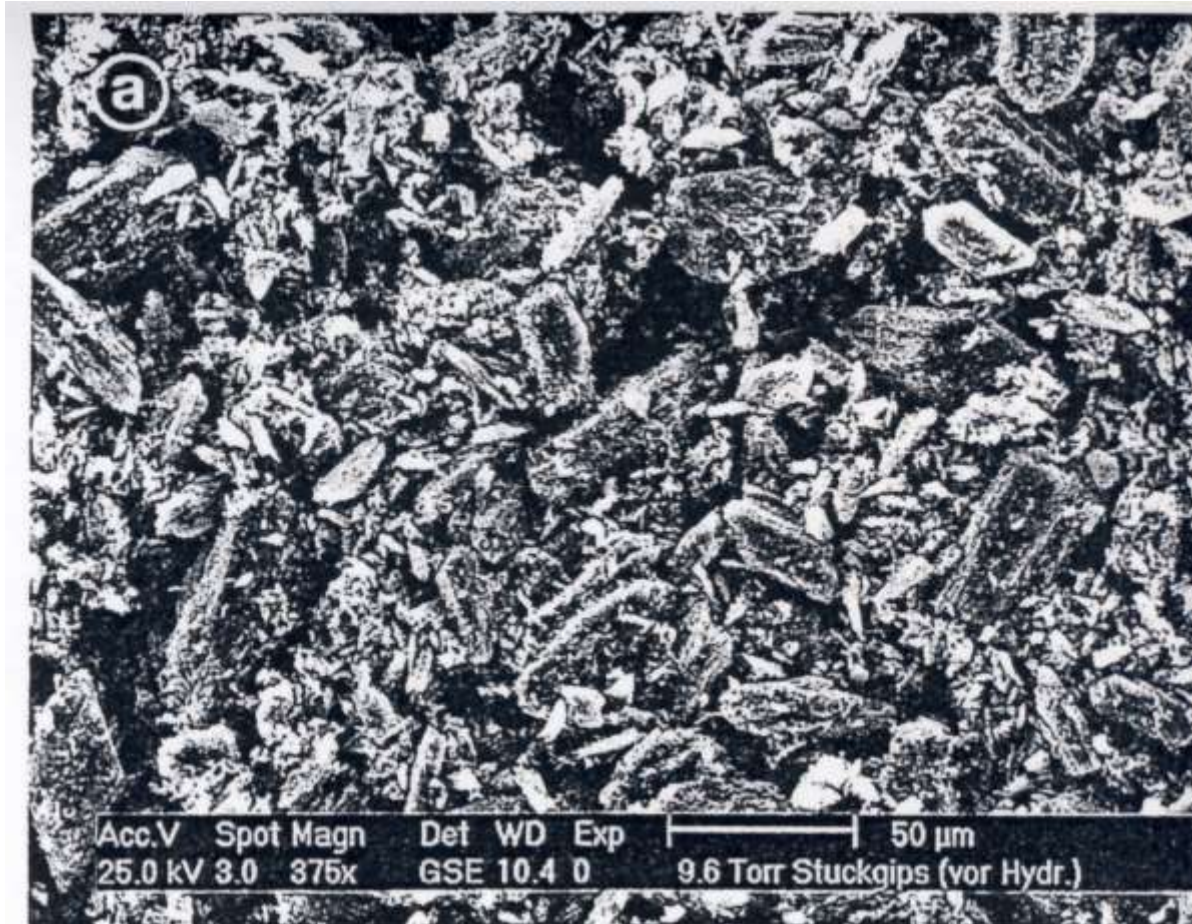


*Il prodotto finale dell'idratazione è identico a quello di partenza*

# Il Gesso

## Resistenza meccanica

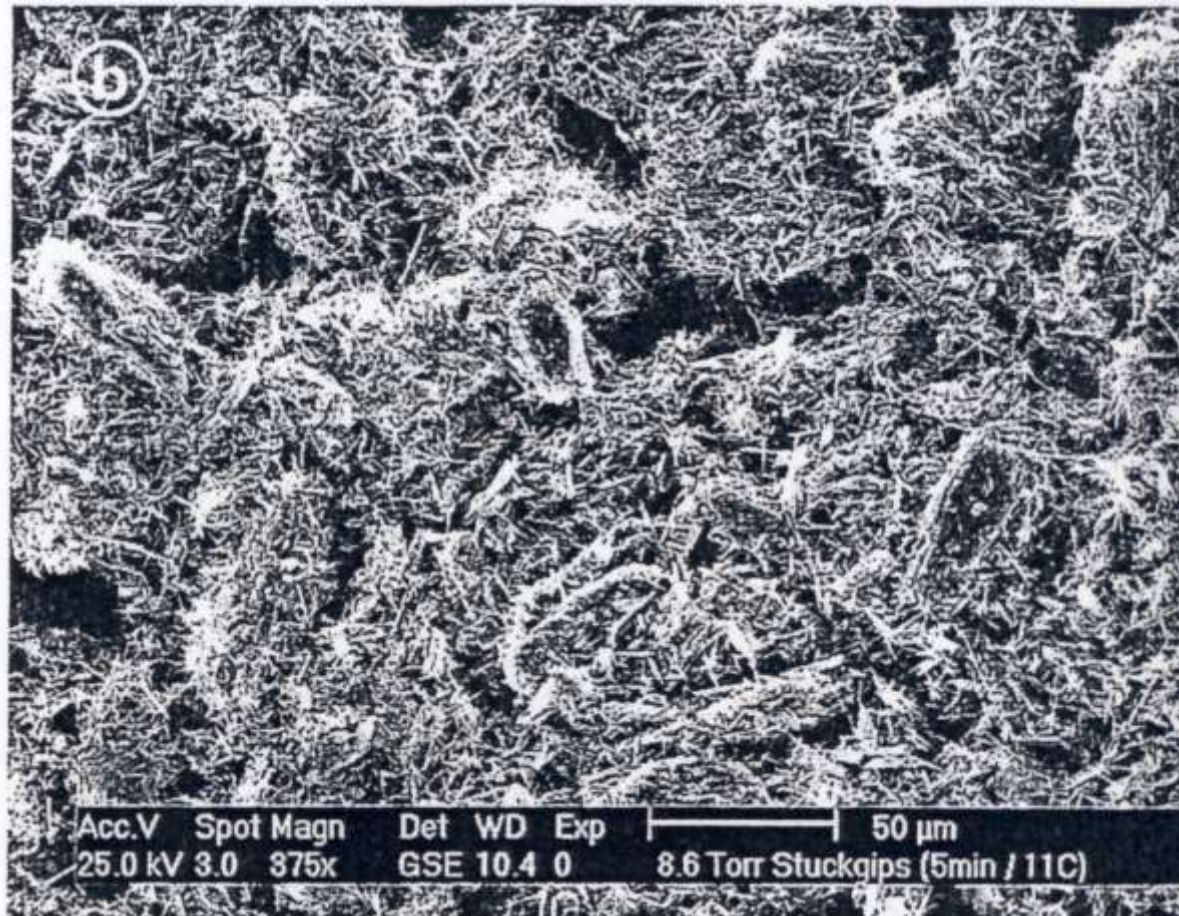
*Il solfato di calcio bi-idrato così formato precipita sotto forma di microcristalli aghiformi fittamente intrecciati capaci quindi di manifestare proprietà leganti*



# Il Gesso

## Resistenza meccanica

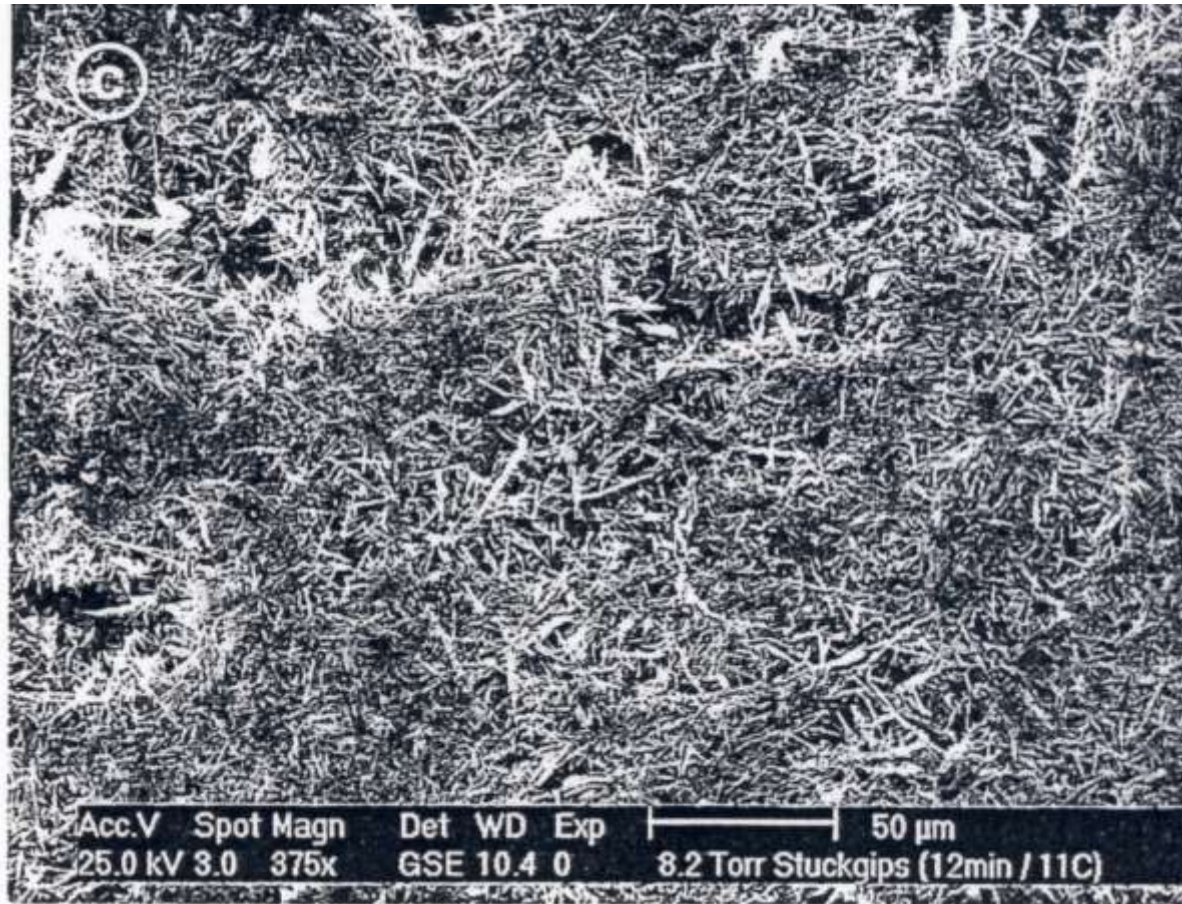
*Il solfato di calcio bi-idrato così formato precipita sotto forma di microcristalli aghiformi fittamente intrecciati capaci quindi di manifestare proprietà leganti*



# Il Gesso

## Resistenza meccanica

***Il solfato di calcio bi-idrato così formato precipita sotto forma di microcristalli aghiformi fittamente intrecciati capaci quindi di manifestare proprietà leganti***



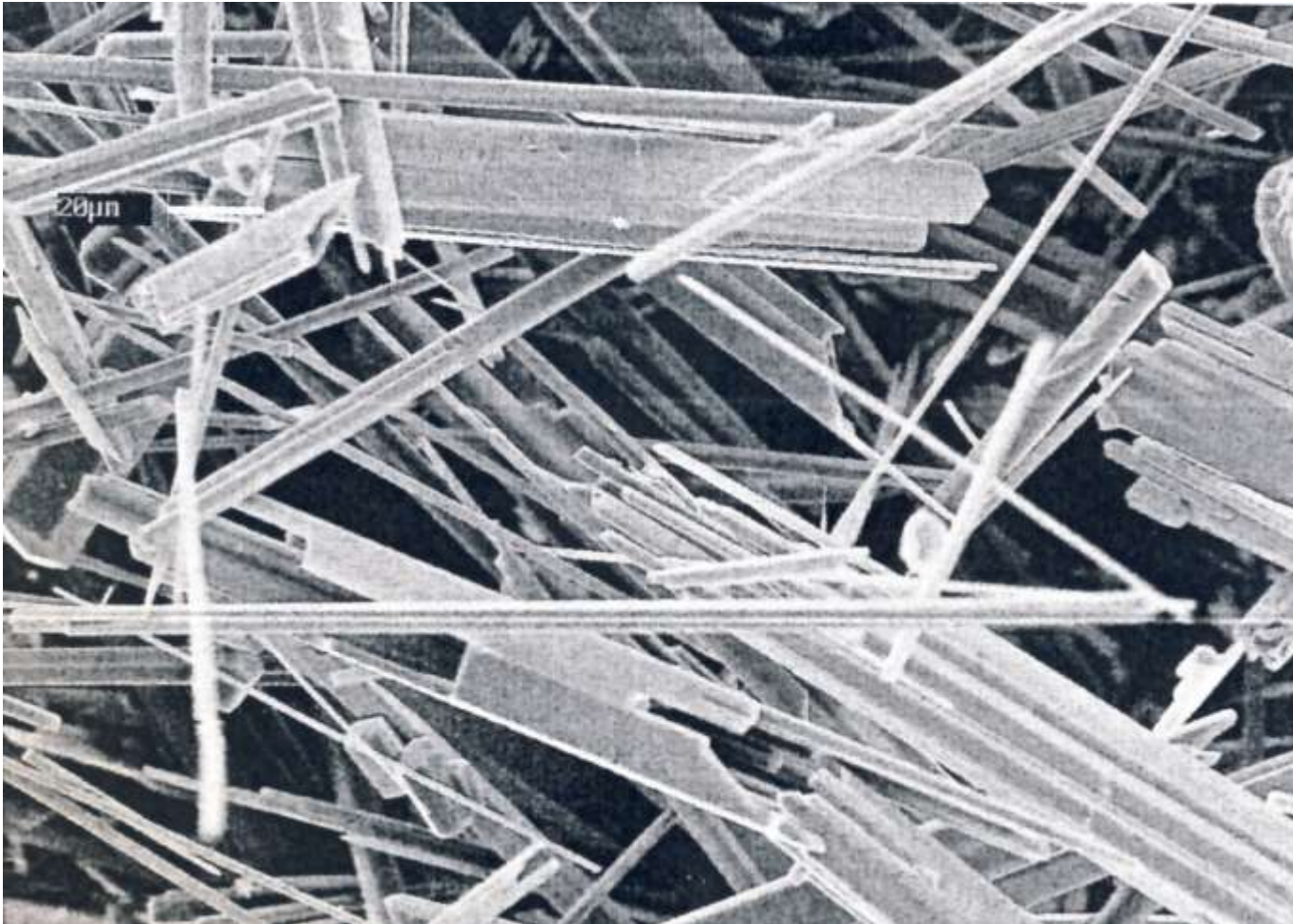
# **Il Gesso**

---

## ***Resistenza meccanica***

---

***Il solfato di calcio bi-idrato così formato precipita sotto forma di microcristalli aghiformi fittamente intrecciati capaci quindi di manifestare proprietà leganti***



# **Il Gesso**

---

## **Resistenza meccanica**

---

**La resistenza meccanica è influenzata dal:**

**rapporto acqua/gesso**

**Contenuto di umidità relativa nell'ambiente dove avviene l'idratazione  
(valori elevati ne riducono la resistenza)**

**La UNI 8377 prevede misure di resistenza a flessione, resistenza a compressione e durezza. Ad esempio la resistenza a compressione a 7 giorni di stagionatura deve essere pari almeno a 7 MPa**

# **Il Gesso**

---

## **Altre caratteristiche**

---

**L'indurimento avviene con *un leggero aumento di volume* (0.3÷1.5%) e questo sta alla base dell'utilizzo del gesso come materiale per la realizzazione dei calchi.**

**Resistenza al fuoco (blocca l'aumento della temperatura attorno ai 120 °C...)**

**Elevata porosità: leggerezza, isolamento termico, isolamento acustico, stabilizzazione umidità di ambienti chiusi.**

## **Incompatibilità**

---

**Il biidrato non è sufficientemente insolubile da garantire durabilità all'esterno**

**Metalli. Acciai basso legati. L'estratto acquoso del gesso è leggermente acido.**

**Non a contatto di ammoniaca (composti solubili) o cementi (ettringite).**



## Studenti\_Buone abitudini

### ***Approfondire***

*Prima di una lezione, consulta il materiale del corso e cerca di anticipare i punti principali che il professore tratterà durante la lezione, così potrai comprendere meglio.*

### ***Pause dallo studio***

*Le pause dallo studio sono essenziali per dare il giusto riposo al tuo cervello durante lo studio. Camminare per qualche minuto se sei rimasto seduto per ore, non può che fare bene al tuo cervello.*



***Materiali dell'Edilizia Storica***

---

***I MATERIALI ARTIFICIALI ANTICHI***

---

***La Calce aerea***

---

## La Calce

---

ossido



*Calce viva o calce in zolle*

idrato



*Calce spenta o calce idrata*

*Contengono impurezze derivanti dalle materie prime o composti (acqua - CO<sub>2</sub> - ceneri) che derivano dal processo di produzione o dalla loro conservazione.*

---

*La materia prima per l'ottenimento della calce è quindi la pietra calcarea.*

*La calce "viva" corrisponde all'ossido CaO e si ottiene semplicemente per decomposizione termica della calcite, a temperature di circa 850÷950 °C*



*A temperature più elevate si otterrebbe calce stracotta o cotta a morte.*

---

*Rocce carbonatiche costituite da dolomite, il carbonato doppio di calcio e magnesio, sono soggette a calcinazione, con formazione di MgO a temperatura inferiore di qualche centinaia di gradi. Si parla in questi casi di calci magnesiache.*

*Anche la tecnologia della produzione della calce si è mantenuta **costante per millenni**.*

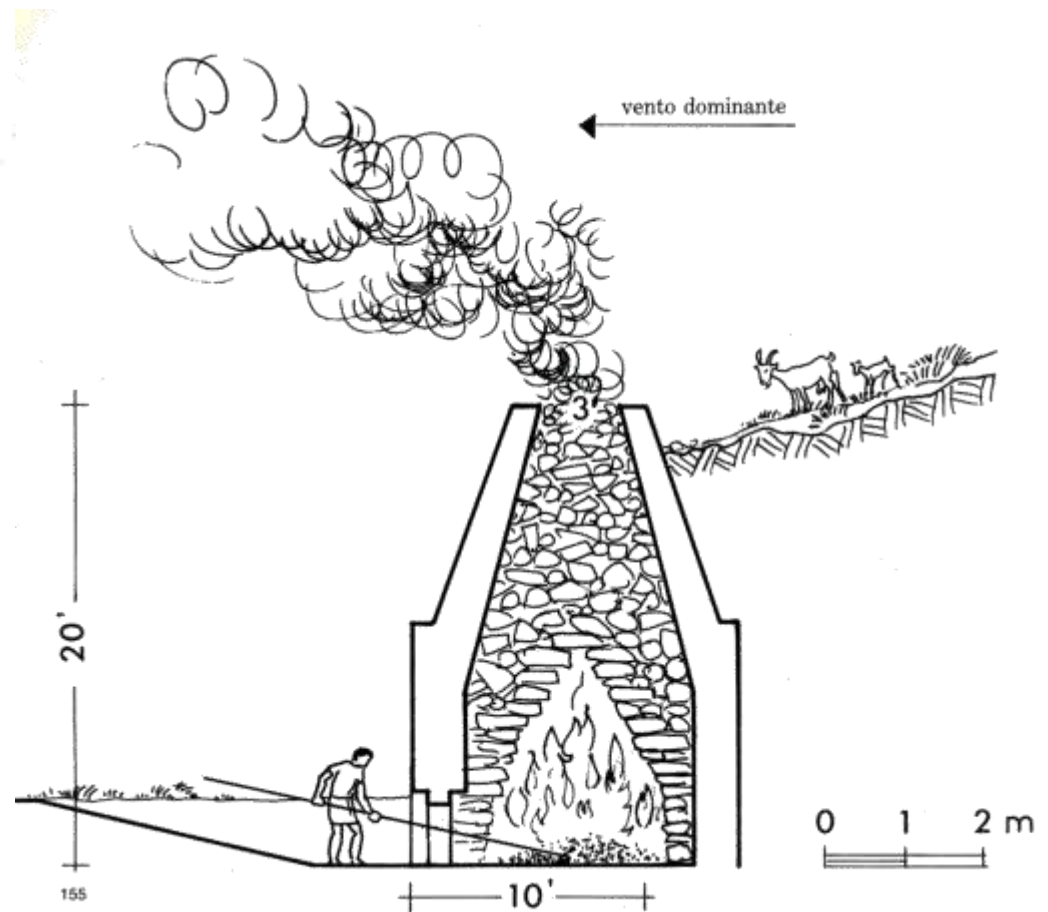
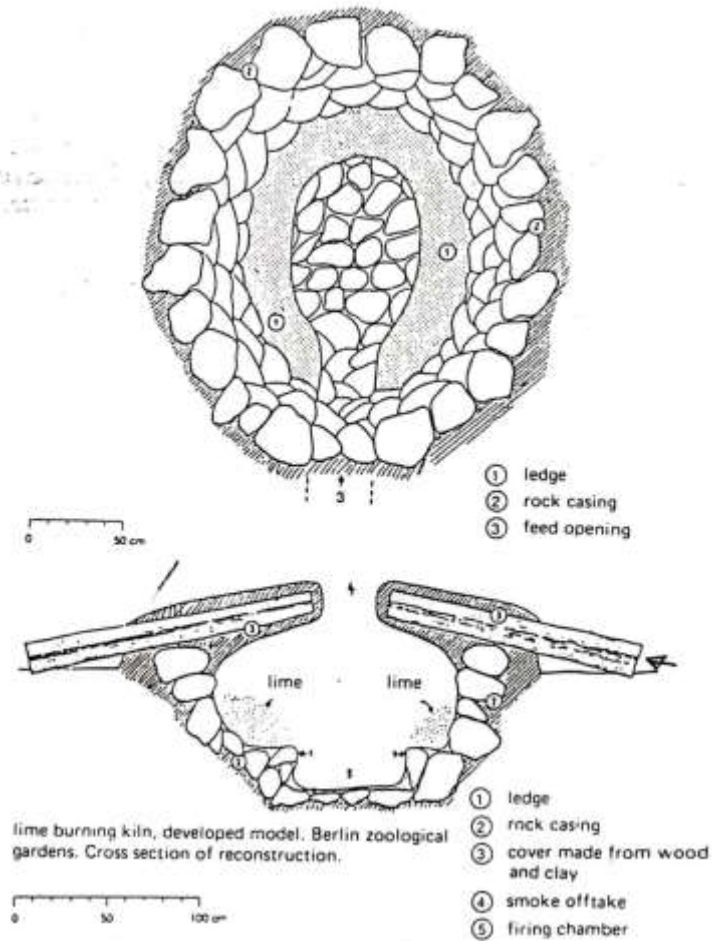
*Per la cottura, generalmente, si utilizzavano **frammenti** di calcare di dimensione di una **decina di centimetri**, **impilati in strutture verticali** di modo che si potesse avere un'agevole circolazione dei gas caldi di combustione derivanti o da un focolare separato, localizzato nella parte bassa del forno, o derivanti da **strati di materiale combustibile**, quale **legno e carbone**, **alternati a quelli di calcare**.*

*Le prime applicazioni della calce vengono attualmente fatte risalire al XII millennio a.C., nel Vicino Oriente, mentre in Europa, nei Balcani, la prima applicazione documentata è del VI millennio a.C.*

*Strutture interpretate dagli archeologi come forni da calce sono state riscontrate in numerosi siti neolitici del Vicino Oriente.*

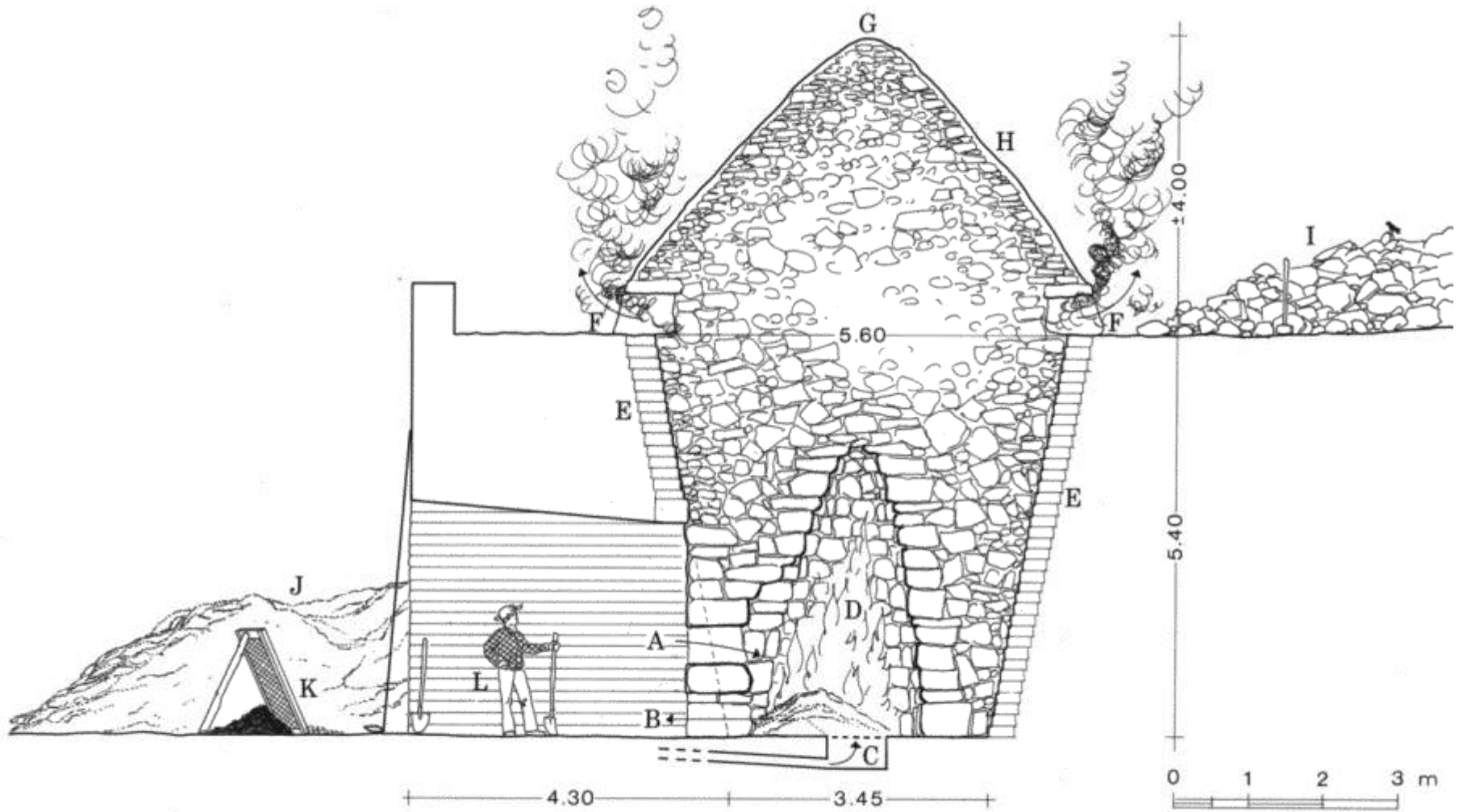
# La Calce

## Forni



***Forni di epoca preromana (Età del Bronzo, Germania) e romana.***

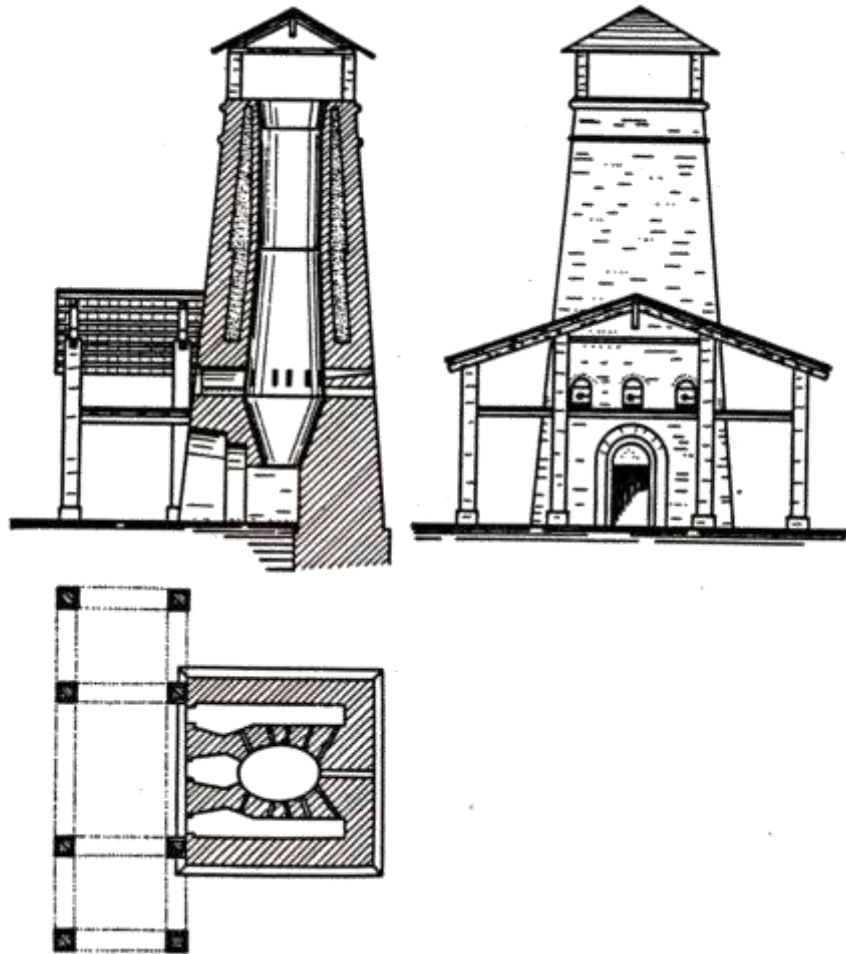
## Forni



*Forni del XIX secolo.*

## Forni

---



*Forni del XX secolo.*

# ***La Calce***

---

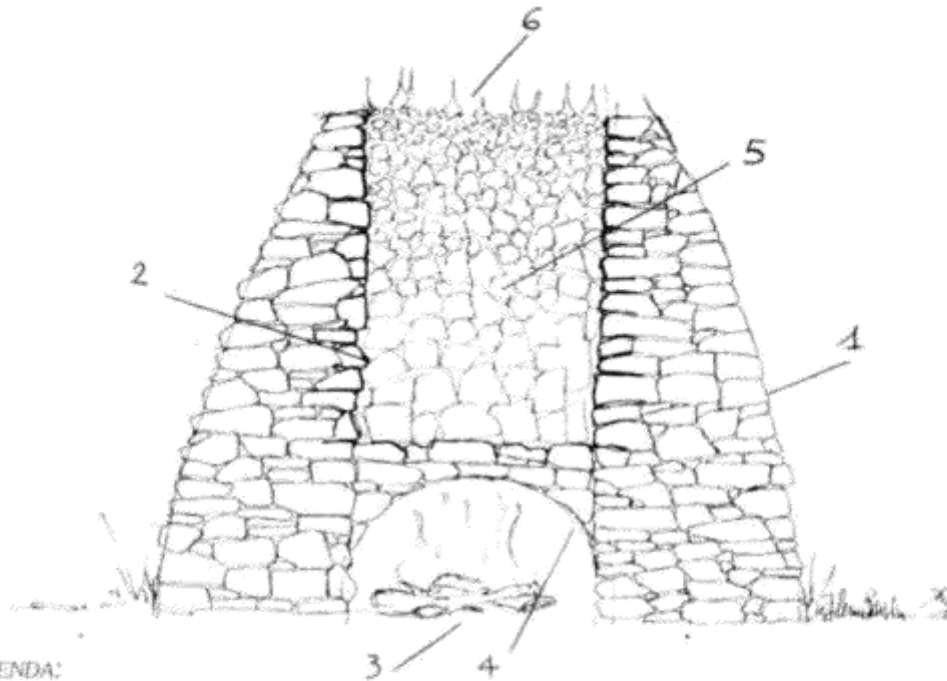
## ***Forni***

---



***Forni per la produzione della calce in provincia di Sassari (sino al XX secolo).***

## Forni



LEGENDA:

1. muro a secco di contenimento
2. fornace cilindrica: altezza m. 4, diametro m. 2,50
3. bocca di fuoco e di estrazione della calce
4. centina di carico
5. minerale calcareo
6. fiamma di color azzurro chiaro; indice di cottura ultimata.

***Schema di un forno per la produzione della calce.***



*Fortemente esotermica*

### *Con quantità d'acqua in eccesso.*

*Almeno 24 ore anche se il processo di invecchiamento migliora la qualità e può durare da qualche mese sino a tre anni. Si ottiene il grassello.*

*Rendimento in grassello: rapporto tra il volume del grassello nel momento in cui comincia a fessurarsi in superficie e la massa di calce viva utilizzata per produrlo [m<sup>3</sup>/t].*

***Calci grasse:** rendimento in grassello maggiore 2.5 m<sup>3</sup>/t. Sono più pregiate e perché danno grasselli più plastici, facilmente mescolabili con la sabbia e consentono una migliore adesione.*

***Calci magre:** rendimento in grassello maggiore 1.5 m<sup>3</sup>/t.*

*Un abbassamento del rendimento può essere causato da valori di temperatura di cottura o troppo alti (granuli grossi e poco porosi) o troppo bassi (CaCO<sub>3</sub> indissociato).*



*Fortemente esotermica*

**Con quantità d'acqua stechiometricamente necessaria.**

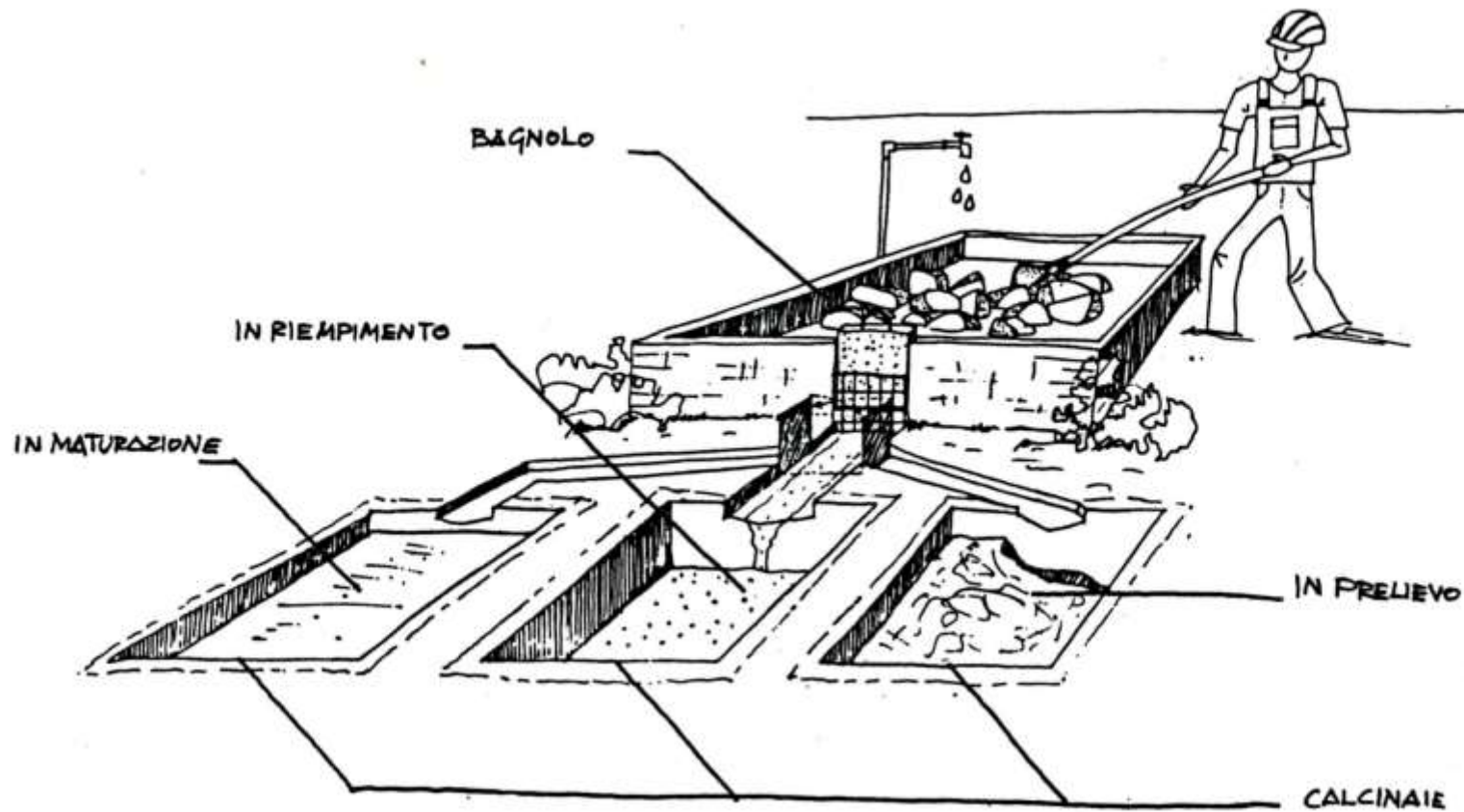
*La calce viva viene frantumata in pezzatura di 5÷10 mm e si trova all'interno di tamburi girevoli dove viene spruzzata l'acqua.*

*L'aumento di volume dovuto alla reazione fa sì che la calce si disintegri generando una polvere molto fine.*

*Aggiungendo dell'acqua si ottiene anche in questo caso il grassello che però ha delle proprietà di plasticità inferiori a quelle che presenta un grassello ottenuto direttamente per spegnimento della calce viva.*

# La Calce

## Lo spegnimento





**Reazione di carbonatazione.**

***I prodotto finale dell'idratazione è identico a quello di partenza.***

***La CO<sub>2</sub> comincia a carbonatare la calce a partire dagli strati più esterni per poi procedere man mano verso quelli più interni con cinetiche che dipendono anche dal grado di compattezza del materiale posto in opera. La reazione può richiedere tempi lunghissimi (secoli) per completarsi nello spesso nucleo delle murature.***

***Il grassello non è mai utilizzato tal quale, ma viene addizionato alla sabbia la cui funzione è molteplice:***

- fa sì che la pasta si disponga in sottili strati attorno ai suoi grani, perciò la carbonatazione può interessare questi strati completamente;***
- impedisce il ritiro della malta indurita a seguito dell'evaporazione dell'acqua e alla riduzione di volume conseguente alla reazione di carbonatazione.***



*Reazione di carbonatazione.*

*I prodotto finale dell'idratazione è identico a quello di partenza.*

*La porosità della malta è di circa 30÷45% in funzione della granulometria della sabbia e del costipamento. Questa si riduce con l'idratazione della calce stessa.*

*Se però il risultato finale è una matrice impermeabile allora la carbonatazione procede lentamente (incompleta).*

*Nel secondo caso l'eccesso di pori comporta un calo delle prestazioni meccaniche. In generale la resistenza a compressione di una malta è di circa 1 MPa.*

# Corso di Tecnologia dei Materiali

Docente: Dr. Giorgio Pia