



27 Ottobre 2018

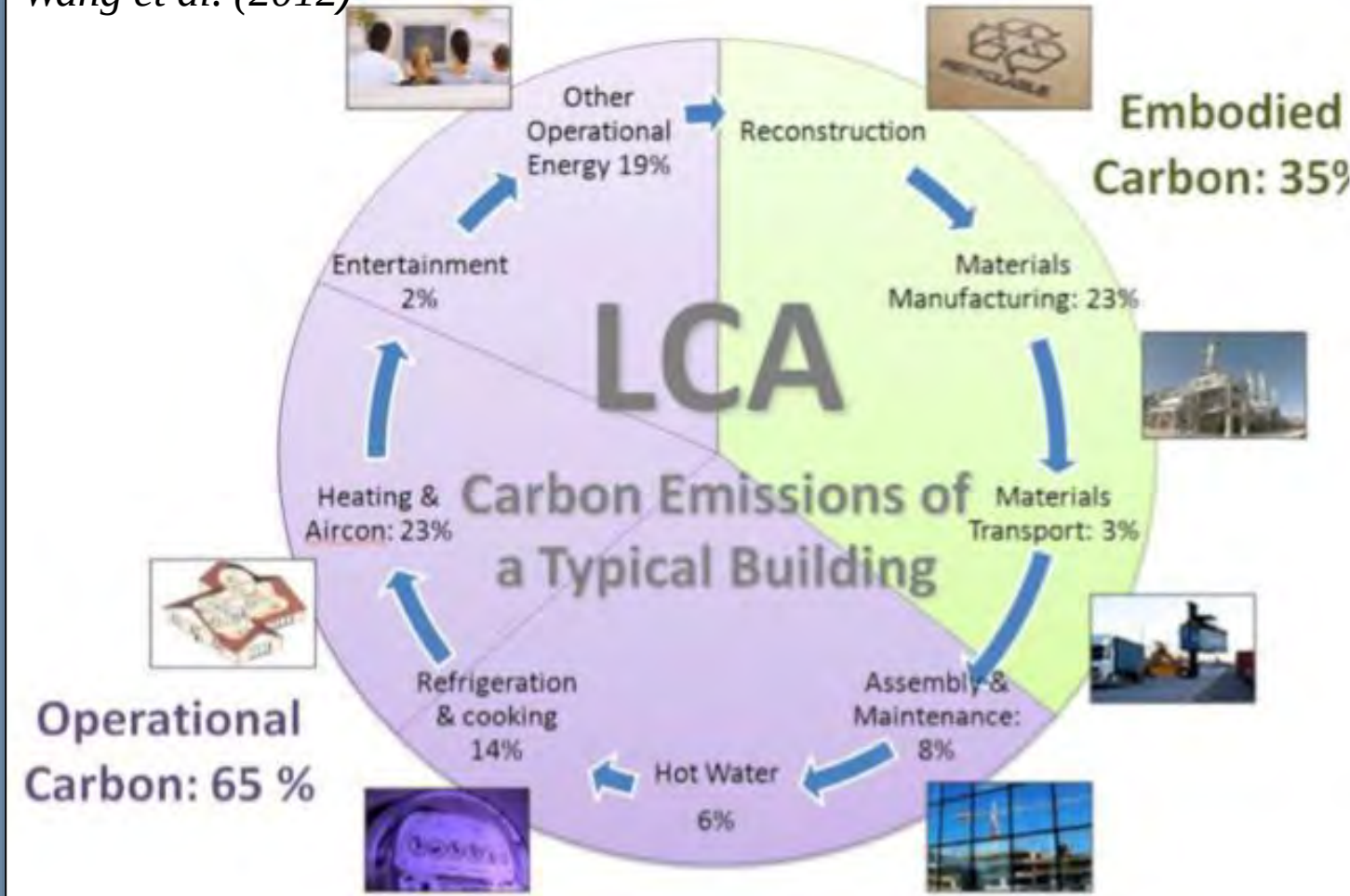
Il Lavoro RILEM sui materiali bio-based e approfondimenti sulla canapa

Prof. Francesca Tittarelli

Dipartimento di Scienze e Ingegneria dei Materiali, dell'Ambiente
e Urbanistica (SIMAU)
Facoltà di Ingegneria
Università Politecnica delle Marche, Ancona

SOSTENIBILITÀ NELLE COSTRUZIONI

Wang et al. (2012)



il settore delle costruzioni consuma il 40%
delle risorse energetiche

SOSTENIBILITÀ NELLE COSTRUZIONI

**RIDURRE LA
SPESA
ENERGETICA
nel settore delle
costruzioni**

aumentando
l'EFFICIENZA
ENERGETICA

aumentando la
DURABILITÀ

NORME TECNICHE DELLE COSTRUZIONI

D.M. 17 gennaio 2018

AGGIORNAMENTO DELLE «NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI»

GU Serie Generale n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8)

Capitolo 2. SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE

Le opere e le componenti strutturali devono essere progettate, eseguite, collaudate e soggette a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione, in forma **economicamente sostenibile** e con il livello di sicurezza previsto dalle presenti norme. In particolare, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti: ...

durabilità: capacità della costruzione di mantenere, nell'arco della vita nominale di progetto, i livelli prestazionali per i quali è stata progettata, tenuto conto delle caratteristiche ambientali in cui si trova e del livello previsto di manutenzione. ...Tale requisito può essere soddisfatto attraverso: a) la **scelta opportuna dei materiali**; b) dimensionamento opportuno delle strutture; c) scelta opportuna dei dettagli costruttivi; d) adozione di tipologie costruttive e strutturali che consentano l'ispezionabilità delle parti strutturali; e) pianificazione di misure di protezione e manutenzione...; f) impiego di prodotti e componenti chiaramente identificati e dotati di idonea qualificazione; g) applicazione di sostanze o ricoprimenti protettivi dei materiali...; h) adozione di sistemi di controllo, passivi o attivi, adatti alle azioni e ai fenomeni ai quali l'opera può essere sottoposta. Le condizioni ambientali devono essere identificate in fase di progetto in modo da valutarne la rilevanza nei confronti della durabilità.

SOSTENIBILITÀ NELLE COSTRUZIONI

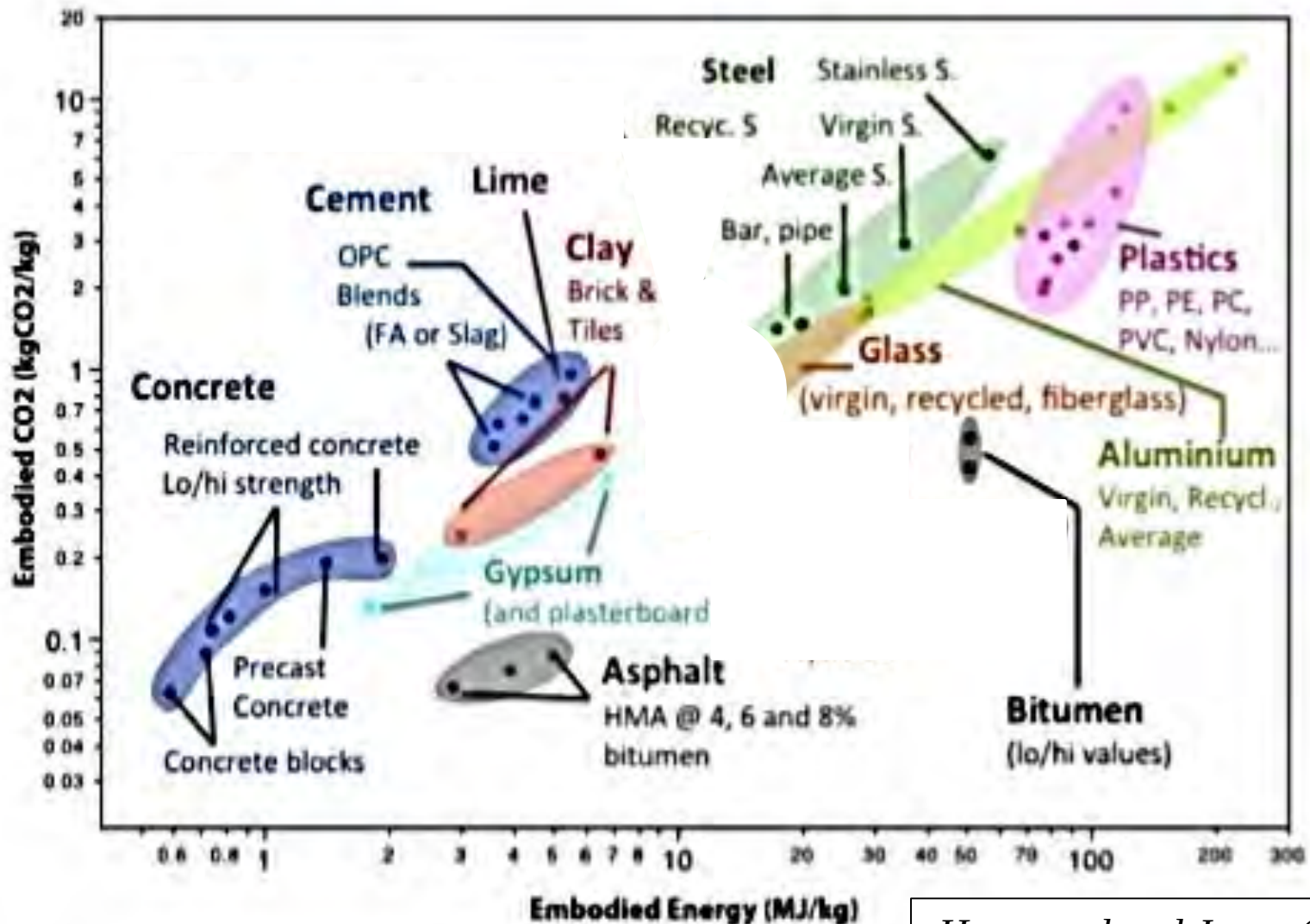
diminuendo la
spesa energetica
dei MATERIALI

**RIDURRE LA
SPESA
ENERGETICA
nel settore delle
costruzioni**

aumentando
l' EFFICIENZA
ENERGETICA

aumentando la
DURABILITÀ

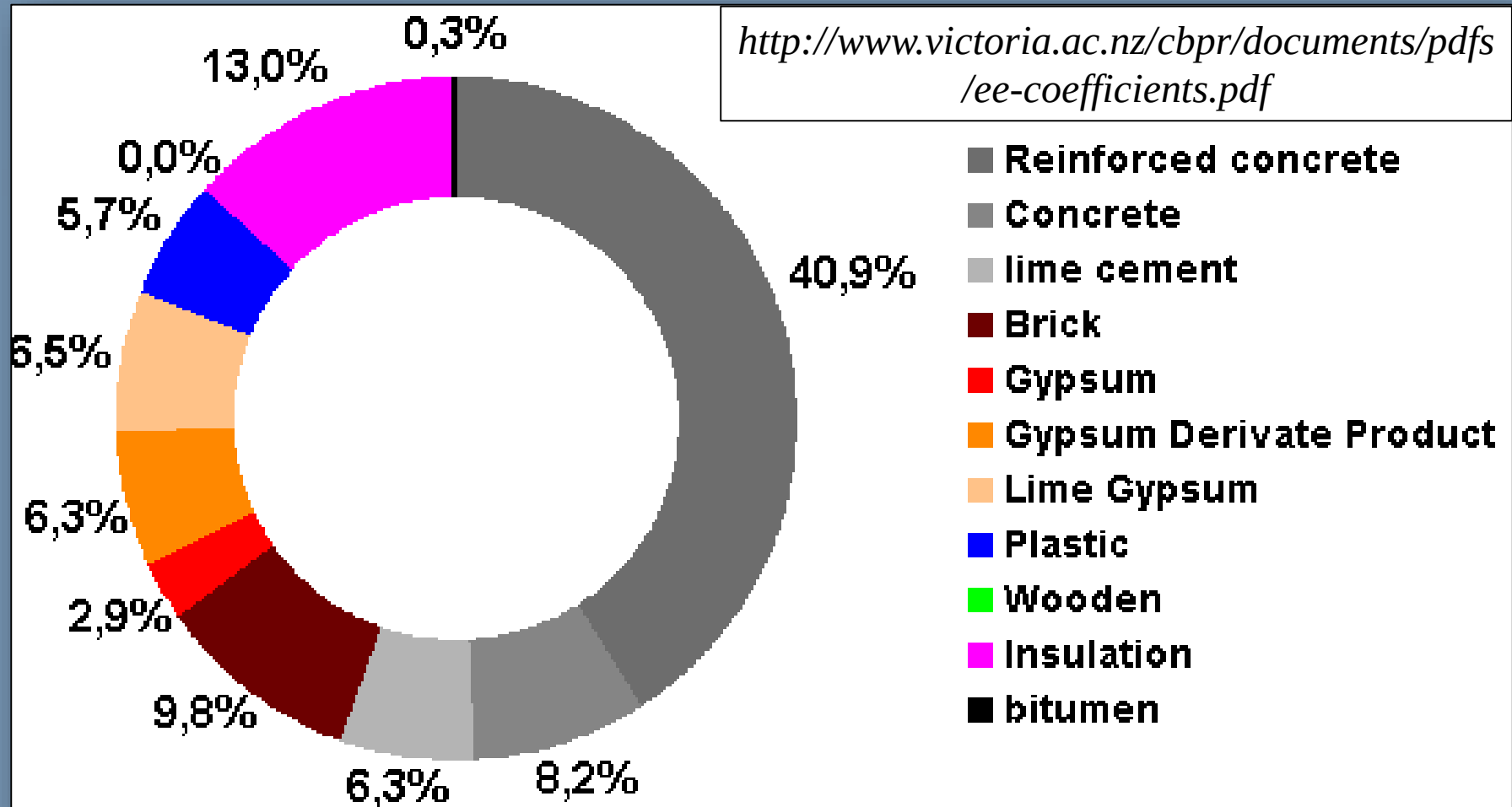
SOSTENIBILITÀ NEI MATERIALI DA COSTRUZIONE



Hammond and Jones (2011)

SOSTENIBILITÀ NEI MATERIALI DA COSTRUZIONE

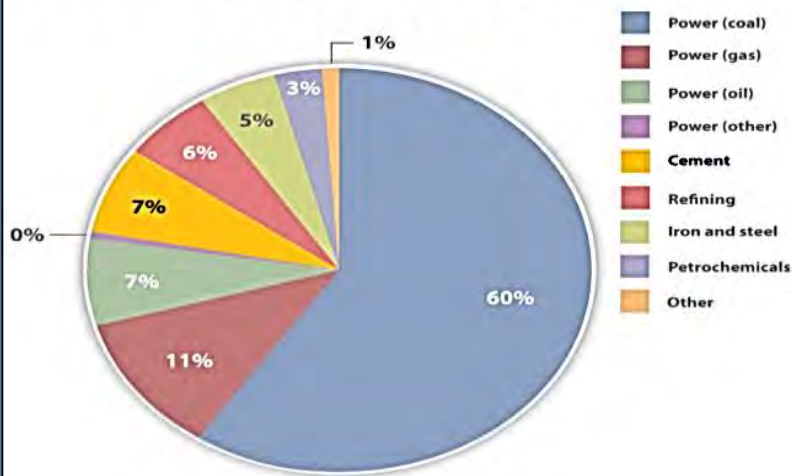
<http://www.victoria.ac.nz/cbpr/documents/pdfs/ee-coefficients.pdf>



Più del 50% dell'energia immagazzinata nei materiali da costruzione deriva da MALTE e CALCESTRUZZI

MALTE E CALCESTRUZZI TRADIZIONALI

PRINCIPALI FONTI DI GAS SERRA



CO₂



*1 t di cemento
1 t di CO₂*

1450 °C

ARGILLA (40%) + CALCARE



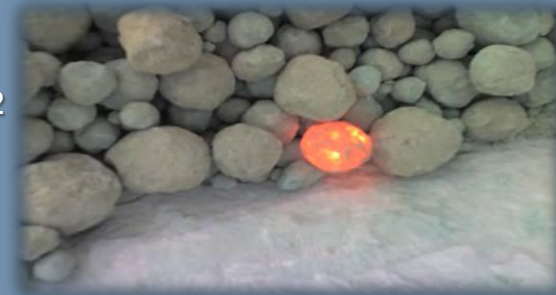
C + C₂S + CA

S = SiO₂, A = Al₂O₃, C = Ca(OH)₂

**Legante
CEMENTO**

+

**AGGREGATI
NATURALI**



*Materie prime
non rinnovabili*

SOSTENIBILITÀ NELLE COSTRUZIONI

Sostituendo il cemento Portland con:



diminuendo la
spesa energetica
dei MATERIALI

- Cementi solfoalluminosi
- Cementi pozzolanici, d'altoforno o compositi
- Cementi belitici
- Geopolimeri
- Calce

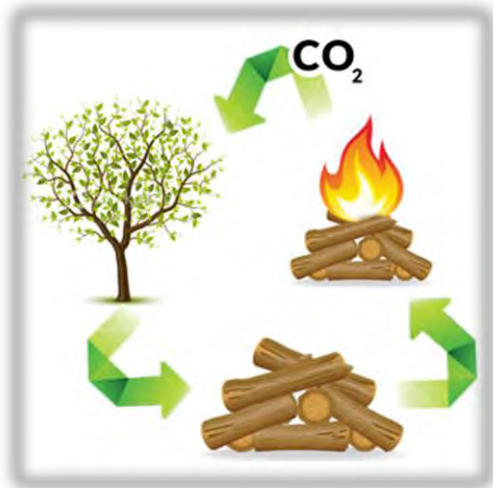
Sostituendo gli aggregati naturali con:



- Aggregati riciclati dal C&D waste
- Aggregati da rifiuti da fonti diverse (plastiche, vetro, sabbie di fonderie...)
- Aggregati da Biomassa

AGGREGATI DA BIOMASSA

MATERIA PRIMA RINNOVABILE



Sughero



Trucioli di Abete



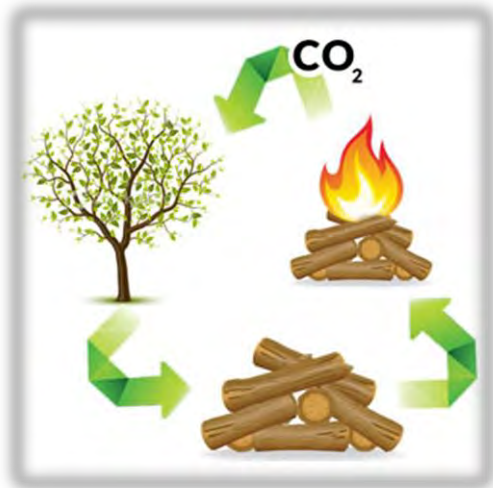
Ceneri



Trucioli di Abete Torrefatti

FIBRE DA BIOMASSA

MATERIA PRIMA RINNOVABILE



Fibra di Lino



Fibra di Juta



Fibra di Kenaf



Fibra di Canapa



Fibra di Cocco



Fibra di Mais

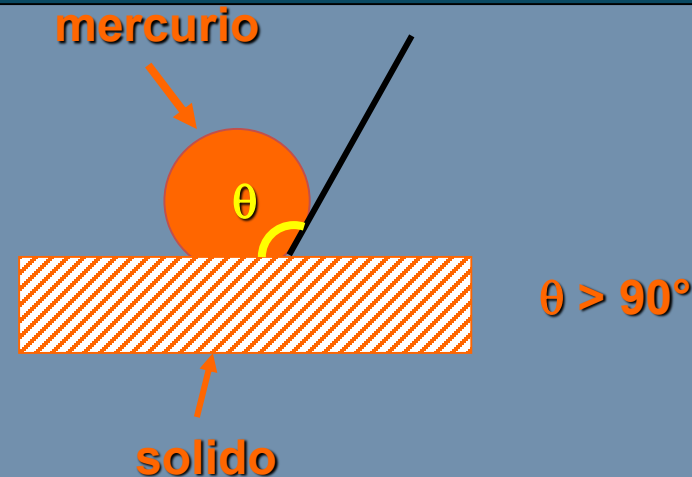


Fibra di Cellulosa

MICROSTRUTTURA: POROSIMETRIA



$\theta > 90^\circ \Rightarrow$ occorre applicare una pressione dall'esterno (P negativa) per fare entrare il liquido nel solido



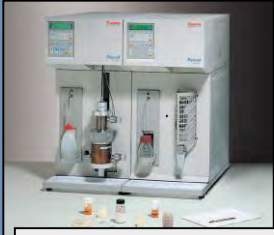
$$P = \frac{2\sigma}{r} \cdot \cos\theta$$

Equazione di Washburn

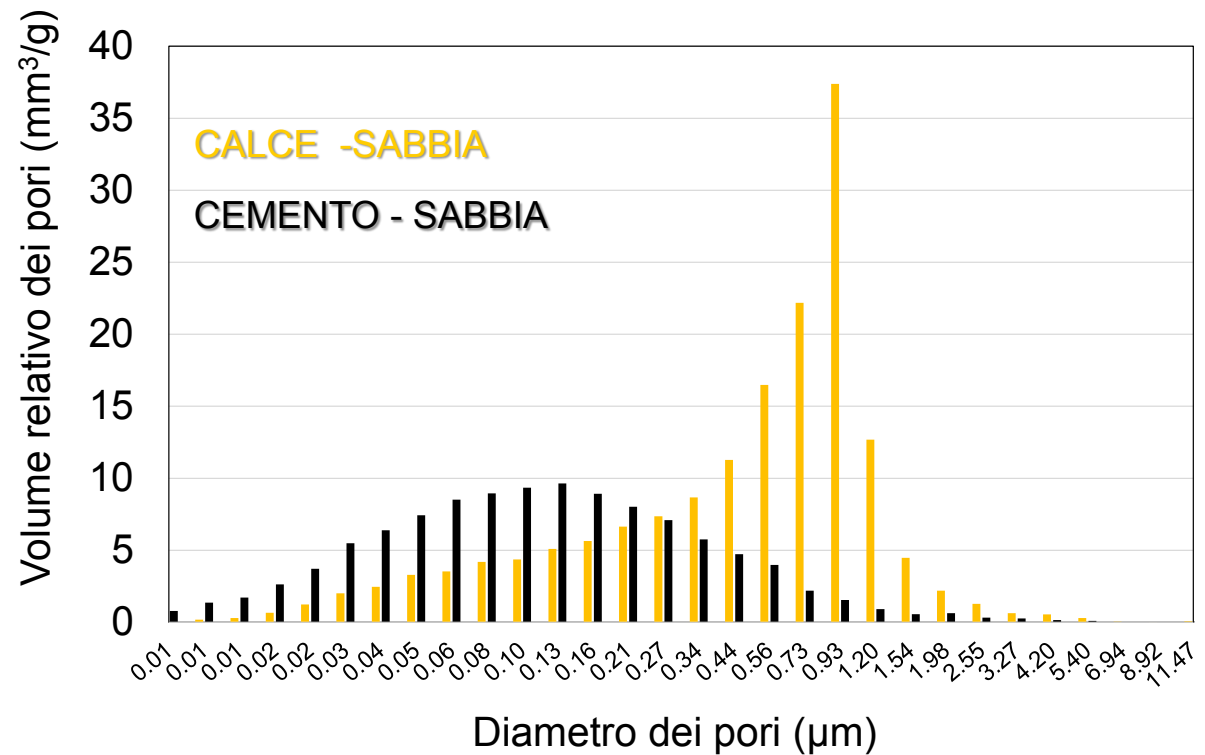
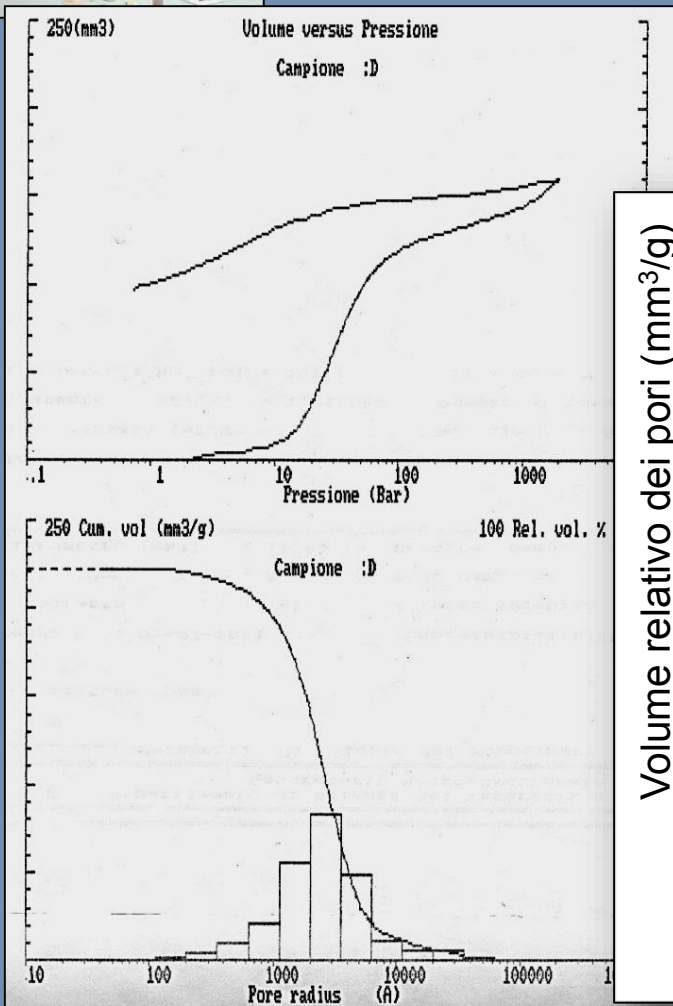
P: pressione che occorre applicare per fare entrare il Hg nei pori di raggio r
 σ : tensione superficiale del Hg
 θ : angolo di contatto tra Hg e materiale solido

si immerge il campione in un bagno di Hg, si applica una P crescente e si misura il V di Hg che penetra nei pori (a partire da quelli di raggio maggiore e poi minore)

MICROSTRUTTURA: POROSIMETRIA



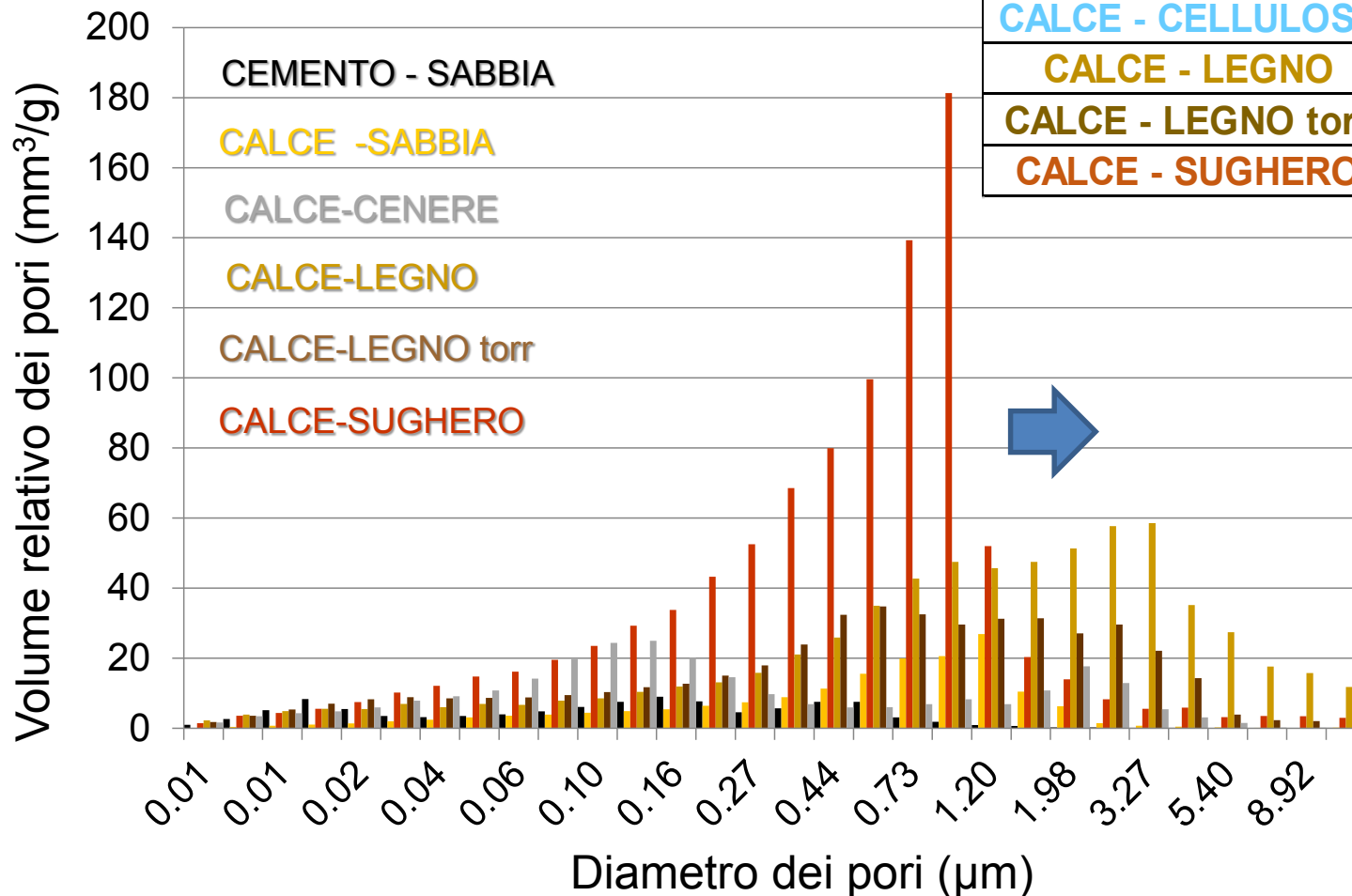
	POROSITÀ (%)
CEMENTO-SABBIA	22
CALCE - SABBIA	32



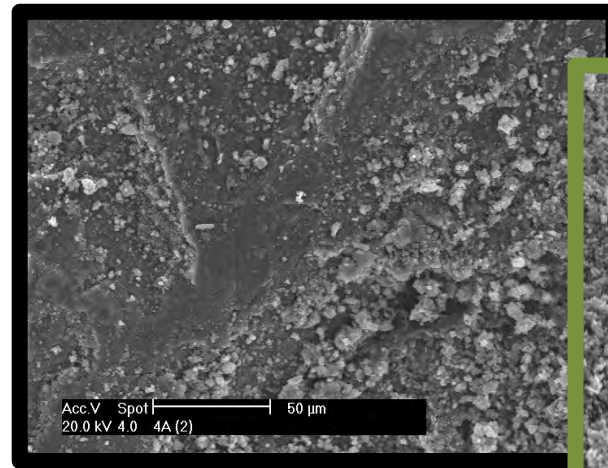
MICROSTRUTTURA: POROSIMETRIA



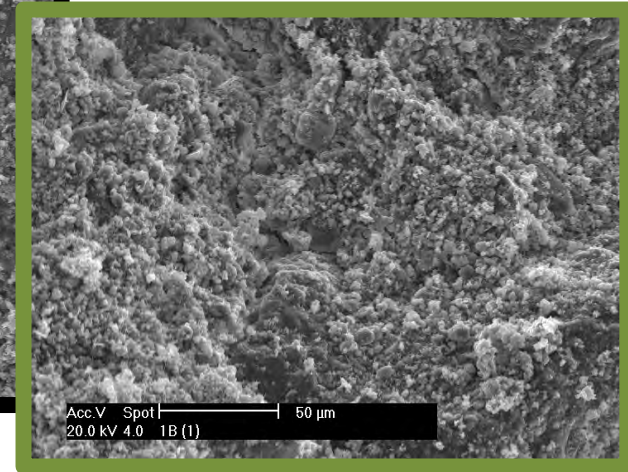
	POROSITÀ (%)
CEMENTO-SABBIA	22
CALCE - SABBIA	32
CALCE - CENERE	41
CALCE - CELLULOSA	35
CALCE - LEGNO	52
CALCE - LEGNO torr	49
CALCE - SUGHERO	65



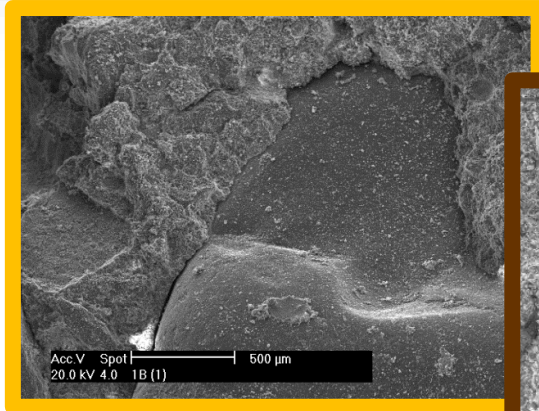
MICROSTRUTTURA: MICROSCOPIA SEM



PASTA di CEMENTO



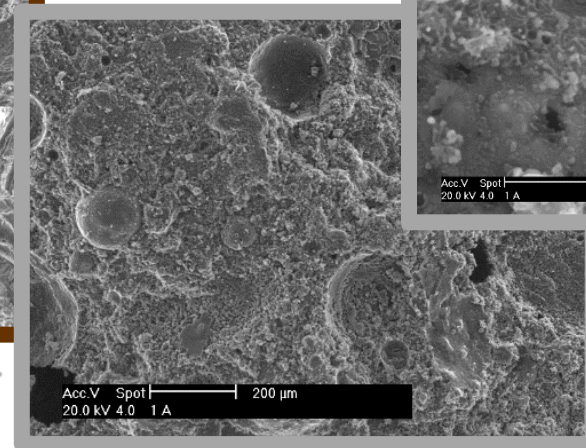
PASTA di CALCE



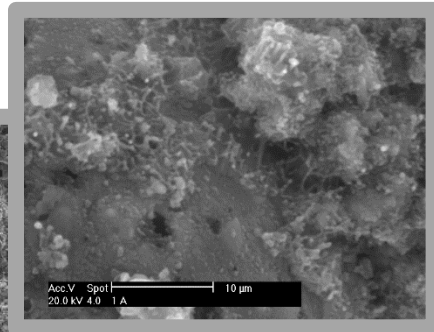
INTERFACCIA CALCE-SABBIA



INTERFACCIA CALCE-LEGNO torr

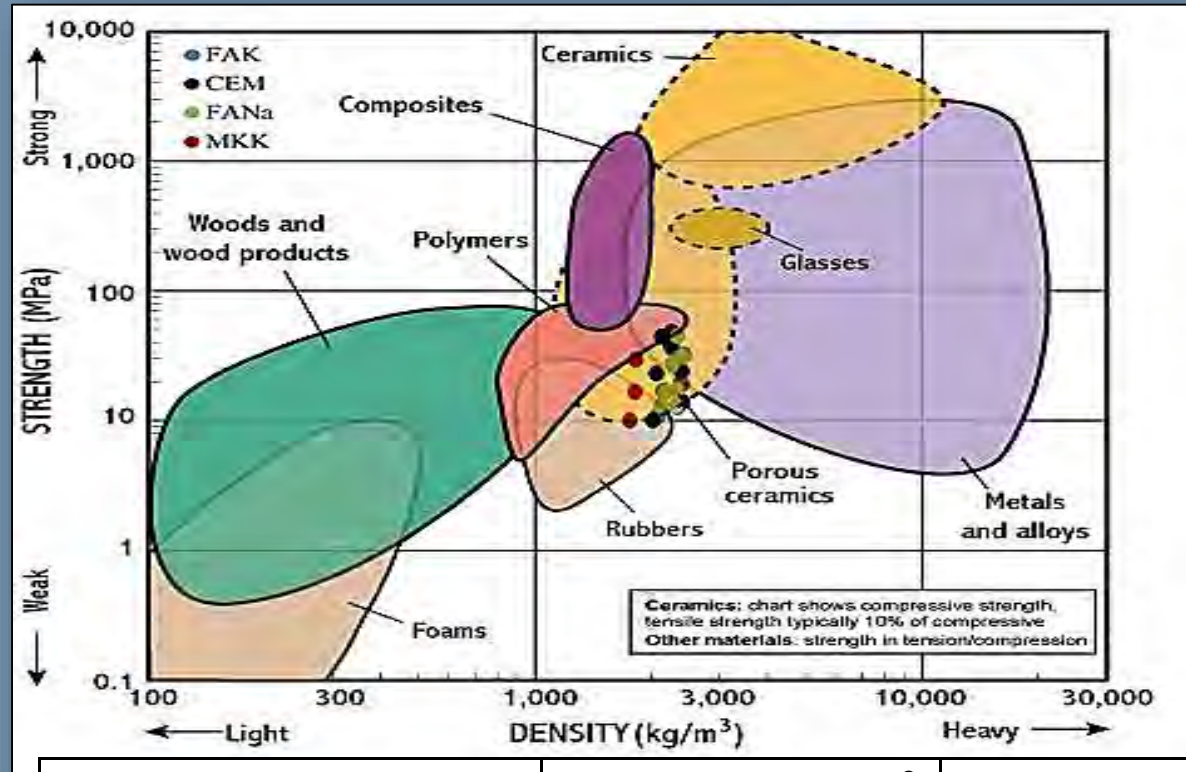


INTERFACCIA CALCE-CENERE



RESISTENZA MECCANICA E DENSITÀ

<http://www-materials.eng.cam.ac.uk>

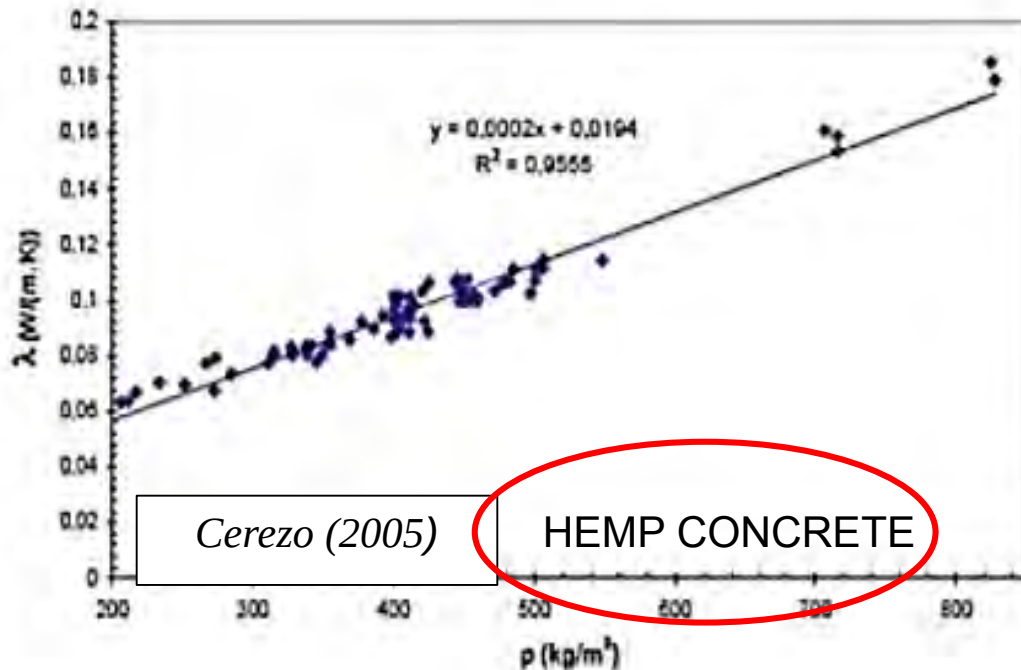
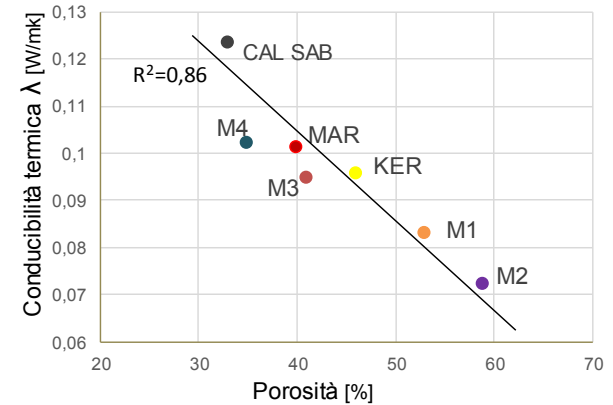
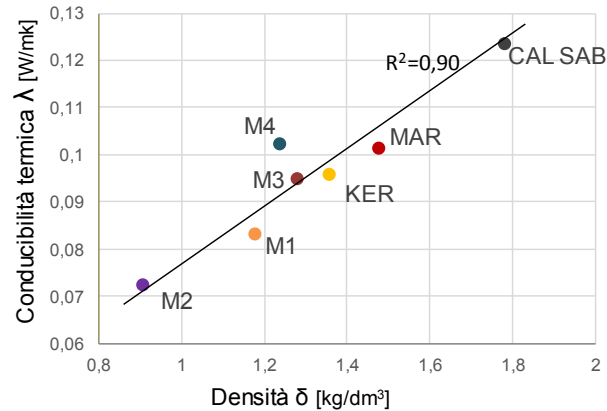


**MALTE
LEGGERE**

	DENSITÀ (gr/cm ³)	Rc (MPa)
CEMENTO-SABBIA	2.1	35.0
CALCE - SABBIA	1.8	6.0
CALCE - CENERE	1.5	9.3
CALCE - CELLULOSA	1.6	4.7
CALCE - LEGNO	0.6	1.1
CALCE - LEGNO torr	0.4	4.9
CALCE - SUGHERO	0.5	0.8

CONDUCIBILITÀ TERMICA

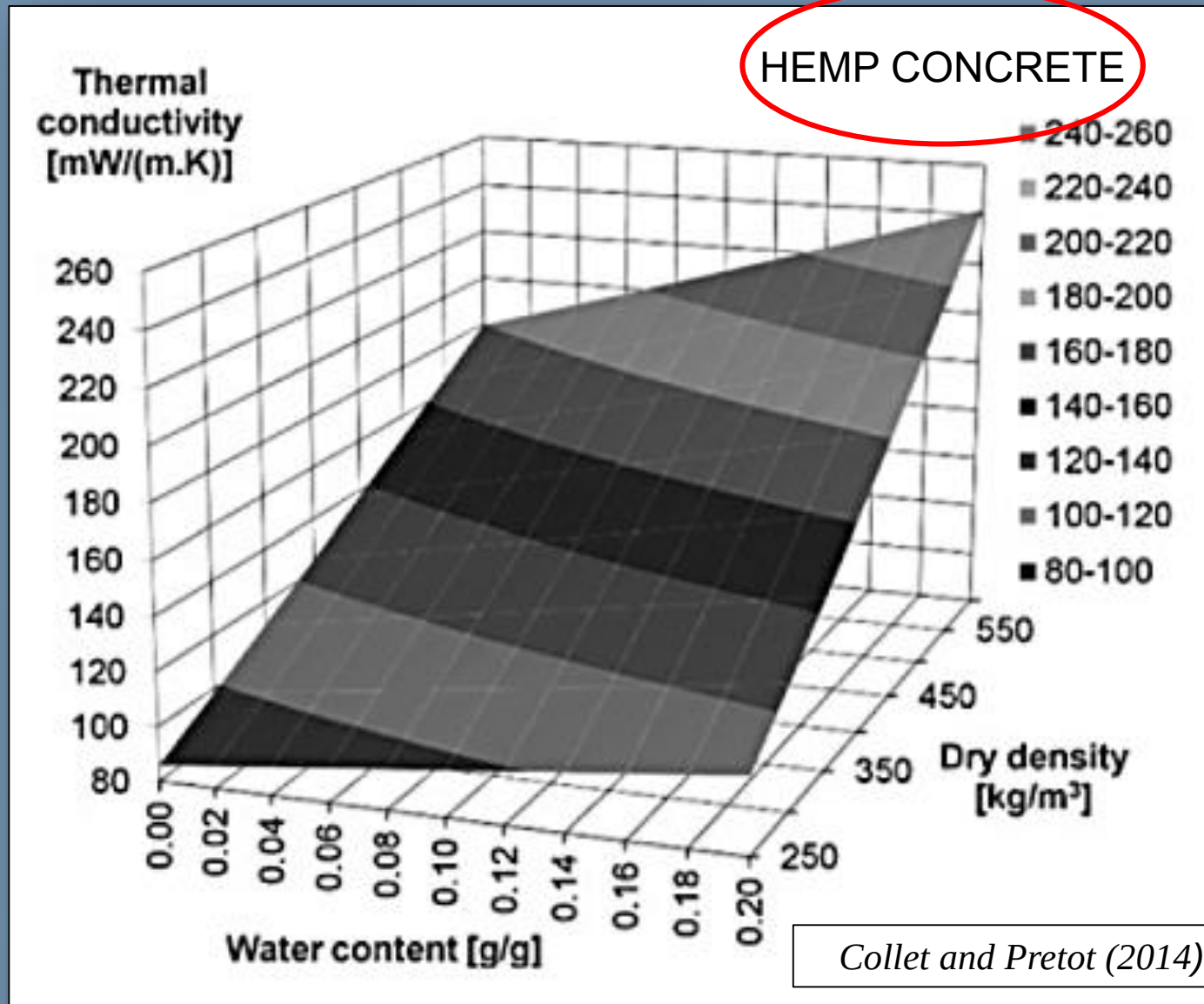
CORRELAZIONE TRA CONDUCIBILITÀ, POROSITÀ E DENSITÀ



➤ EFFETTO DELLA QUANTITÀ DI BIOMASSA

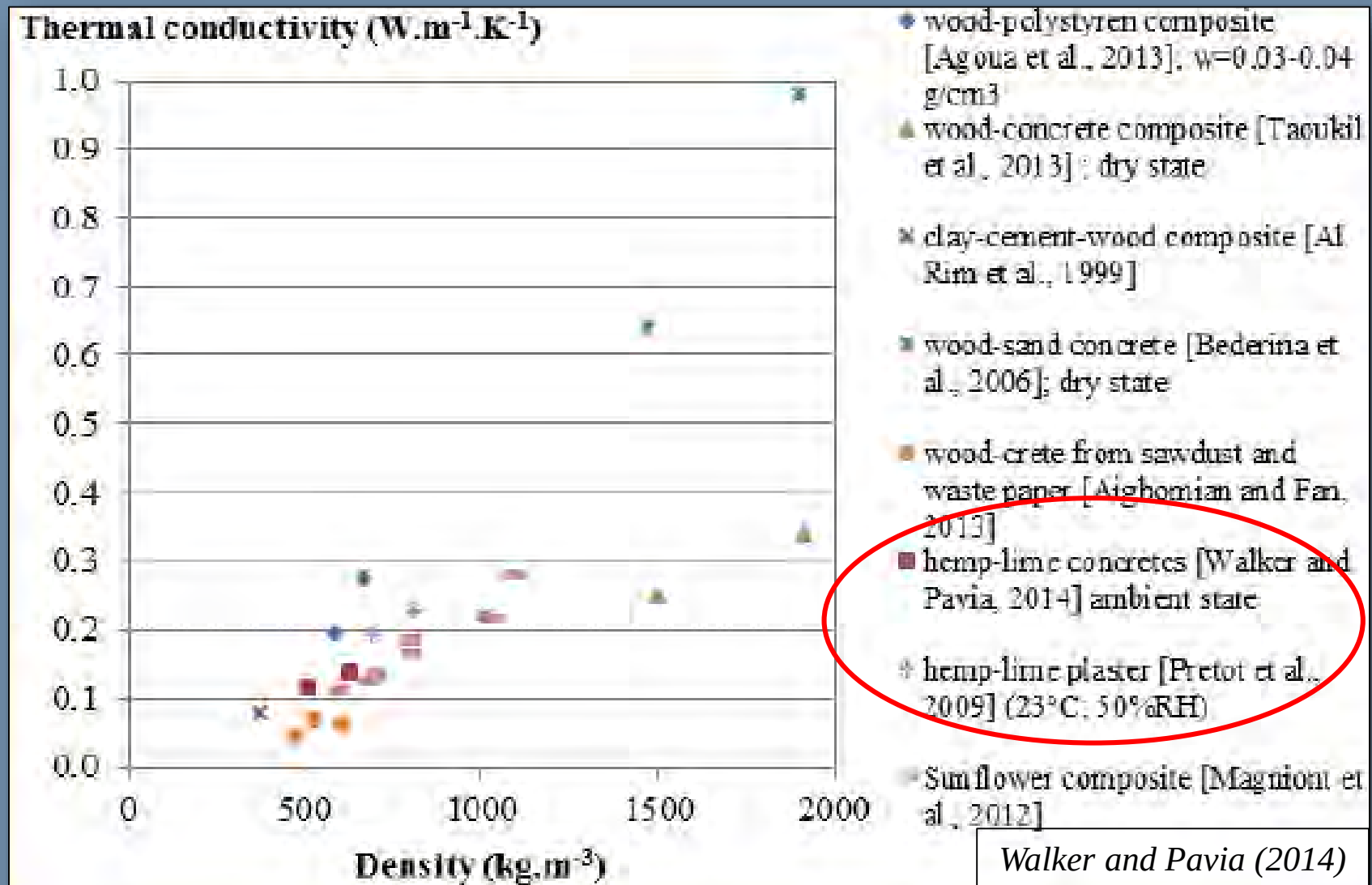
CONDUCIBILITÀ TERMICA

➤ EFFETTO DELL'UMIDITÀ

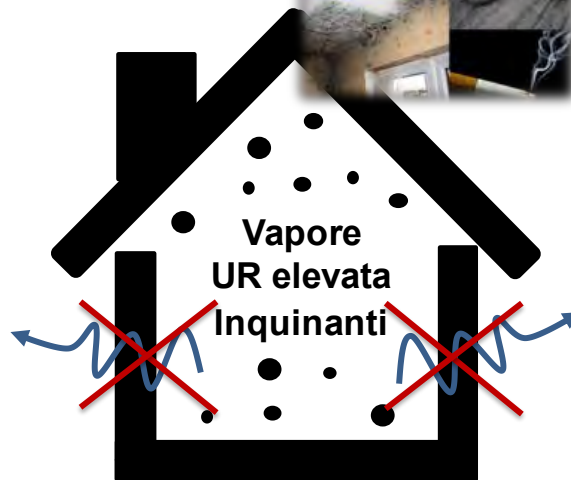


CONDUCIBILITÀ TERMICA

➤ EFFETTO DELLA TIPOLOGIA DI BIOMASSA



INQUINAMENTO INDOOR



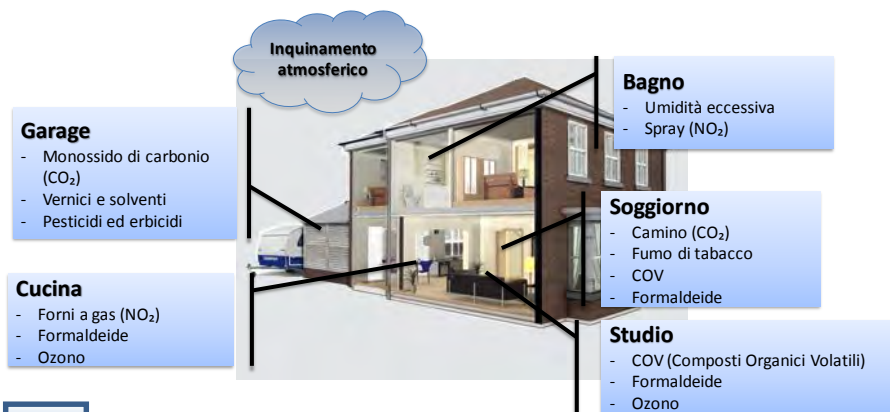
INQUINAMENTO INDOOR
Sindrome da Edificio Malato

aumentando
l'EFFICIENZA
ENERGETICA



SISTEMI ATTIVI PER
MIGLIORARE LA
QUALITÀ DELL'ARIA

SISTEMI PER IL MIGLIORAMENTO DELL'ARIA



SISTEMI ATTIVI

(convenzionali)

Dispositivi di purificazione dell'aria

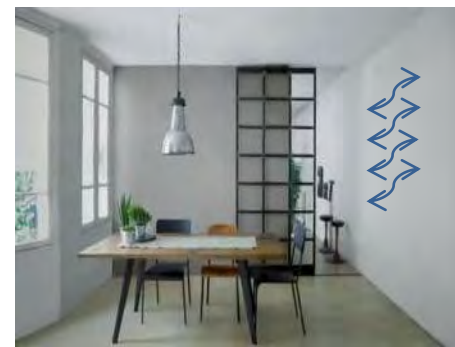


- ✓ Consumo Energetico
- ✓ Fonte di rumore

SISTEMI PASSIVI

(innovativi)

Malte e finiture



- ✓ Nessun costo energetico
- ✓ Nessuna fonte di rumore
- ✓ Intrinseca capacità dis inquinante



PROPRIETÀ CONVENZIONALI DI MALTE

Caratterizzare le malte non solo per le proprietà convenzionali come ...



➤ LAVORABILITÀ



➤ RESISTENZA MECCANICA



➤ RITIRO



➤ ADERENZA CON IL SUPPORTO

PROPRIETÀ INNOVATIVE DI MALTE

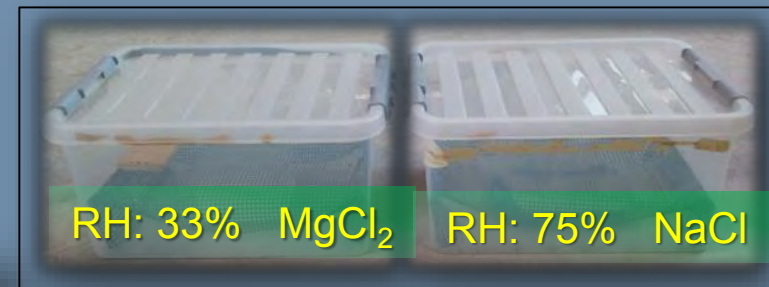
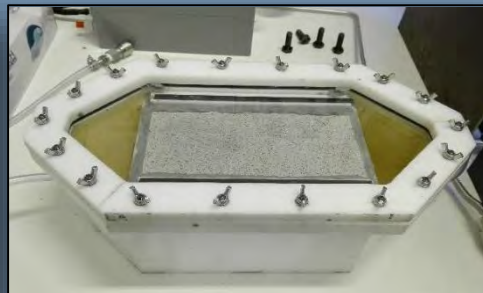
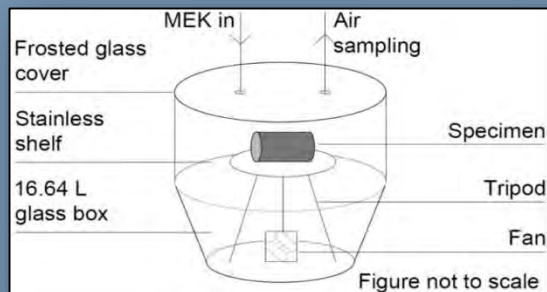
...ma anche per quelle che influenzano il comfort e la salubrità dell'ambiente indoor come:

➤ PERMEABILITÀ AL VAPORE



➤ CAPACITÀ DI TAMPONE IGROMETRICO

➤ PROPRIETÀ DISINQUINANTI



PERMEABILITÀ AL VAPORE

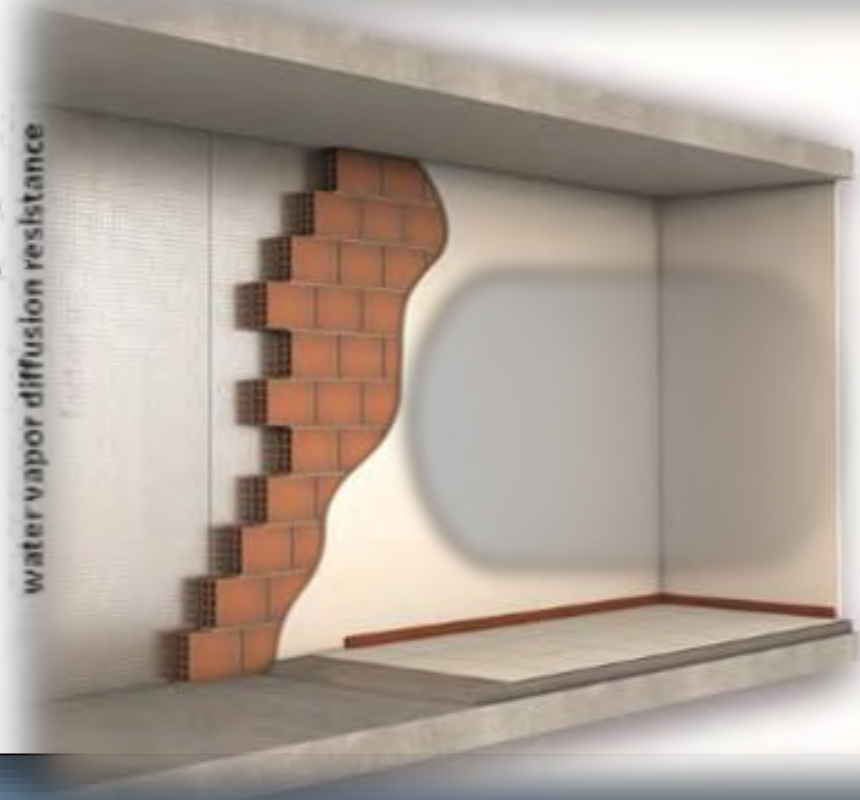
The **water vapour permeability** δ_v ($\text{kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}.\text{Pa}^{-1}$) is the capacity of a material to let water vapour go through it, under a difference of vapour pressure

The permeability of a material can also be characterized by the **water vapour resistance factor** μ (-).

$$\mu = \delta_{v,air} / \delta_v$$

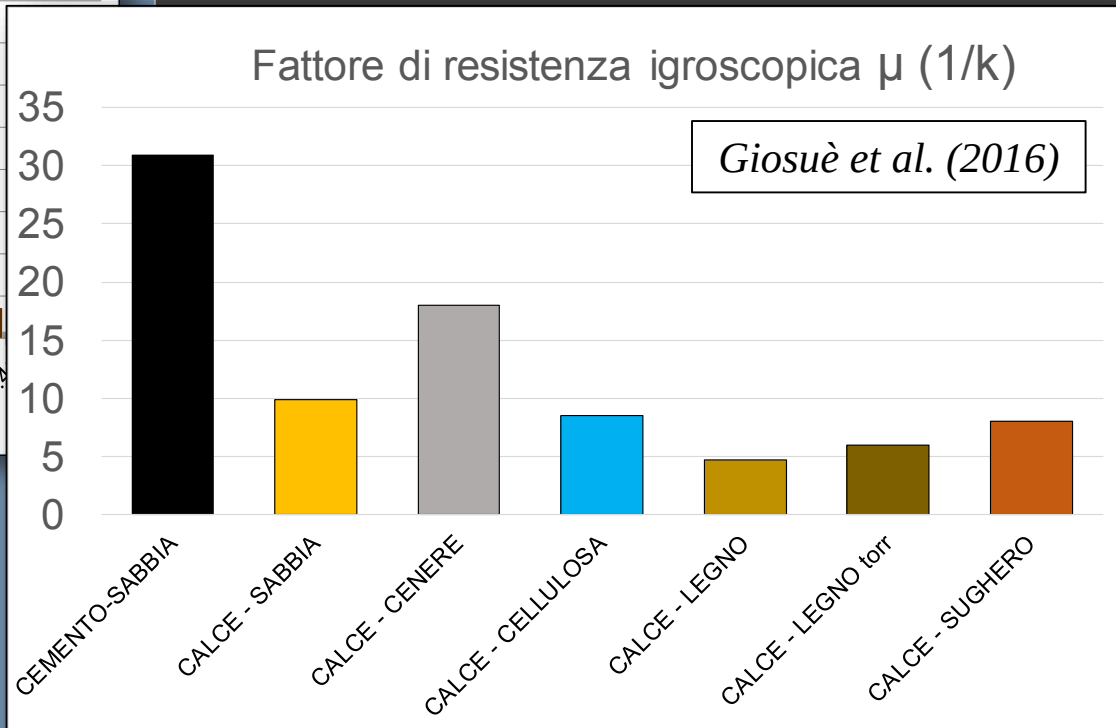
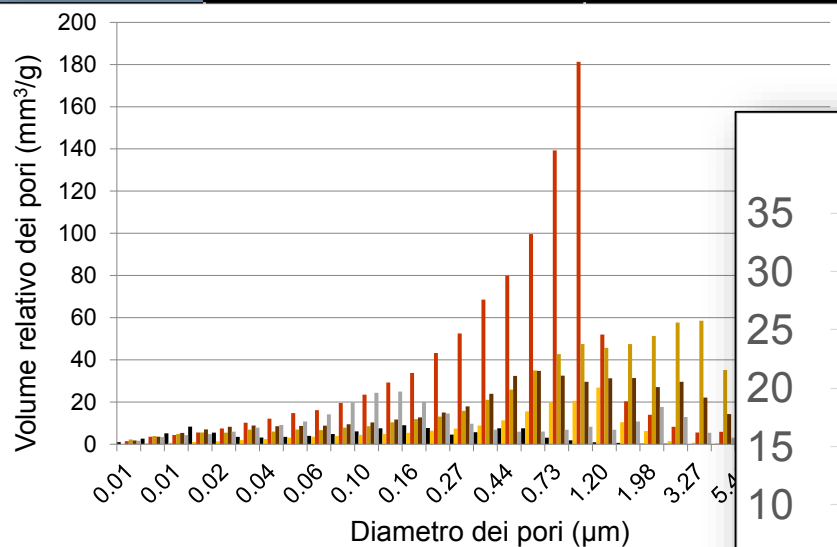
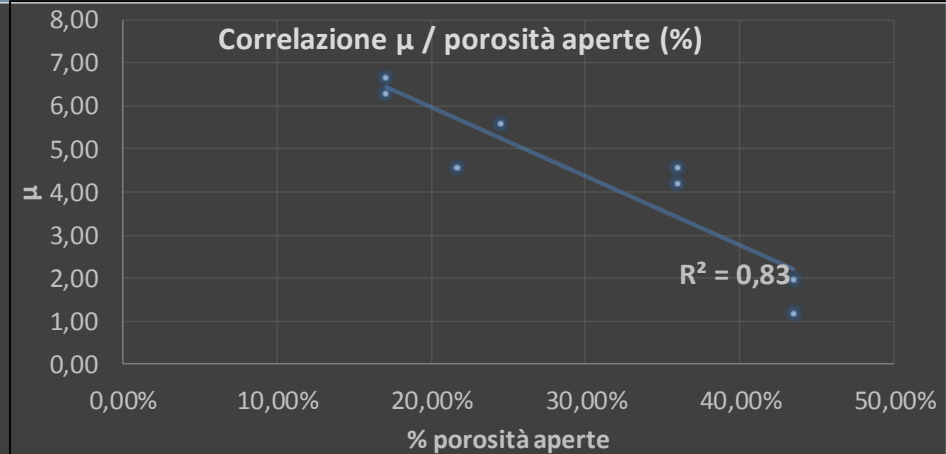
at 23°C and 1 bar:

$$\delta_{v,air} = 1.98 \cdot 10^{-10} \text{ kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}.\text{Pa}^{-1}$$



PERMEABILITÀ AL VAPORE

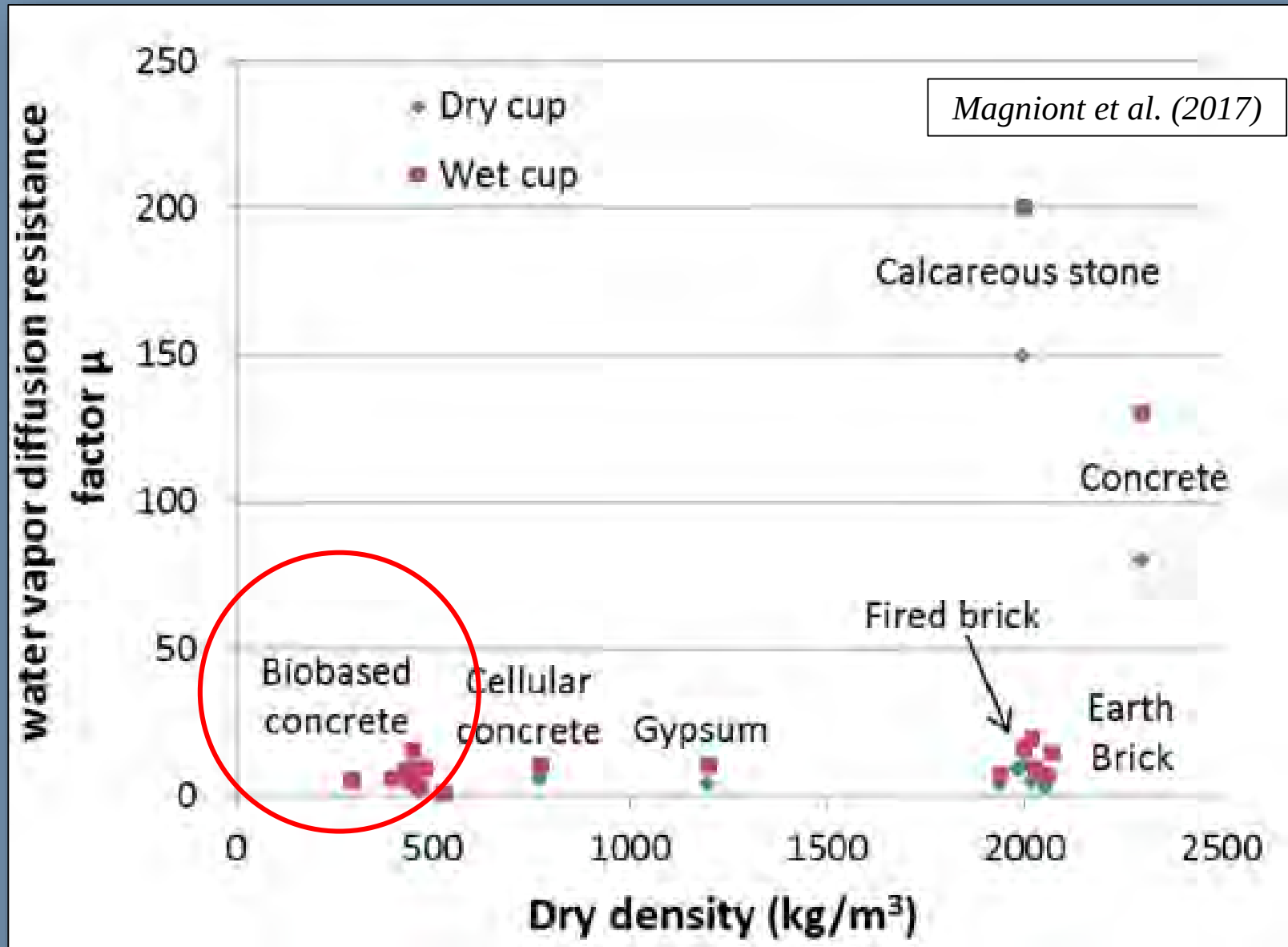
	POROSITÀ (%)
CEMENTO-SABBIA	22
CALCE - SABBIA	32
CALCE - CENERE	41
CALCE - CELLULOSA	35
CALCE - LEGNO	52
CALCE - LEGNO torr	49
CALCE - SUGHERO	65



Equazione
di Katz-Thompson

$$k \propto r_c^2$$

PERMEABILITÀ AL VAPORE



CAPACITÀ DI TAMPONE IGROSCOPICO



Moisture buffer capacity

First measurement of the MBC

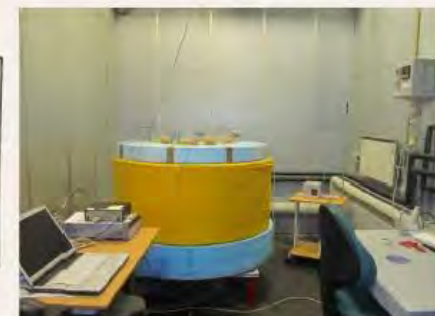
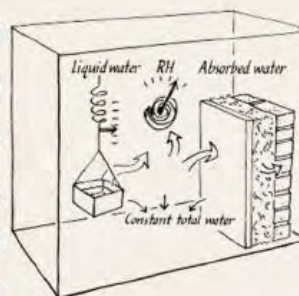
- T. Padfield (1999) is the pioneers in characterizing hygroscopic materials using the Mega Cup
- MBV was defined as a weight change of the sample when there is variation in relative humidity



Mega Cup

Principle of operation

The airtight chamber contains a fixed quantity of water which is distributed between three components: a water tank, which is weighed, the air in the chamber, whose RH is measured and the experimental wall, whose change in water content must be the remainder



The water vapor flux chamber

CAPACITÀ DI TAMPONE IGROSCOPICO

Il **Moisture Buffering Value (MBV)** è la capacità della malta di attenuare le variazioni di umidità negli ambienti indoor rilasciando o assorbendo vapor d'acqua.

Campioni esposti a variazioni cicliche di umidità giornaliere e misura della quantità di vapor d'acqua assorbito e rilasciato.

$$T = 20 \pm 2^{\circ}\text{C}$$

$$\text{UR} = 75 \pm 3\% \quad t = 8 \text{ h}$$

$$\text{UR} = 33 \pm 3\% \quad t = 16 \text{ h}$$

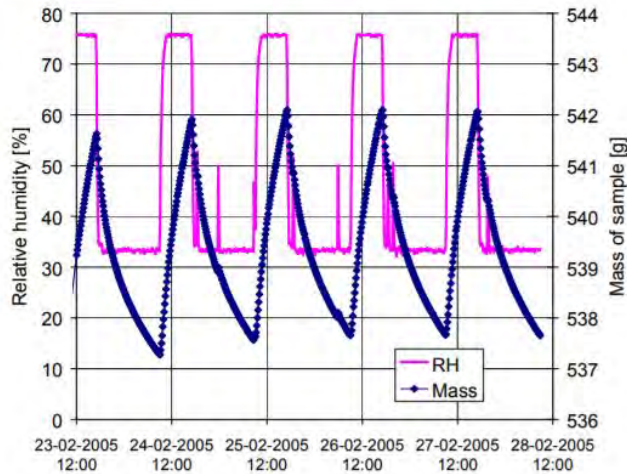


RH: 33% MgCl_2

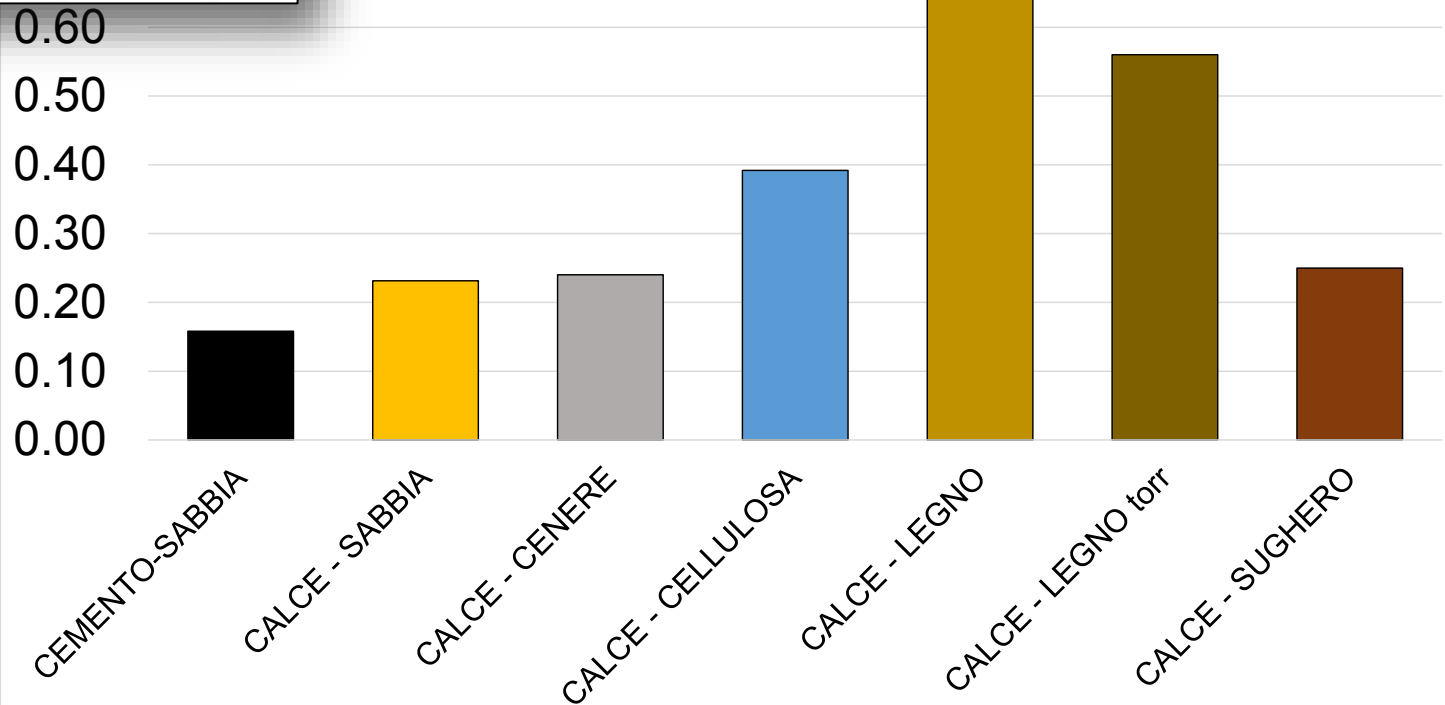
RH: 75% NaCl

CAPACITÀ DI TAMPONE IGROSCOPICO

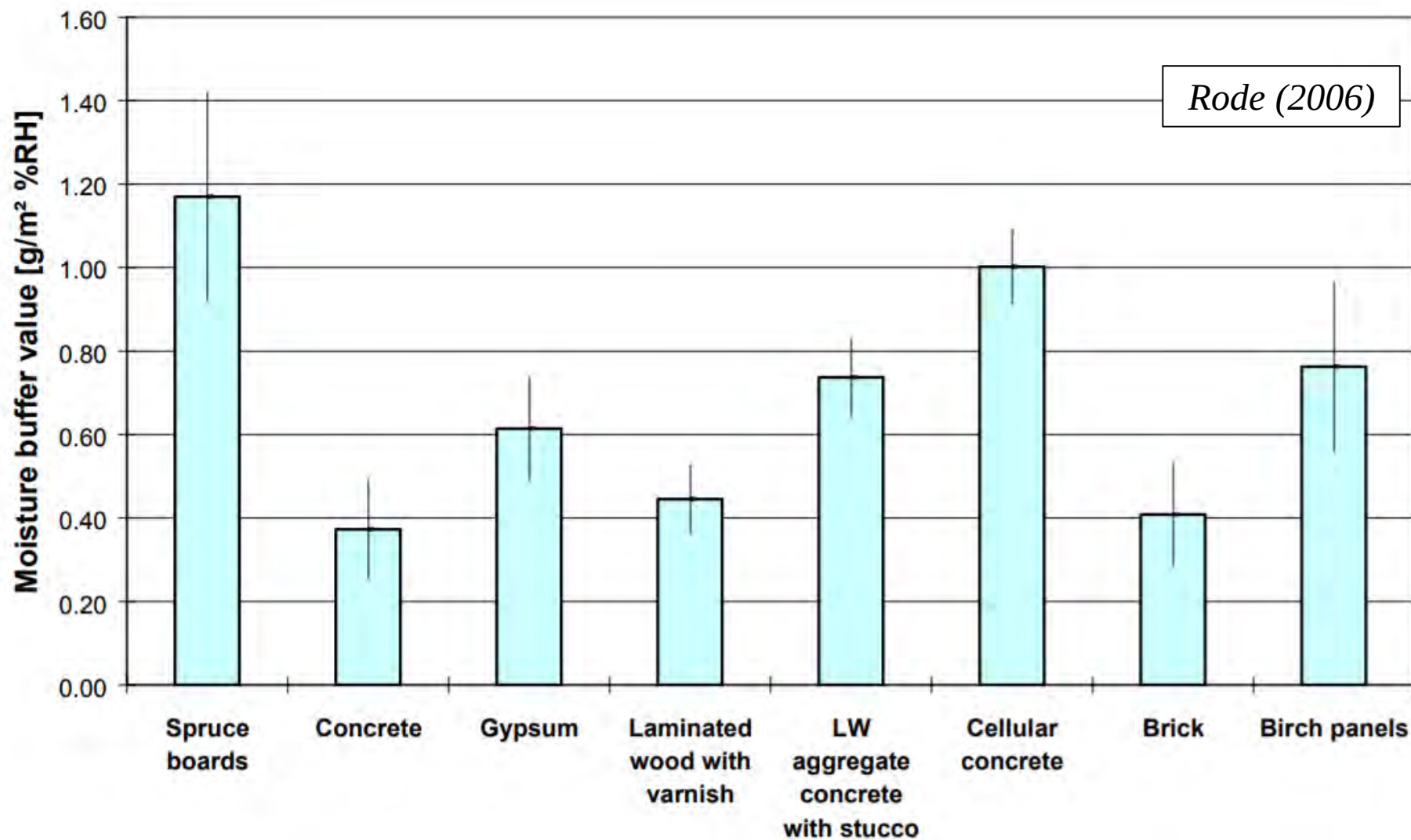
Giosuè et al. (2016)



MBV (g/(m² RH))



CAPACITÀ DI TAMPONE IGROSCOPICO

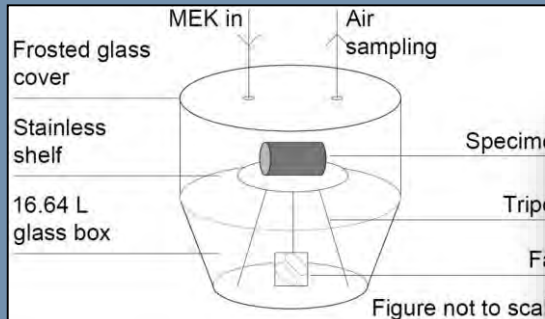


CAPACITÀ DISINQUINANTE

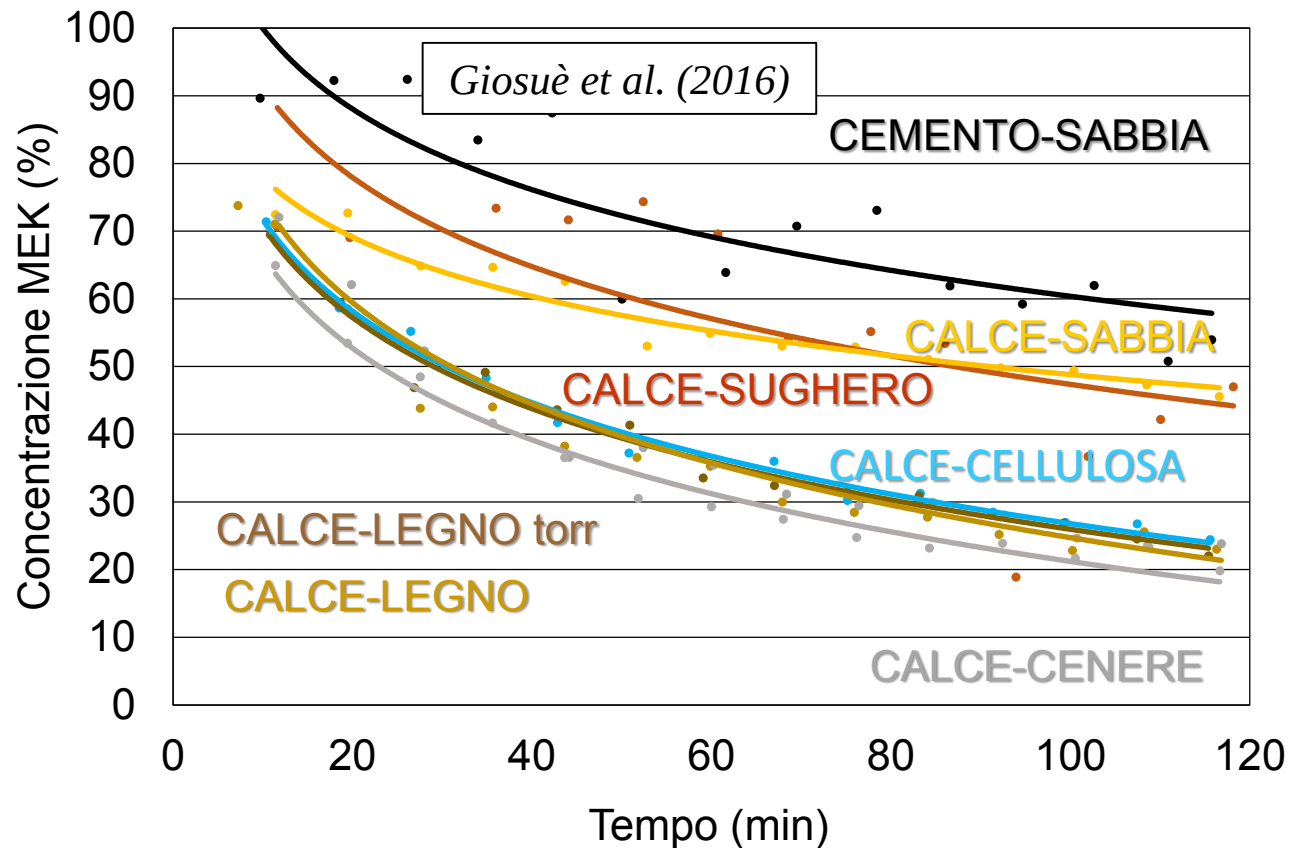


Concentrazione MEK nel box con campione (C_s)
Concentrazione MEK nel box vuoto (C_0)

dopo 120 minuti dal carico...

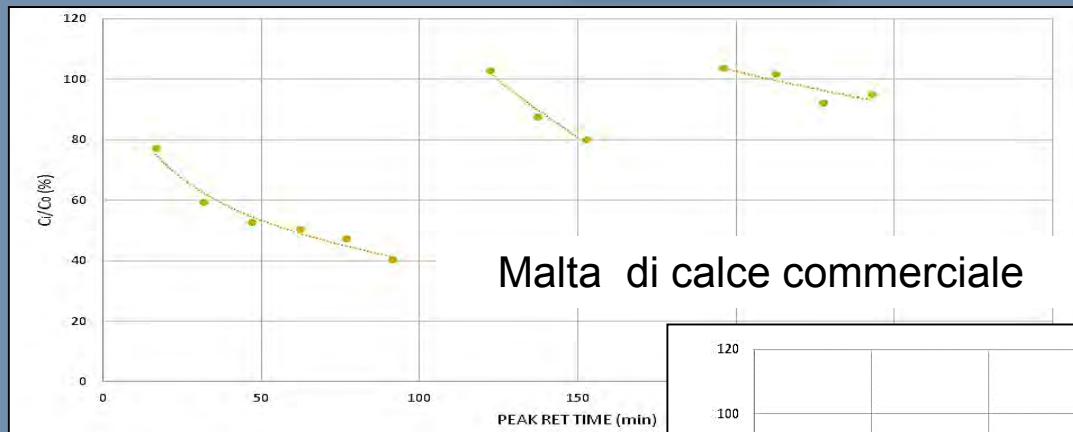


Tittarelli et al. (2016)

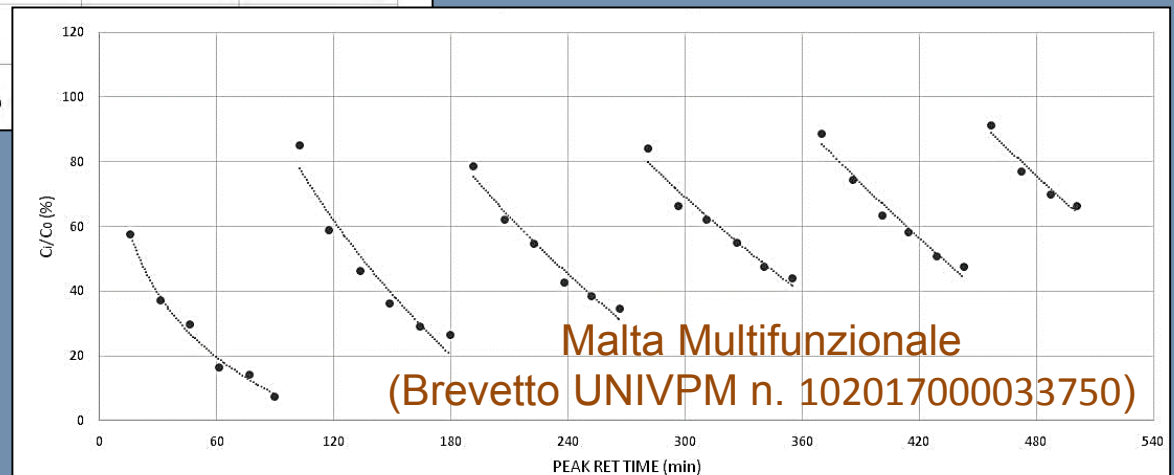
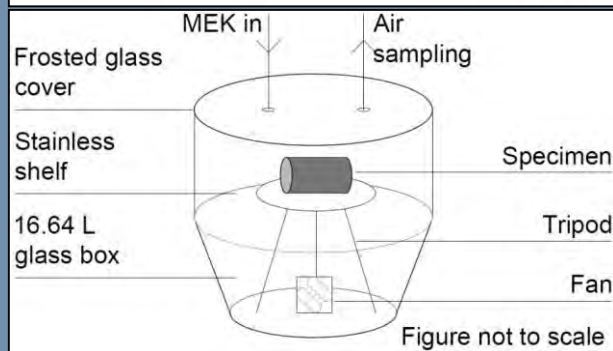


CAPACITÀ DISINQUINANTE

$$\frac{\text{Concentrazione MEK nel box con campione (C}_s\text{)}}{\text{Concentrazione MEK nel box vuoto (C}_0\text{)}}$$



dopo n carichi ...



SOSTENIBILITÀ NELLE COSTRUZIONI

BIOMASSA

diminuendo la
spesa energetica
dei MATERIALI

aumentando
l'EFFICIENZA
ENERGETICA

RIDURRE LA
SPESA
ENERGETICA
nel settore delle
costruzioni

aumentando la
DURABILITÀ



International union of laboratories
and experts in construction materials,
systems and structures

Cluster A. Material Processing and Characterization (Convener: Barzin MOBASHER)

Technical Committee Hygrothermal behaviour and Durability of Bio-aggregate based building materials (BBM) (TC 275-HDB)

Chair : Sofiane AMZIANE (Polytech Clermont Ferrand – France)

Secretary : Florence COLLET (LGCGM – Université de Rennes1 – France)

