“Recupero Energetico di Edifici Storici con Intonaci Termici e Finiture Minerali”

RELATORI:
Ing. Francesco Francini Responsabile Tecnico HD System
Dott. Alessandro Torre Responsabile Linea Histolith CAPAROL •

MALTA: miscela omogenea ottenuta impastando legante, aggregato e acqua, in opportune quantità.

LEGANTE:

Per legante si intende quel materiale che impastato con acqua è in grado con il tempo di indurire, e serve a tenere unite e aderenti i materiali inerti, come sabbia o ghiaia.

• I Leganti

LEGANTE

LEGANTI AEREI

Gesso

Calce Aerea

possono far presa ed indurire solo se esposti all'aria, poiché se mantenuti in acqua, in questa si conservano

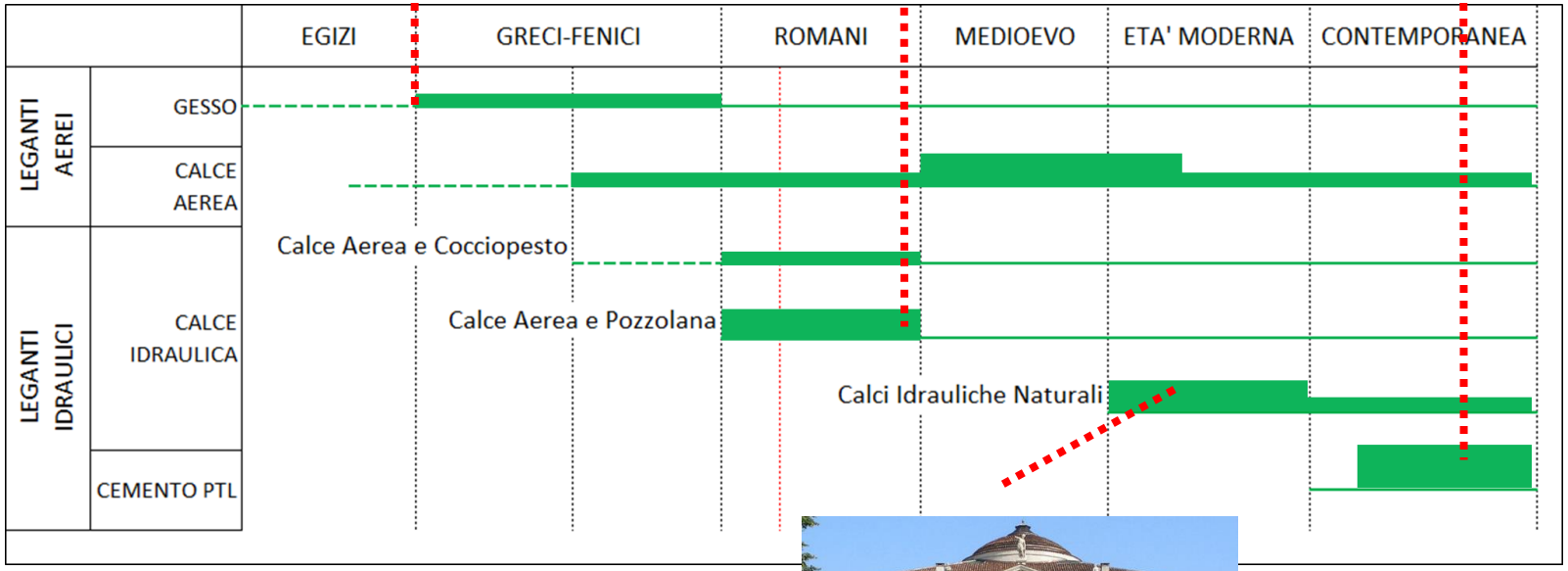
LEGANTI IDRAULICI

Calce Idraulica

Cemento

possono far presa ed indurire anche sott'acqua.

• I Leganti


EGIZI
GRECI-FENICI
ROMANI
MEDIOEVO
ETA' MODERNA
CONTEMPORANEA
LEGANTI AEREI
GESSO
CALCE AEREA
LEGANTI IDRAULICI
CALCE IDRAULICA
CEMENTO PTL
Calce Aerea e Cocciopesto
Calce Aerea e Pozzolana
Calci Idrauliche Naturali

• I Leganti

Il primo legante utilizzato nella storia è il **gesso**

produzione del gesso

↓

PIETRA DA GESSO

↓

COTTURA **< 200** °C

↓

MACINAZIONE

Gli antichi egizi utilizzano la pietra da gesso vista la difficoltà di raggiungere la temperatura necessaria per la cottura dei calcari. I dati testimoniano che il popolo egizio, come del resto anche i greci in periodo successivo, ne faceva largo uso per intonacare le pareti delle tombe e per la malta di allettamento

(foto: La Piramide di Djoser a Saqqara.

• I Leganti

PRODUZIONE DELLA CALCE AEREA

CALCARE ($CaCO_3$)

↓

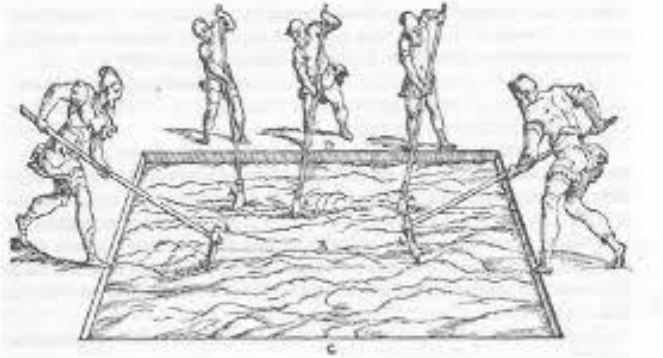
COTTURA A **900** °C

↓ → **CO_2**

IDRATAZIONE DEL CaO

↓

$Ca(OH)_2$



• I Leganti

Sono i romani, quindi, a perfezionare ed utilizzare in larga scala la **calce "idraulica"**, cioè miscelata sia con argilla cotta che con pozzolana

PRODUZIONE DELLA CALCE IDRAULICA

CALCARE $CaCO_3$

↓

COTTURA A **900**°C

↓

IDRATAZIONE $Ca(OH)_2$ → **Calce spenta**

+

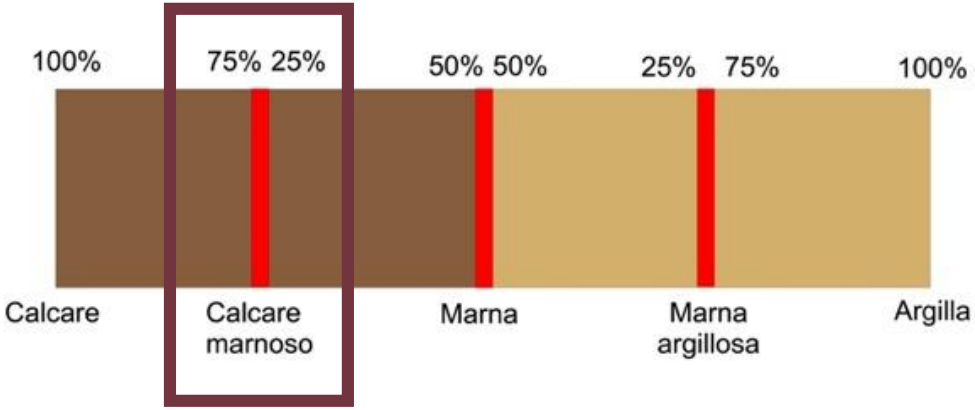
Pozzolana o Argilla cotta

↓

Calce Idraulica

• I Leganti

CALCI IDRAULICHE NATURALI



Marna a Scaglia Rossa Trentina

CALCARE IMPURO

↓

Cottura tra 950 a 1200°C

↓

Macinazione

Calce Idraulica Naturale

ISTITUTO CLIMA LIGURIA per emissioni zero

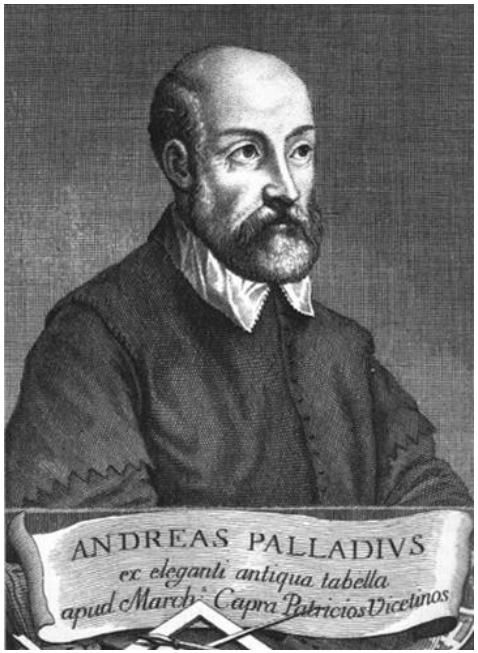
CAPAROL

HD SYSTEM

• I Leganti

Il primo a scrivere sulla **calce idraulica naturale** è **Andrea Palladio**, nei suoi Quattro libri d'Architettura (Venezia 1570).

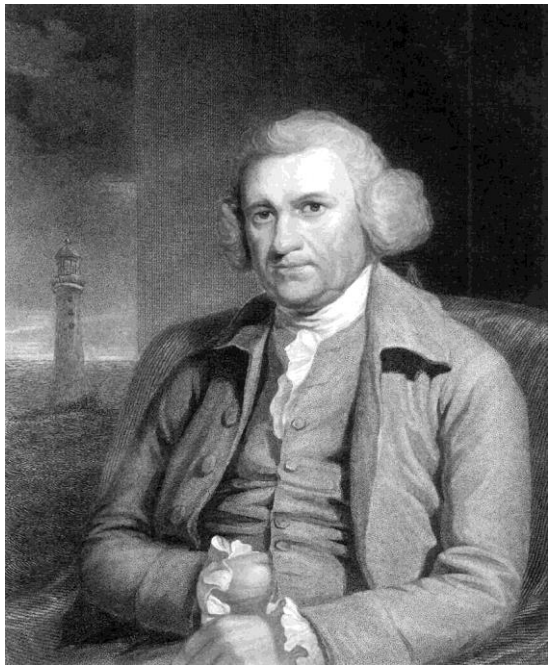
Egli definisce questo legante come **calce nigra** ottenuta da una pietra calcarea con impurità argillose.

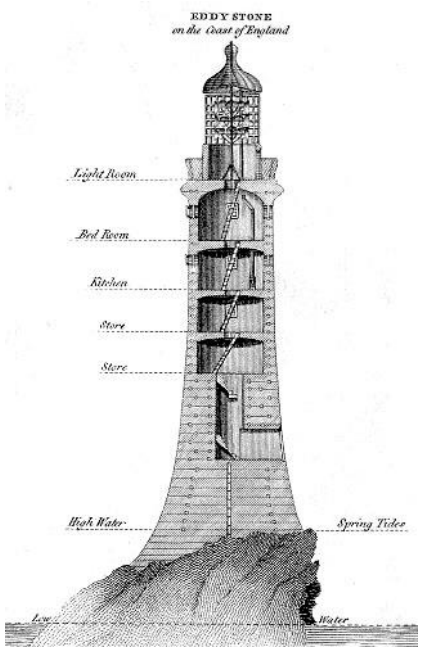


Andrea Palladio. Palazzo Chiericati a Vicenza (a partire dal 1550).

• I Leganti

E' l'inglese **John Smeaton** che comprende per primo (1756) in maniera **scientifica** come il fattore principale per l'idraulicità della calce sia il contenuto di argilla presente nei calcari.





Per costruire il faro di Eddystone, nel 1756 egli conduce una serie di studi per individuare quale materiale legante possedesse le migliori prestazioni per poter resistere all'ambiente marino valutando gli effetti derivanti dall'utilizzo di calci ottenute per cottura di calcari di diversa provenienza immergendo dei provini sferici di malta in acqua fredda subito dopo la presa. Egli trovò, procedendo ad un'analisi chimica dei calcari utilizzati, che i leganti migliori erano quelli ottenuti da pietre calcaree contenenti rilevanti quantitativi di materiale argilloso.

• I Leganti

Successivamente il francese Vicat (1812: introduce la distinzione calci **idrauliche naturali ed artificiali**: naturale è il legante idraulico ottenuto per cottura di un calcare argilloso, che contiene già originariamente argilla, mentre è artificiale quello ottenuto per cottura di una miscela artificiale di calcare e argilla).

Nel 1824 John Aspdin brevetta il cemento Portland.

I Leganti Del Passato

I materiali utilizzati con LEGANTI AEREI per i rivestimenti esterni non si sono mantenuti integri nel tempo.

ISTITUTO CLIMA LIGURIA
per emissioni zero

CAPAROL

HD SYSTEM

Effetti dei materiali base Cemento

ISTITUTO CLIMA LIGURIA
per emissioni zero

CAPAROL

HD SYSTEM

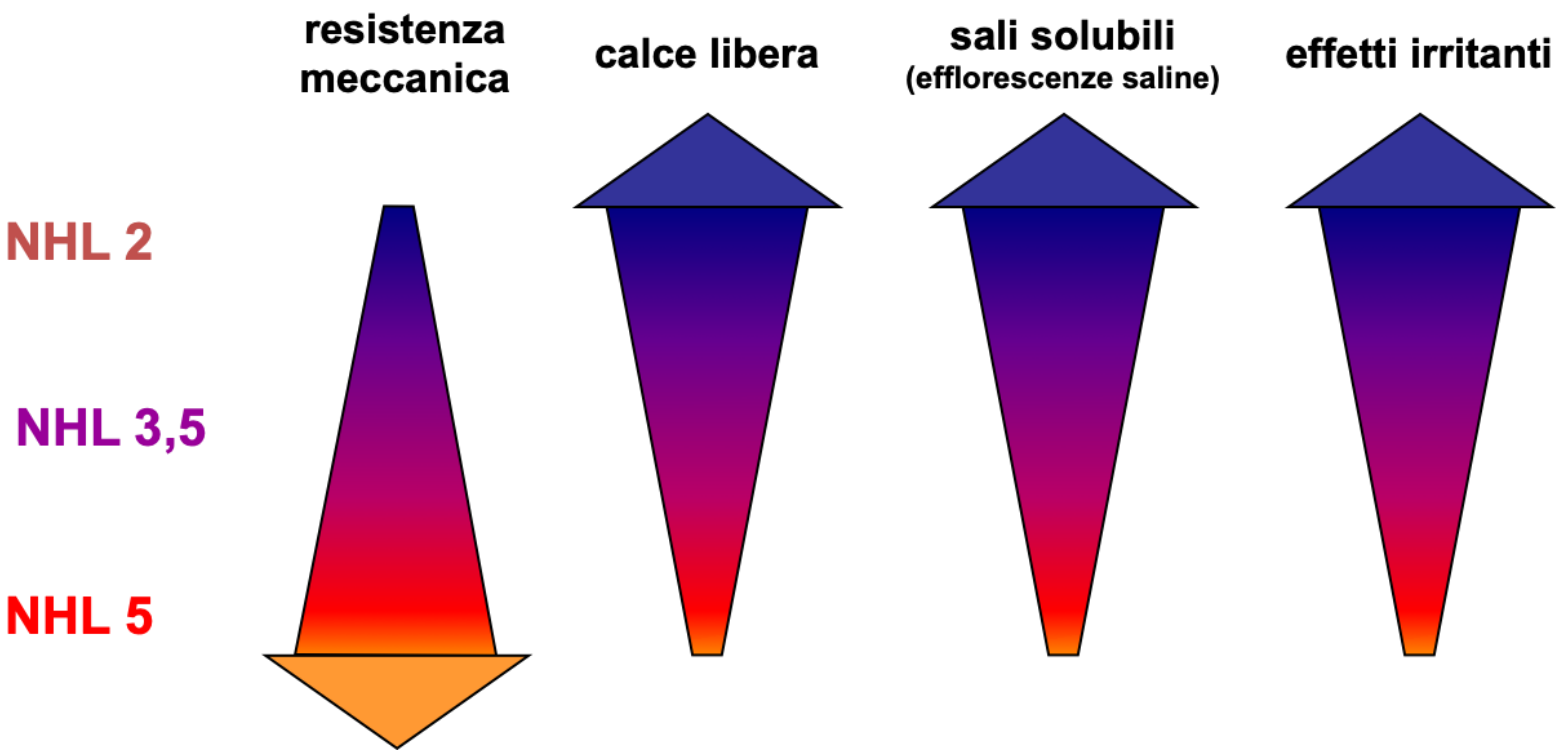
Oggi

• La Calce Nel Restauro

EN 459-1 2010

- Calci Da Costruzione
  - Calci Aeree Induriscono solo in aria
    - Calce Calcica — CL
    - Calce Dolomitica — DL
  - Calci Idrauliche Induriscono per reazione chimica con acqua
    - Calce Idraulica — HL
    - Calce Formulate — FL
    - Calce Idraulica Naturale
      - NHL 2
      - NHL 3,5
      - NHL 5

• La Calce Idraulica Naturale



La successiva presa e indurimento delle calci idrauliche avviene per i seguenti processi:

- carbonatazione di $Ca(OH)_2$ con formazione di $CaCO_3$;

- idratazione di C_2S e CA con formazione di CSH (silicati idrati di calcio) e CAH (silicati-aluminati di calcio) che hanno caratteristiche idrauliche.

L'idraulicità della calce idraulica è quindi funzione della quantità di minerali argillosi presenti nella roccia di partenza o della quantità e qualità di materiali idraulicizzanti nelle miscele artificiali impiegate per la sua preparazione.

L'INDICE DI IDRAULICITA' viene quindi espresso come il rapporto tra le percentuali degli ossidi presenti nei materiali sopracitati:

$$I = \frac{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3}{CaO + (MgO)}$$

In tabella sono riportate le caratteristiche delle varie calci idrauliche in funzione dell'indice di idraulicità

Calce	Indice di idraulicità	% d'argilla	Tempo di presa
debolmente idraulica	0,10-0,16	5-8	15-30 giorni
poco idraulica	0,16-0,31	8-15	7-11 giorni
idraulica	0,31-0,42	15-19	4-7 giorni
Molto idraulica	0,42-0,50	19-22	4 giorni

Con indice di idraulicità superiore a 0,55 e temperature di cottura maggiori di 1300 C° si ha la formazione dei Silicati Tricalcici C_3S

Costituente fondamentale del cemento

La composizione chimica della NHL5, per natura ESENTE DA SALI
a differenza delle calci idrauliche artificiali o formulate (HL - FL), favorisce:

- RESISTENZA ai sali solubili presenti nella muratura storica
- ASSENZA DI REATTIVITÀ ai sali, evitando formazione di ettringite
- BASSO CALORE DI IDRATAZIONE che diminuisce gli stress termici alla muratura esistente

NHL5 B-FLUID X/A:

CARATTERISTICHE	CAMPI DI APPLICAZIONE
ELASTICITÀ	realizzazione betoncini armati compatibili
POROSITÀ	ripristino murature umide
TRASPIRABILITÀ	comfort termico
BASSO CALORE DI IDRATAZIONE	iniezioni consolidanti
INERZIA CHIMICA AGLI AGENTI DEGRADANTI	ripristino intonaci ammalorati
VELOCITÀ DI ASCIUGATURA	deumidificazione
NATURALITÀ	edilizia sostenibile e benessere abitativo
RITIRI CONTENUTI	restauro murature esistenti

ISTITUTO CLIMA LIGURIA per edificioi zero

CAPAROL

HD SYSTEM

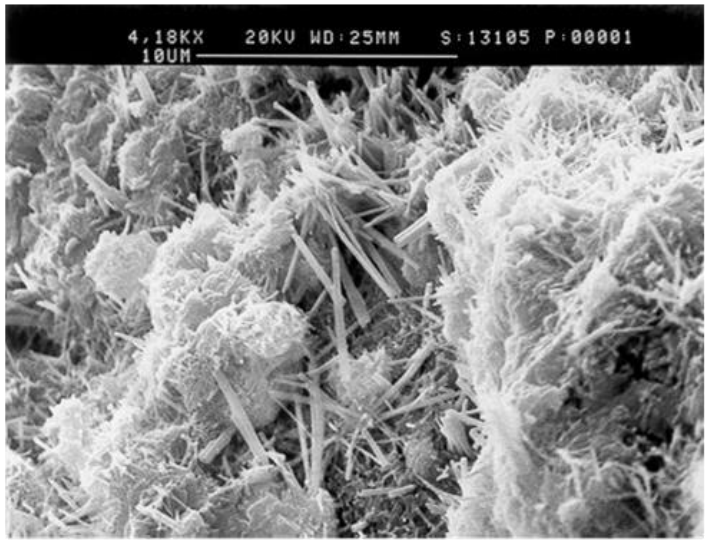
Calci Idrauliche Naturali NHL

CARATTERISTICHE CHIMICHE NHL

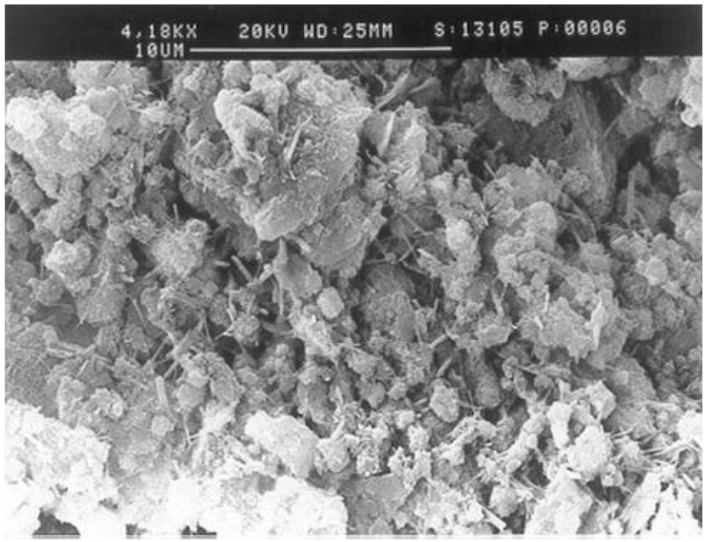
Il principale costituente mineralogico che si sviluppa nelle calci idrauliche naturali NHL 5 è il silicato bicalcico C_2S oltre ad $Ca(OH)_2$ e CA

CARATTERISTICHE CHIMICHE CEMENTO PTL

Il principale costituente mineralogico che si sviluppa nel cemento portland è il silicato Tricalcico C_3S e A_3S

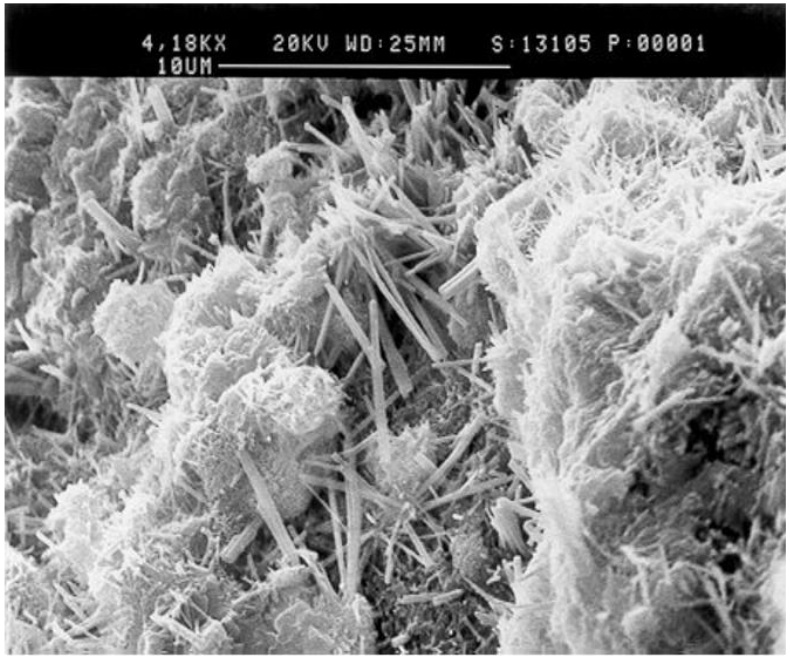


MICROSTRUTTURA CARATTERIZZATA DA **BASSA POROSITA'**

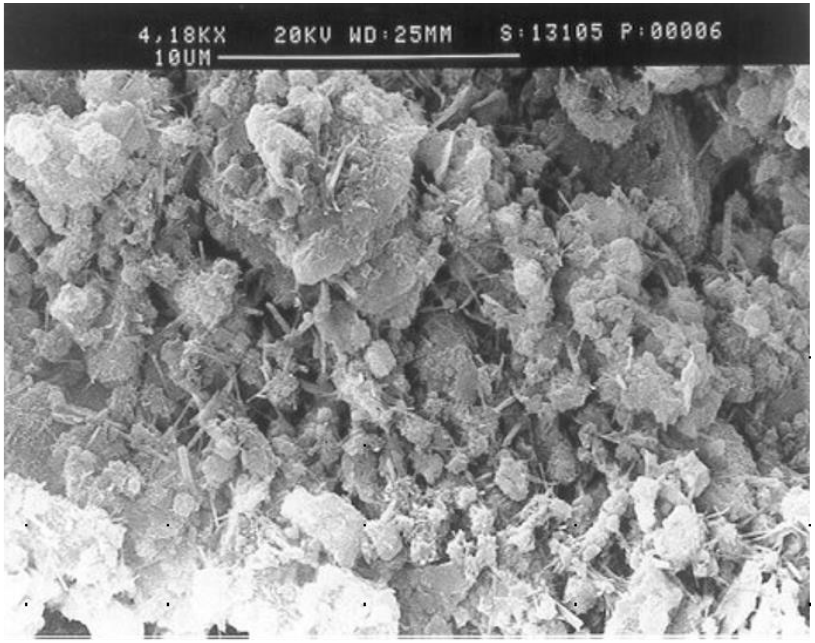


MICROSTRUTTURA CARATTERIZZATA DA **ALTA POROSITA'**

Calci Idrauliche Naturali NHL



CEMENTO PORTLAND



B FLUID X/A NHL5

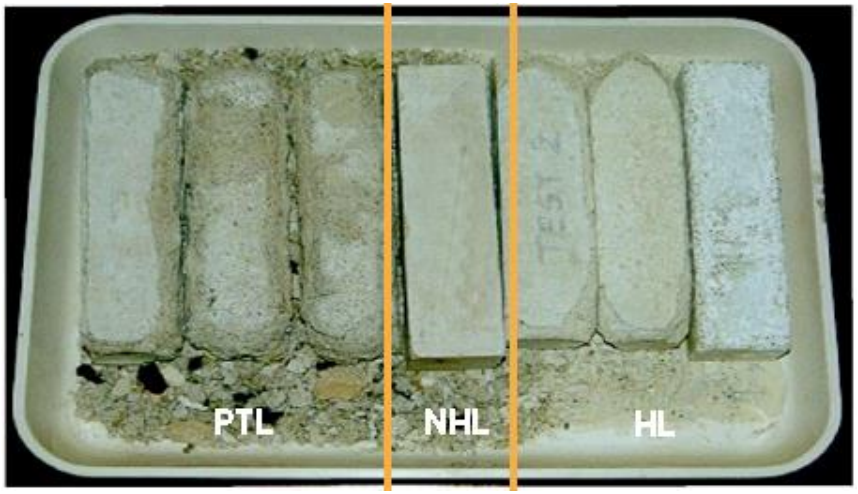
	RESISTENZA	ELASTICITA'	SALI SOLUBILI	REATTIVITA'	POROSITA'	ASCIUGATURA	TRASPIRABILITA'	CALORE DI IDRATAZIONE
CEMENTO PORTLAND	● ● ●	-	● ● ●	● ● ●	●	●	●	● ● ●
NHL	●	● ● ●	-	-	● ● ●	● ● ●	● ● ●	-

CLIMA LIGURIA per emissioni zero

CAPAROL

SYSTEM

Calci Idrauliche Naturali NHL

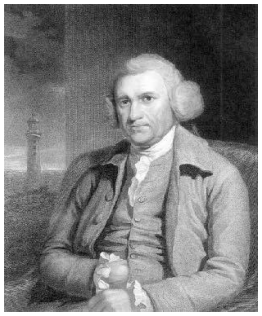


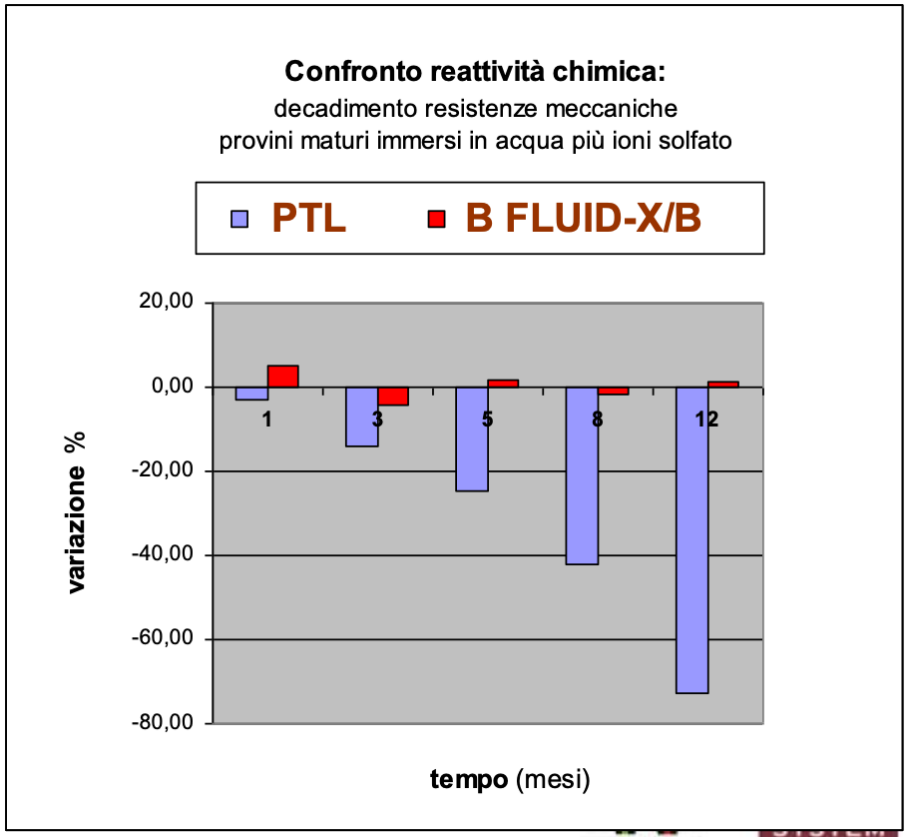
C3S-C3A C2S C3S-C3A

Degrado associato alla reattività chimica del C3S-C3A in presenza di solfati

Assenza di degrado del C2S in presenza di solfati

BASSA REATTIVITÀ IN PRESENZA DI ACQUA E SALI





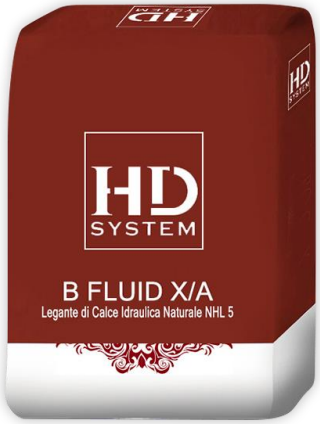
ISTITUTO CLIMA LIGURIA per emissioni zero

CAPAROL

CAPAROL

Come tutelarsi dal Mercato?

LEGANTI



UNI EN 459-1

MALTE

SCHEDE TECNICHE
SCHEDE DI SICUREZZA

ISTITUTO CLIMA LIGURIA per emissioni zero

CAPAROL

HD SYSTEM

Come tutelarsi dal Mercato?

Scheda di dati di sicurezza
ai sensi del regolamento 1907/2006/CE e successive modifiche

Data di emissione: 05.04.2017

Denominazione commerciale:

- **Pittogrammi di pericolo**

GHS05 GHS07

- **Avvertenza** Pericolo
- **Componenti pericolosi che ne determinano l'etichettat**
  Cemento Portland a basso contenuto di cromati (Cr VI < 0,
  Calce idraulica naturale NHL
- **Indicazioni di pericolo**
  H315 Provoca irritazione cutanea.
  H318 Provoca gravi lesioni oculari.
  H317 Può provocare una reazione allergica cutanea.
  H335 Può irritare le vie respiratorie.
- **Consigli di prudenza**
  P260 Non respirare la polvere.
  P280 Indossare guanti di protezione / occhiali
  P305+P351+P338 IN CASO DI CONTATTO CON GLI
  parecchi minuti. Togliere le eventua
  Continuare a sciacquare.
  P501 Smaltire il prodotto/recipiente in confor
  nazionali / internazionali.
- **Ulteriori dati:**
  EUH208 Contiene Cemento Portland a basso contenu
  provocare una reazione allergica.
- **2.3 Altri pericoli**
- **Risultati della valutazione PBT e vPvB**
- **PBT:** Non applicabile.
- **vPvB:** Non applicabile.

SEZIONE 3: Composizione/informazioni sugli ingredienti

- **3.2 Miscele**
- **Descrizione:** Miscela composta dalle seguenti sostanze.
- **Sostanze pericolose o con limite di esposizione sul luogo di lavoro:**

CAS: 1317-65-3	carbonato di calcio sostanza con un limite comunitario di esposizione sul posto di lavoro	25-50%
CAS: 14808-60-7 EINECS: 238-878-4	Quarzo sostanza con un limite comunitario di esposizione sul posto di lavoro	25-50%
CAS: 65997-15-1 EINECS: 266-043-4	Cemento Portland a basso contenuto di cromati (Cr VI < 0,0002%) Eye Dam. 1, H318; Skin Irrit. 2, H315; Skin Sens. 1, H317; STOT SE 3, H335	10-19,9%
CAS: 85117-09-5 EINECS: 285-561-1 Reg.nr.: 01-2119475523-36-XXXX	Calce idraulica naturale NHL Eye Dam. 1, H318; Skin Irrit. 2, H315; STOT SE 3, H335	5,0-9,9%

- **Ulteriori indicazioni:** Il testo dell'avvertenza dei pericoli citati può essere appreso dal capitolo 16

(continua a pagina 3)

SEZIONE 3: Composizione/informazioni sugli ingredienti

- **3.2 Miscele**
- **Descrizione:** Miscela composta dalle seguenti sostanze.
- **Sostanze pericolose o con limite di esposizione sul luogo di lavoro:**

CAS: 1317-65-3	carbonato di calcio sostanza con un limite comunitario di esposizione sul posto di lavoro	25-50%
CAS: 14808-60-7 EINECS: 238-878-4	Quarzo sostanza con un limite comunitario di esposizione sul posto di lavoro	25-50%
CAS: 65997-15-1 EINECS: 266-043-4	Cemento Portland a basso contenuto di cromati (Cr VI < 0,0002%) Eye Dam. 1, H318; Skin Irrit. 2, H315; Skin Sens. 1, H317; STOT SE 3, H335	10-19,9%
CAS: 85117-09-5 EINECS: 285-561-1 Reg.nr.: 01-2119475523-36-XXXX	Calce idraulica naturale NHL Eye Dam. 1, H318; Skin Irrit. 2, H315; STOT SE 3, H335	5,0-9,9%

- **Ulteriori indicazioni:** Il testo dell'avvertenza dei pericoli citati può essere appreso dal capitolo 16

(continua a pagina 3)

ECHA
EUROPEAN CHEMICALS AGENCY

CAPAROL

HD SYSTEM

RECUPERO ENERGETICO EDIFICI STORICI

ISTITUTO CLIMA LIGURIA
per edificioi zero

CAPAROL

HD SYSTEM

RECUPERO ENERGETICO EDIFICI STORICI

Utilizzo di TERMOINTONACO in ESTERNO

- Compatibile con i particolari costruttivi della facciata e i materiali originari
- Duraturo nel Tempo
- Buona Conducibilità Termica λ = 0,066 W/m K
  T1 Secondo la UNI EN998-1
- Permeabile al Vapore
- Riduce al minimo i Ponti Termici
- Reversibile
- Garantisce Inerzia Chimica
- Resistente ai Sali

ISTITUTO CLIMA LIGURIA
per edificioi zero

Cicli Tecnici di Restauro

RISANAMENTO TERMICO

Accorgimenti Tecnici

- **PONTE DI ADESIONE**
- **RINZAFFO ANTISALINO**

Utilizzo di materiali in calce idraulica naturale NHL 5

- **VOLCALITE**

Termointonaco, applicato nello spessore desiderato a mano o macchina

- **RASATURA**

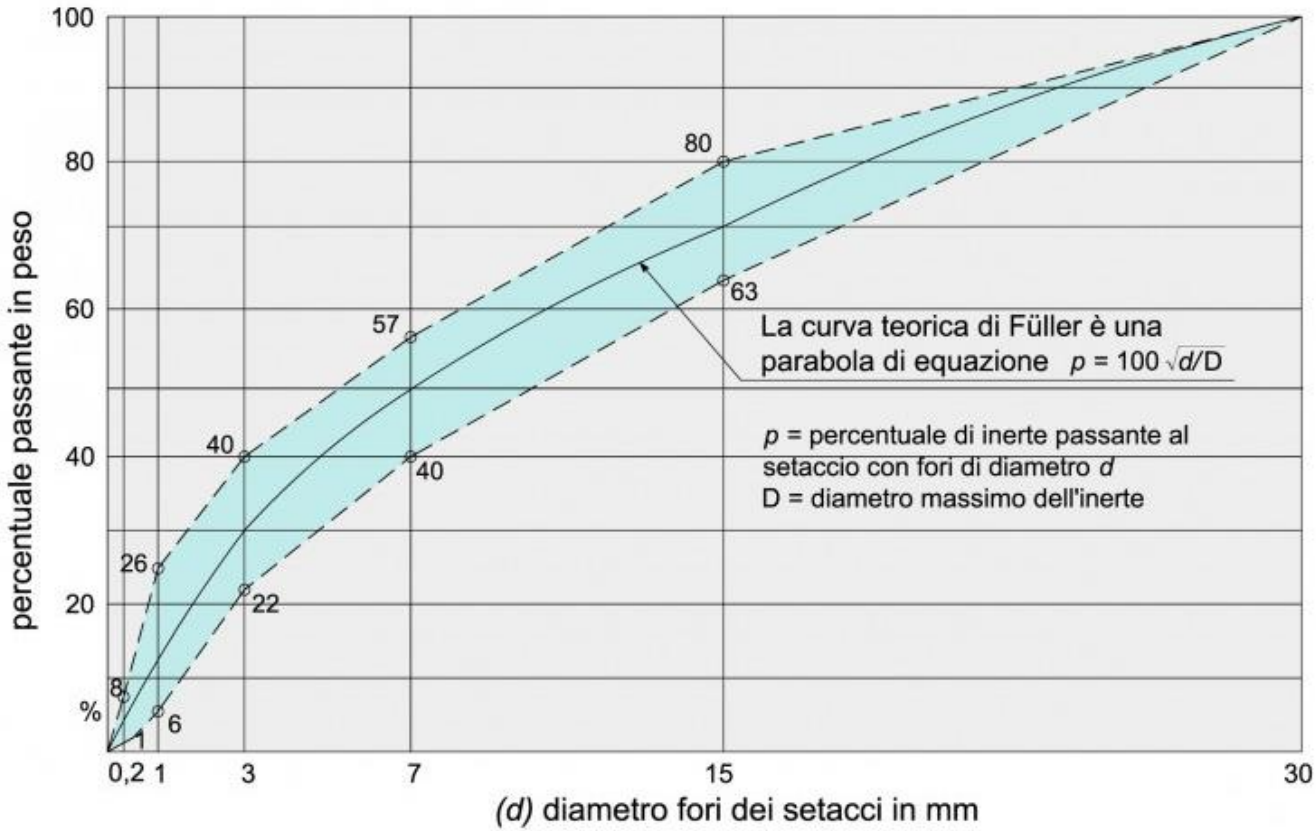
Applicazione di rasatura finale, che nel caso di spessori superiori a 8 cm dovrà essere armata con rete in fibra di vetro A/R

- **FINITURA**

Malte per il Restauro

CURVA DI FULLER

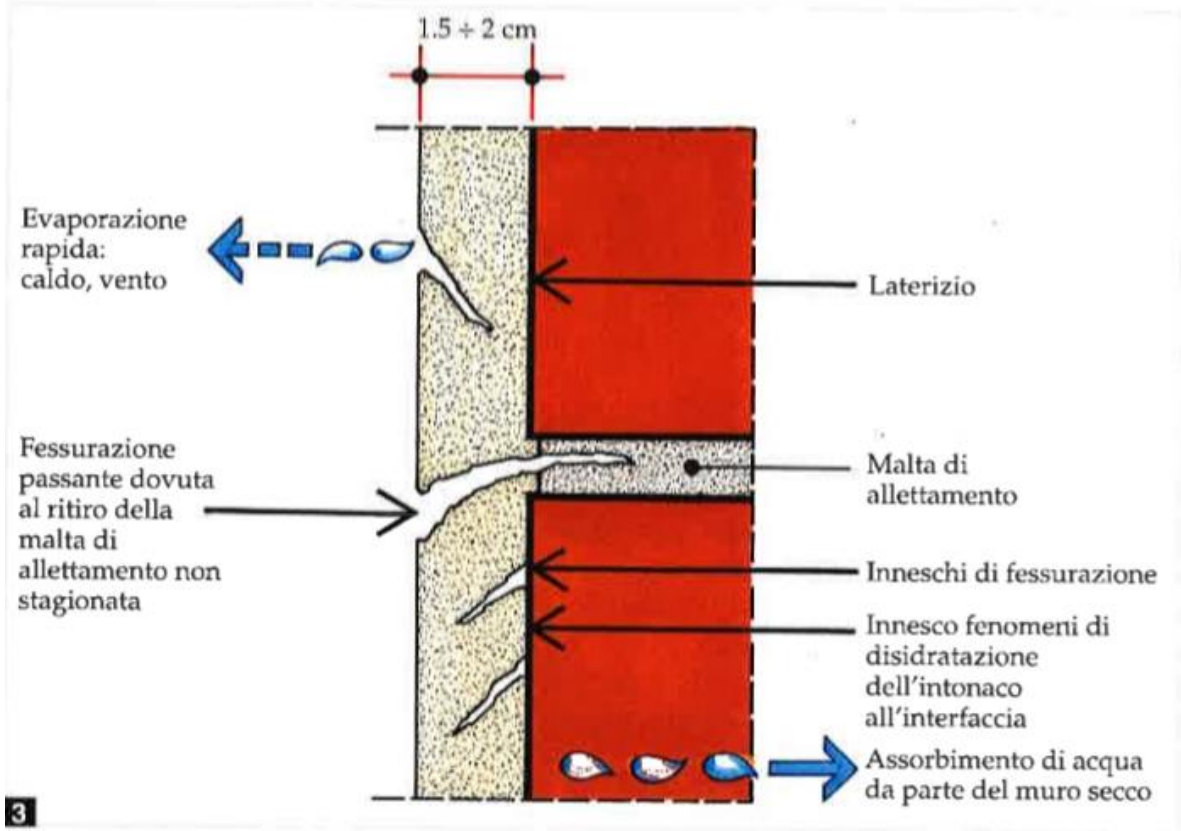
Permette di inserire il maggior quantitativo di inerti, con diversa granulometria, nel minor volume possibile



Degrado Intonaci
Fessurazioni da Ritiro

Fessurazione da ritiro Idraulico

Il ritiro idraulico e le possibili fessurazioni avviene successivamente alla fase di presa e prosegue nel tempo esaurendosi nel corso dei primi mesi.



ISTITUTO CLIMA LIGURIA per edificioi zero

CAPAROL SYSTEM

DATI TECNICI

Legante	Calce Idraulica Naturale B FLUID X/A	
Classificazione legante secondo	NHL 5	UNI EN 459-1
Granulometria	da 0 – 3 mm	UNI EN 1015-1
Massa volumica	350 Kg/mc	UNI EN 1015-10
Acqua d'impasto	0,7 l/Kg (ca. 9 l/sacco)	
Resa	ca. 4 Kg/(mq cm)	
Conducibilità termica	Classe T1 λ = 0,066 W/(m °K)	
Resistenza alla diffusione del vapore	μ = 4	UNI EN 1015-19
Resistenza a compressione	Classe CS I ($\geq$ 0,4 e $\leq$ 2,5 N/mm^2)	UNI EN 1015-11
pH	> 10,5	
Classe di reazione al fuoco	A1	
Confezione in sacchi	13 Kg	

ISTITUTO CLIMA LIGURIA
per edificioi zero

Utilizzo di TERMOINTONACO in INTERNO

SOSTENIBILITÀ

Materiali naturali duraturi, estratti e lavorati nel rispetto dell'ambiente con progetti di rigenerazione dei vuoti, arricchimento dell'ambiente.

COMFORT

Ottimali performance termo-igrometriche con strumenti passivi e reale sperimentazione.

SALUBRITÀ

Materiali a bassa emissione di VOC non nocivi, grande alcalinità della calce idraulica naturale, inerzia chimica

COMFORT VISIVO

COMFORT TERMOIGROMETRICO

COMFORT ABITATIVO

COMFORT ACUSTICO

QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR

ISTITUTO CLIMA LIGURIA per edificioi zero

CAPAROL

HD SYSTEM

CONFORT TERMOIGROMETRICO

- COMFORT TERMICO → **TEMPERATURA**
- COMFORT IGROMETRICO → **UMIDITÀ**

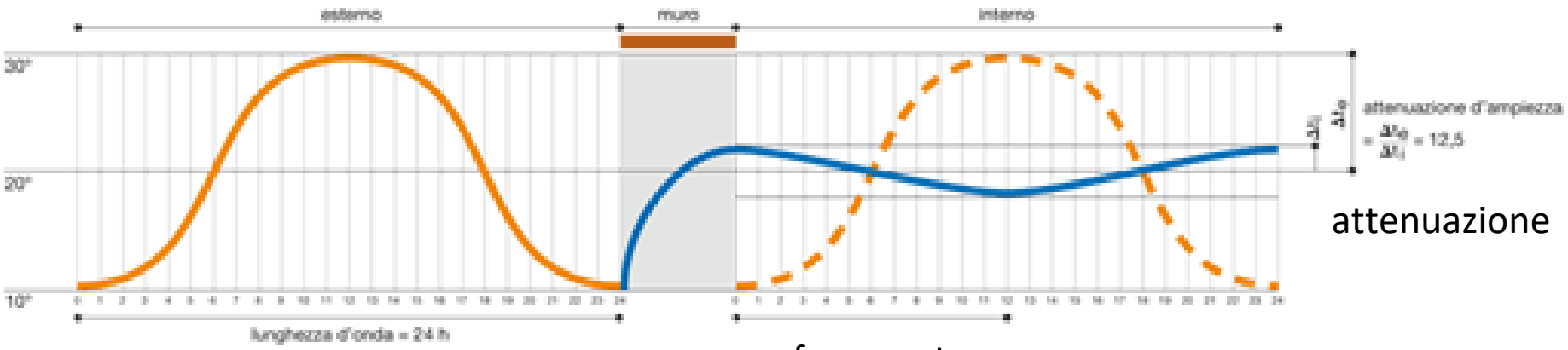
CONFORT TERMOIGROMETRICO

Il comfort termico degli ambienti **in inverno** è facilmente raggiungibile. **L'elevato potere coibente** degli attuali **involucri** ci permette di ottenere ottimi risultati in quanto a temperatura interna e risparmio energetico

Il **comfort termico estivo** è invece **più complesso** da raggiungere.
I **picchi di calore** portano facilmente a situazioni di discomfort.

CONFORT TERMOIGROMETRICO

- **Massa superficiale:** Ms > 230 kg/m^2 (DM 26-06-2015)
- **Trasmittanza periodica:** Yie < 0,10 W/m^{2}K (DM 26-06-2015)
- **Capacità termica areica interna periodica:** Cip > 40 kJ/m^{2}K (CAM)



attenuazione

sfasamento

CONFORT TERMOIGROMETRICO

Si prendono generalmente tre parametri fondamentali:

- **Massa superficiale:** Ms > 230 kg/m^2 (DM 26-06-2015)
- **Trasmittanza periodica:** Yie < 0,10 W/m^{2}K (DM 26-06-2015)
- **Capacità termica areica interna periodica:** Cip > 40 kJ/m^{2}K (CAM)

Questi tre parametri normativi vengono fissati però **solo per l'involucro (pareti esterne),** non considerando in nessun modo le partizioni interne che invece collaborano nella funzione di **VOLANO TERMICO ed il VOLANO IGROMETRICO.**

CONFORT TERMOIGROMETRICO

TRAMEZZATURE INTERNE
STRATIGRAFIA:

1

- Doppia lastra cartongesso (3 cm)
- Isolazione lana di roccia (10 cm)
- Doppia lastra cartongesso (3 cm)

Cip > 27,7 kJ/m²K

2

- Intonaco (2 cm)
- Lastra cartongesso (1,5 cm)
- Isolazione lana di roccia (6 cm)
- Lastra cartongesso (1,5 cm)
- Intonaco (2 cm)

Cip > 40,3 kJ/m²K

3

- Intonaco (2 cm)
- Tramezza (12 cm)
- Intonaco (2 cm)

Cip > 45,7 kJ/m²K

ISTITUTO CLIMA LIGURIA per edificioi zero

CAPAROL

HD SYSTEM

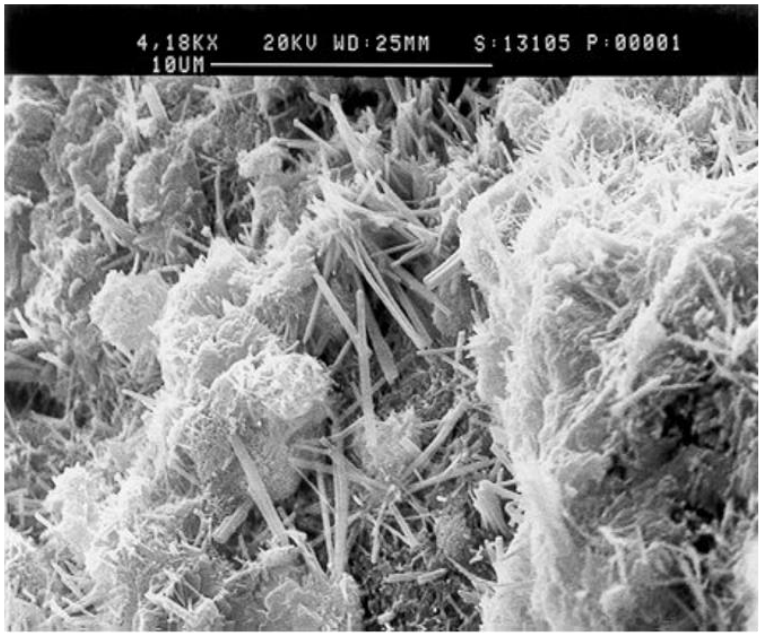
CONFORT TERMOIGROMETRICO

VOLANO TERMICO:

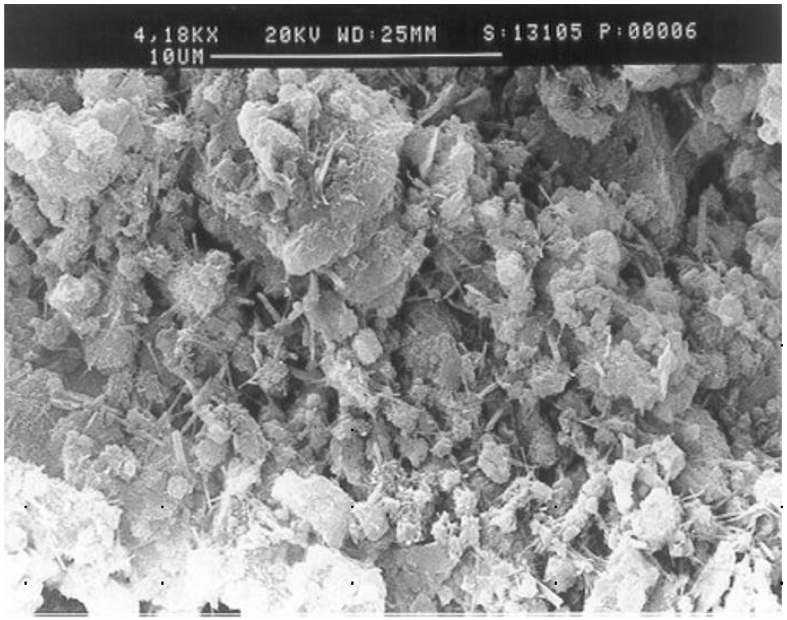
E’ la **capacità** delle strutture della nostra abitazione **di assorbire le escursioni termiche** che vi sono al di fuori e all’interno di essa.

INTERNAMENTE Sono i primi 6 cm a regolare la TEMPERATURA!

CONFORT TERMOIGROMETRICO



CEMENTO PORTLAND



B FLUID X/A

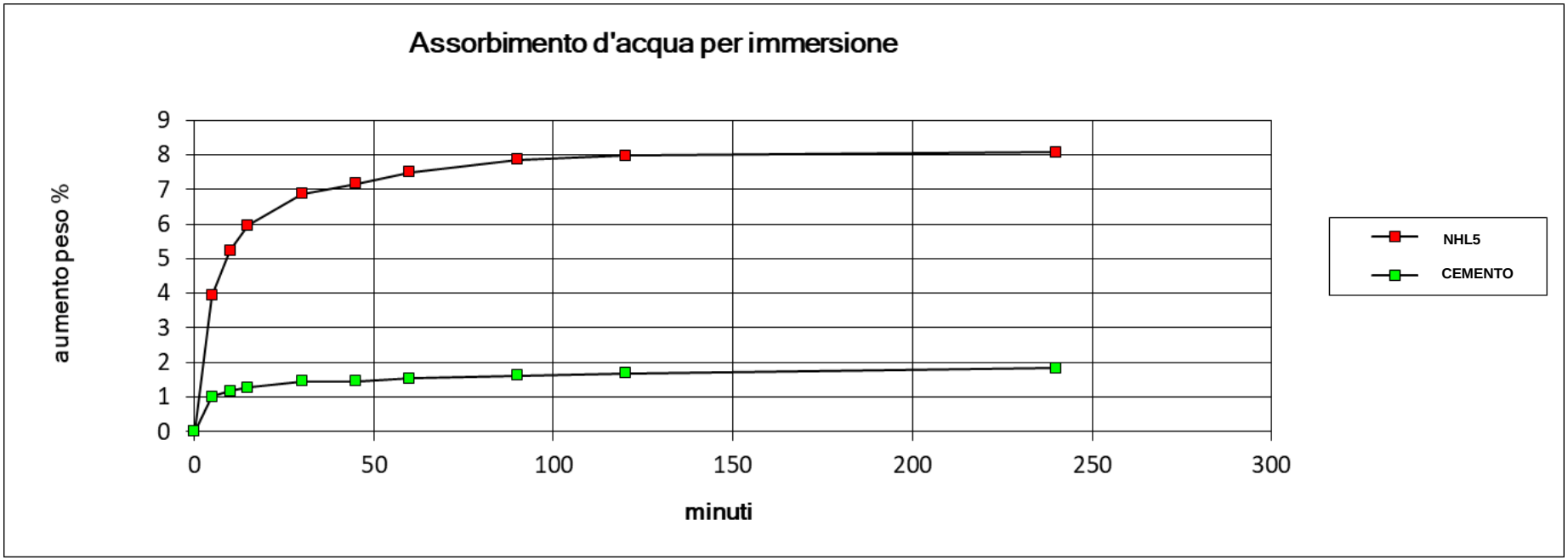
	RESISTENZA	ELASTICITA'	SALI SOLUBILI	REATTIVITA'	POROSITA'	ASCIUGATURA	TRASPIRABILITA'	CALORE DI IDRATAZIONE
CEMENTO PORTLAND	●●●	-	●●●	●●●	●	●	●	●●●
NHL	●	●●●	-	-	●●●	●●●	●●●	-

ISTITUTO CLIMA LIGURIA per edificioi zero

CAPAROL

HD SYSTEM

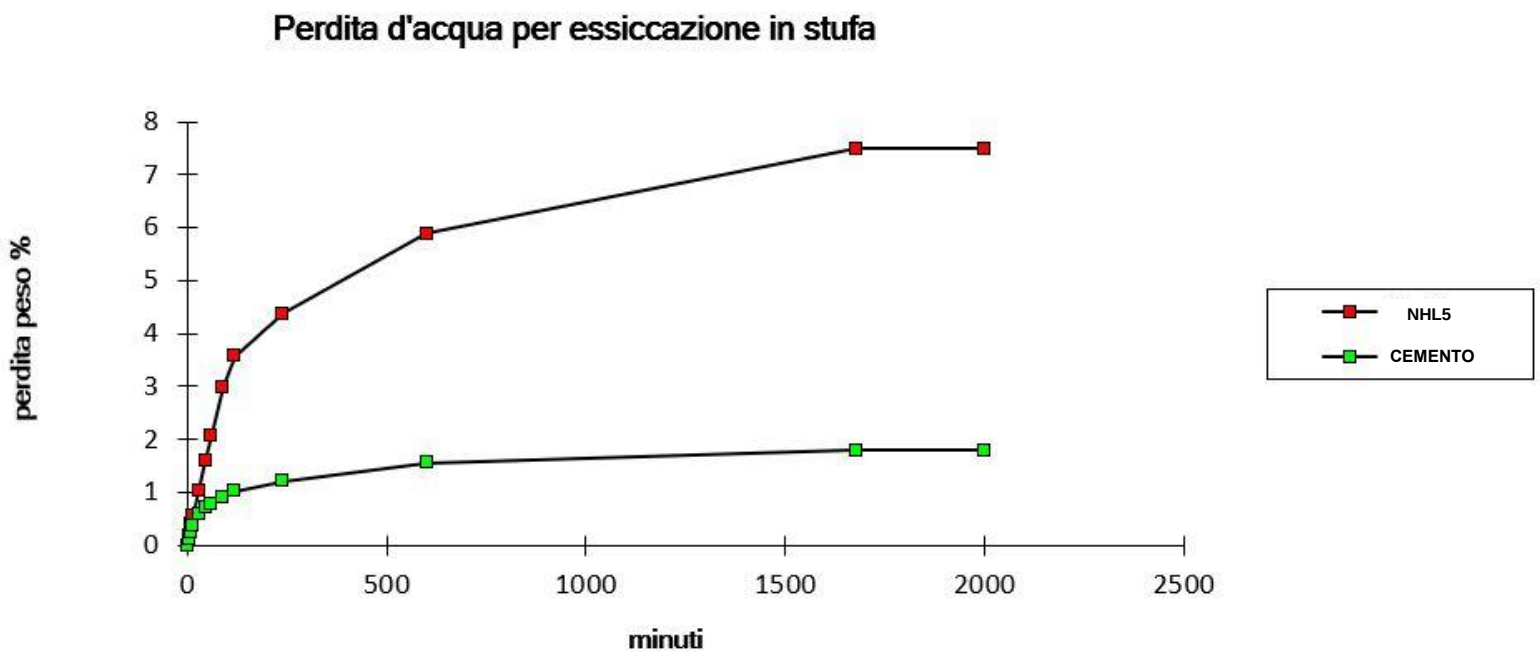
CONFORT TERMOIGROMETRICO



La calce idraulica naturale ha **capacità traspiranti maggiori** del cemento permettendo quindi un assorbimento maggiore di umidità.

E' importante in particolare la **rapidità** con la quale vengono assorbiti i picchi di umidità.

CONFORT TERMOIGROMETRICO



VOLANO IGROMETRICO:

E' la capacità delle superfici della nostra abitazione di assorbire i picchi di umidità.

INTERNAMENTE Sono i primi 10 mm a regolare l'UMIDITÀ!

Risanamento e Deumidificazione

➢Polmone igrometrico

Caratteristica fondamentale per evitare fenomeni condensativi superficiali.

QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR

DIPENDE DA:

- **Emissioni** da parte dei materiali di costruzione
- Qualità del ricircolo e del **ricambio** dell' aria interna

QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR

EMISSIONI

è necessario progettare l'ambiente interno con prodotti di provenienza certa e privi di sostanze dannose.

non contengono = non emettono

ISTITUTO CLIMA LIGURIA per emissioni zero

CAPAROL

HD SYSTEM