

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO II”
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE,
EDILE ED AMBIENTALE



Corso di Laurea Triennale in
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

TESI DI LAUREA:

***SPERIMENTAZIONE SU TERRE ALLEGGERITE: INFLUENZA
DEI TENSIOATTIVI***

RELATORE

Ch.mo Prof. Ing.
Gianfranco Urciuoli

CANDIDATA

De Martino Anna N49/407

CORRELATORE

Dott. Ing. Raffaele Papa

SINTESI DELL'ELABORATO DI TESI

- ❑ **Introduzione e obiettivo del percorso di tesi**
- ❑ **Descrizione del calcestruzzo cellulare**
 - Definizione , proprietà, e campi d'impiego
 - Influenza della proteina additiva costituente l'agente schiumogeno
- ❑ **Prove sperimentali**
 - Prove sulla schiuma
 - Prove sul cemento cellulare
 - Prove di permeabilità
 - Elaborazione e analisi dei dati risultanti
- ❑ **Conclusioni**

INTRODUZIONE



E' stato studiato l'impatto sulla struttura porosa e sulle proprietà del calcestruzzo cellulare, della proteina additiva costituente l'agente schiumogeno, e investigata la permeabilità che caratterizza tale materiale

OBIETTIVO



Ottenere miscele di acqua, aria e agente schiumogeno, che forniscano al calcestruzzo cellulare stabilità alle bolle di aria, pori interconnessi e le proprietà di un materiale DRENANTE

Il *calcestruzzo cellulare* è costituito da

- Matrice cementizia
- Inerti
- Agente schiumogeno

l'intero agglomerato presenta una quantità di piccole bolle d'aria in genere non comunicanti tra loro.



L'aria è introdotta attraverso:

- cinetiche di reazione al contatto tra l'agente schiumogeno e l'acqua contenuta nella boiaccia (*calcestruzzo cellulare autoclavato*)
- utilizzo di un compressore atto a iniettare aria pressurizzata, che unita all'agente schiumogeno garantisce la formazione della schiuma

IMPIEGHI IN CAMPO GEOTECNICO E AMBIENTALE

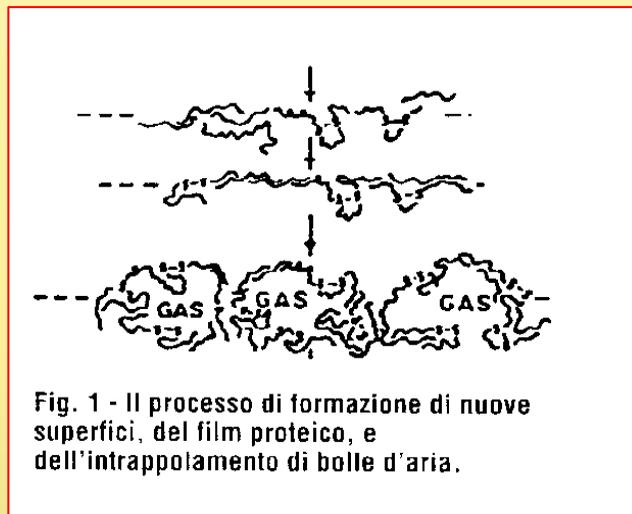
RIEMPIMENTO DEI DRENAGGI PER:

- ❑ accelerazione del decorso della consolidazione e dei cedimenti nei rilevati per infrastrutture
- ❑ allontanamento delle acque di infiltrazione presenti nei terreni per evitare sovrappressioni neutre a tergo di muri di sostegno, e nelle dighe
- ❑ consolidamento di pendii soggetti a movimenti franosi superficiali
- ❑ riduzione al minimo dell'infiltrazione di acqua meteorica nelle discariche, disponendosi all'interno del sistema di copertura finale, tra lo strato vegetale di copertura e la barriera sottostante
- ❑ raccolta e deflusso del percolato sul fondo delle discariche
- ❑ riempimento di cavità più o meno

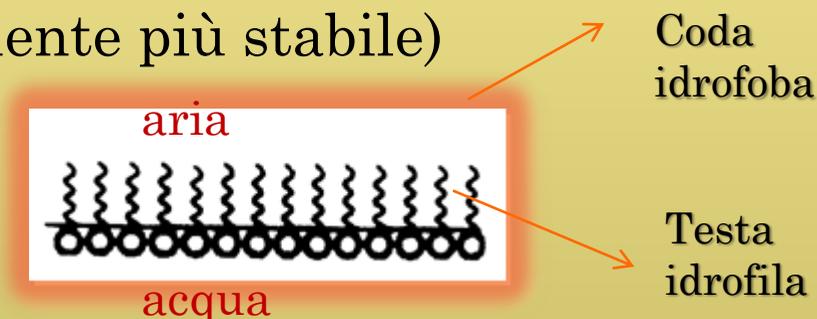


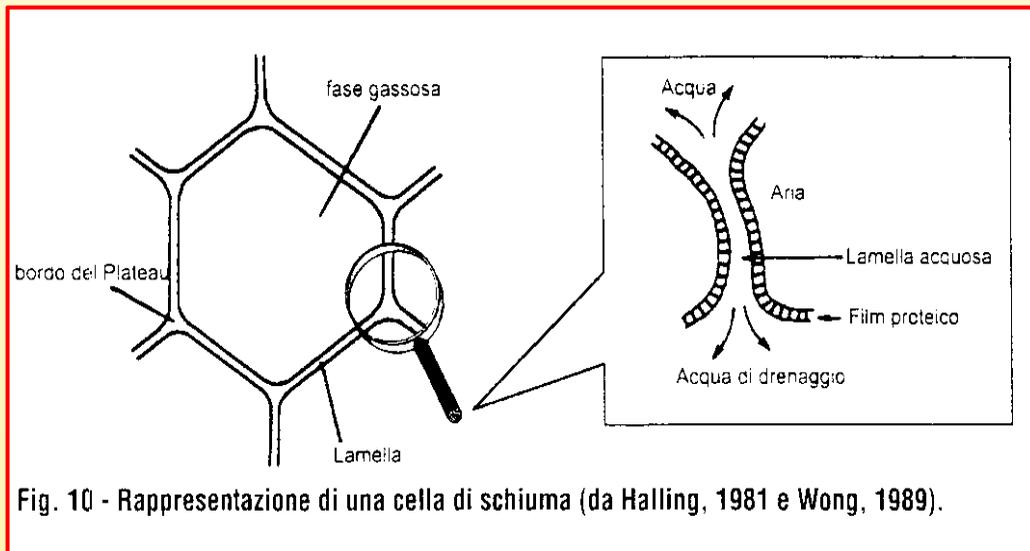
FUNZIONE DELLA PROTEINA ADDITIVA

Le proteine svolgono la funzione di **TENSIOATTIVI**, abbassando la tensione superficiale e avvolgendo la nascente bolla con un film protettivo. In assenza di tali tensioattivi i vuoti d'aria tenderebbero a ridursi istantaneamente a causa dell'alta tensione superficiale del solvente.



Si orientano con il gruppo lipofilo rivolto verso la fase aria, ed il gruppo idrofilo rivolto verso la fase acquosa (poiché é la configurazione energeticamente più stabile)





La capacità del film viscoelastico di opporsi alle deformazioni, riduce il drenaggio delle lamelle e la tendenza delle bolle ad avvicinarsi.



MAGGIORE STABILITÀ

La viscosità superficiale é un' indicazione della capacità del film di sostenere sforzi di trazione, ed i film di proteine globulari la posseggono in alto grado; aumenta con lo spessore del film, il tipo di proteina, l'invecchiamento ed il pH.

PER ESSERE UN BUON SCHIUMEGGIANTE UNA PROTEINA DOVRÀ POSSEDERE LE SEGUENTI PROPRIETÀ:

- 1) alta velocità di diffusione all'interno della schiuma e adsorbimento all'interfaccia tra fase gassosa e fase liquida;
- 2) capacità di orientarsi secondo la struttura proteica all' interfaccia tra le due fasi compresenti;
- 3) capacità di conseguire interazioni intermolecolari all'interfaccia per realizzare un film continuo e coesivo, e rendere la schiuma stabile.

PROVE SPERIMENTALI

Prove sulla schiuma

La schiuma si realizza insufflando aria in pressione all'interno di una miscela fluida composta da acqua e agente schiumogeno. La procedura è possibile grazie all'impiego della macchina S8 CM.



Le prove sono state eseguite utilizzando agente schiumogeno ISOLTECH con una concentrazione rispetto all'acqua pari a 2,5 g/l. Sono stati fatti variare di volta in volta pressione dell'aria insufflata all'interno della miscela fluida composta da acqua e agente schiumogeno preformato, e la portata di acqua.



Al variare di tali parametri si sono registrati diversi valori di peso e densità della schiuma ottenuta:

Dosatron	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Aria	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2	2	2	3	3	3
Acqua	300	400	500	600	700	300	400	500	600	700	300	400	500
Peso schiuma lastom (g)	1,155	1,3	1,53	1,705	1,99	1,02	1,235	1,365	1,52	1,645	0,78	0,85	0,99
Peso schiuma isoltech (g)	1,14	1,255	1,425	1,605	1,915	0,97	1,145	1,26	1,435	1,585	0,955	0,91	1,075
netto g/litro	64	75,5	92,5	110,5	141,5	47	64,5	76	93,5	108,5	45,5	41	57,5
Giudizio densità	LIQUIDA	LIQUIDA	LIQUIDA	LIQUIDA	LIQUIDA	DENSA	LIQUIDA	LIQUIDA	LIQUIDA	LIQUIDA	DENSA	DENSA	DENSA
A/C	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
n.barattolo	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

Valutazione del peso della schiuma

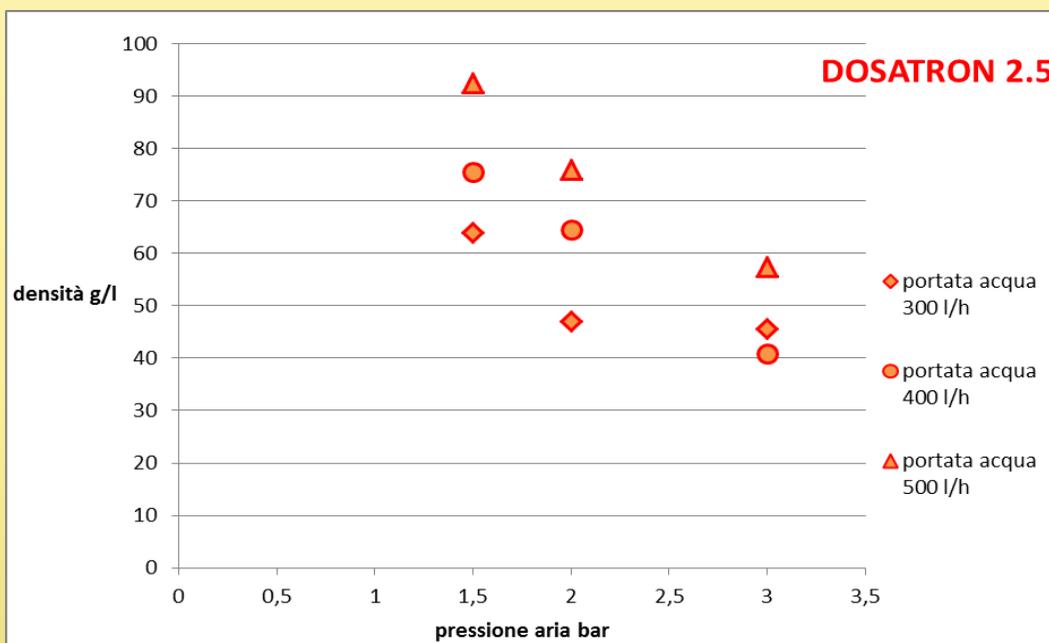
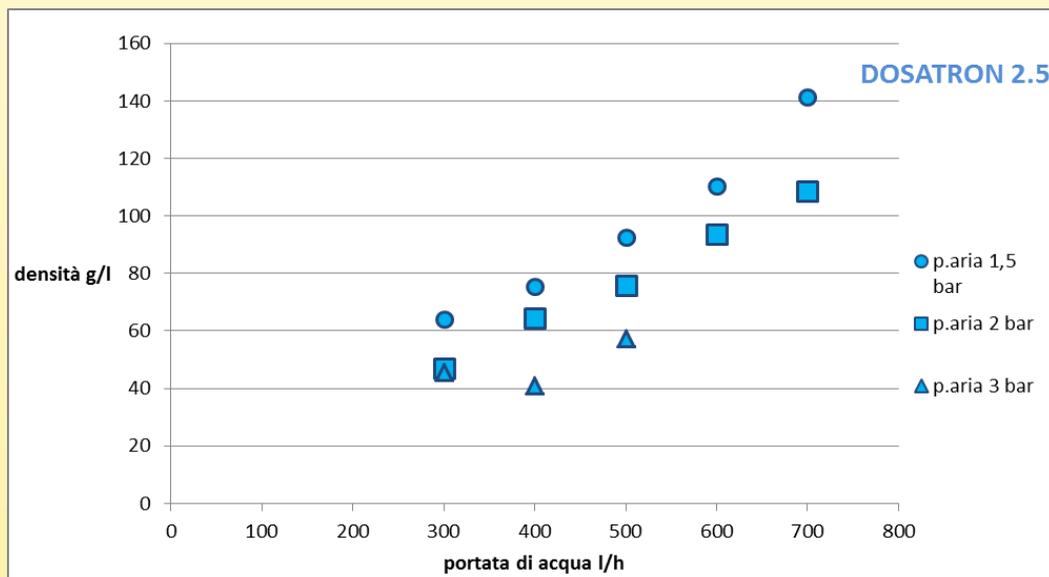


Riempimento dei barattoli numerati



RISULTATI OTTENUTI

PESE E DENSITA'



Al crescere della pressione dell'aria e a parità di portata di acqua , così come al decrescere della portata d'acqua e a parità di pressione, si riduce il peso e migliora la qualità della schiuma, ovvero aumenta il tempo di dissoluzione della stessa; inoltre i pesi sono inferiori a quelli misurati con l'agente schiumogeno.

Peso schiuma lastom (g)	1,155	1,3	1,53	1,705	1,99	1,02	1,235	1,365	1,52	1,645	0,78	0,85	0,99
Peso schiuma isoltech (g)	1,14	1,255	1,425	1,605	1,915	0,97	1,145	1,26	1,435	1,585	0,955	0,91	1,075

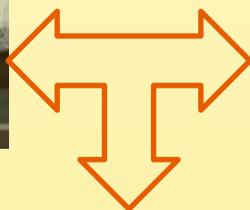
□ STABILITA' E DISSOLUZIONE DELLA SCHIUMA



P.aria=
1,5 bar



P.aria
=3 bar



I provini di schiuma che dopo un'ora hanno subito un maggiore collasso, con una velocità di dissoluzione nel tempo molto elevata anche dopo un intervallo di tempo minore di un'ora, sono quelli prodotti con una pressione di impianto pari a 1,5 bar

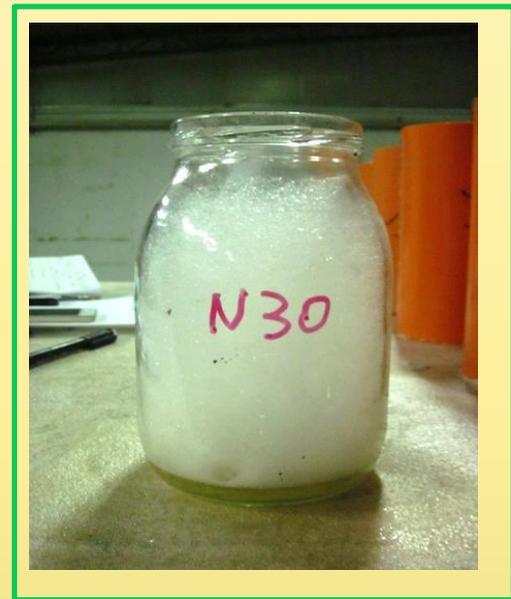
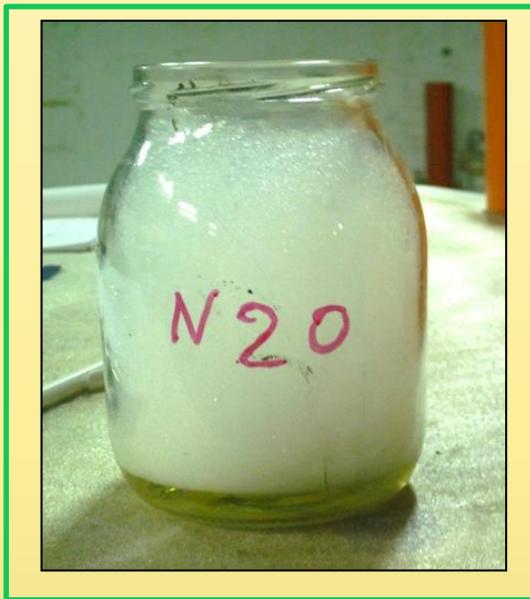
RISULTA EVIDENTE

per l'agente schiumogeno utilizzato sarebbero necessarie pressioni maggiori rispetto a quelle di esercizio, per ottenere schiume con livelli di densità ottimali, maggiore consistenza, stabilità, e un potere di schiumeggiamento più elevato.

□ PERDITA DI ACQUA

Dosatron	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Aria	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2	2	2	3	3	3
Acqua	300	400	500	600	700	300	400	500	600	700	300	400	500
n.barattolo	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
ACQUA PERSA DALLA SCHIUMA DOPO 1 ORA (ml)	50	70	100	115	140	45	60	75	82	100	30	35	50

L'aumento di pressione garantisce, a parità di contenuto d'acqua, immesso un decremento dell'acqua persa dalla miscela.



L'incremento di perdita d'acqua all'aumentare della portata immessa è minore ad alte pressioni

Pressione 1,5 bar: 50 → 100 ml di acqua persa

Pressione 3 bar : 30 → 50 ml di acqua persa

PROVA SULLA BOIACCA CEMENTIZIA CELLULARE

Il cemento cellulare è stato realizzato utilizzando una schiuma avente concentrazione di additivo pari a 2,5, e cemento Portland 425 R alla pozzolana. Si è fatto variare la pressione dell'aria e dell'acqua, e il rapporto acqua cemento, ottenendo 13 miscele cementizie con caratteristiche differenti e pesi differenti, a ciascuna delle quali corrisponde una particolare schiuma già in precedenza analizzata e misurata in peso.

Dosatron	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Aria	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2	2	2	3	3	3
Acqua	300	400	500	600	700	300	400	500	600	700	300	400	500
Peso schiuma isoltech (g)	1,14	1,255	1,425	1,605	1,915	0,97	1,145	1,26	1,435	1,585	0,955	0,91	1,075
Giudizio densità schiuma	LIQUIDA	LIQUIDA	LIQUIDA	LIQUIDA	LIQUIDA	DENSA	LIQUIDA	LIQUIDA	LIQUIDA	LIQUIDA	DENSA	DENSA	DENSA
A/C	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
peso con cemento (Kg)	7210	6735	6060	6270	6680	5915	5650	6270	5355	5305	5460	4715	4290
netto kg/mc	671	623,5	556	577	618	541,5	515	577	485,5	480,5	496	421,5	379
n.provini	1-2-3	4-5-6	7-8-9	10-11-12	13-14-15	16-17-18	19-20-21	22-23-24	25-26-27	28-29-30	31-32-33	34-35-36	37-38-39
n.barattolo	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
n.vaschetta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ORA	15:55:00	16:13:00	16:14:00	16:20:00	16:25:00	16:32:00	16:38:00	16:43:00	16:48:00	16:54:00	16:58:00	17:05:00	17:12:00

Dosatron	2,5	2,5	2,5
Aria	3	3	3
Acqua	400	400	400
A/C	0,5	0,6	0,7
peso con cemento (Kg)	4745	4810	4755
netto kg/mc	424,5	431	425,5
n.provini	40-41-42	43-44-45	46-47-48
n.barattolo	30	30	30
n.vaschetta	14	15	16

(valori del peso della schiuma a parità di dosatron, pressione dell'aria e portata d'acqua, e al variare del rapporto acqua cemento.)

Valutazione del peso del cemento cellulare



riempimento di cilindri in materiale plastico, le cui pareti interne sono state preliminarmente trattate con DISARMANTE



sono stati così ottenuti 39 provini (3 per ciascuna delle 13 miscele cementizie)



RISULTATI OTTENUTI

□ cemento allo stato fresco



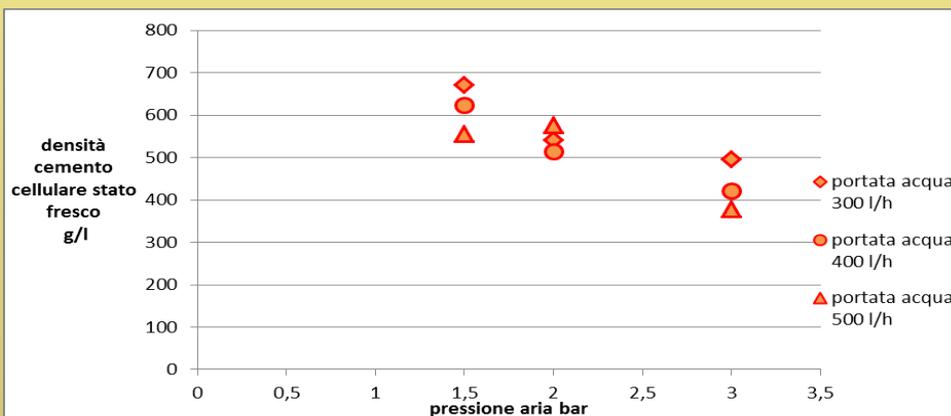
(pressione bar 1,5) perdono di consistenza dopo poco tempo, per effetto della dissoluzione della schiuma



i provini realizzati con pressione di schiuma 3 bar allo stato fresco lasciano intravedere una struttura caratterizzata da un volume maggiore e un numero maggiore di pori, e una densità minore.

peso con cemento (Kg)	7210	6735	6060	6270	6680	5915	5650	6270	5355	5305	5460	4715	4290
netto kg/mc	671	623,5	556	577	618	541,5	515	577	485,5	480,5	496	421,5	379

(pressione 3 bar)



□ cemento cellulare indurito

Pesi, densità e proprietà meccaniche



I provini realizzati con pressioni minori hanno rivelato maggiore compattezza

- **MAGGIORE
PRESSIONE**
- **MAGGIORE
TEMPO DI
MATURAZIONE**
- **MAGGIORE
RAPPORTO
ACQUA-
CEMENTO**



**PESI E DENSITA'
MINORI**



Porosità e permeabilità

Maggiore pressione ,
e rapporto acqua
cemento



Maggiore porosità, e
pori interconnessi,
per effetto di una
maggiore stabilità
della schiuma

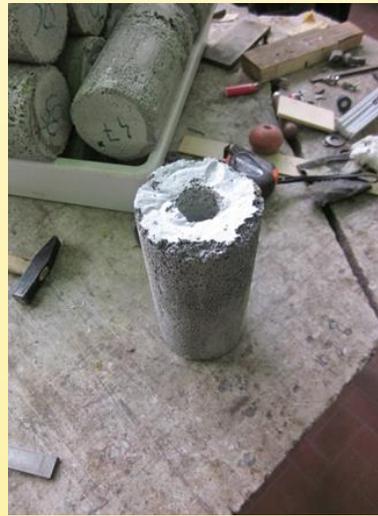


P=3 bar

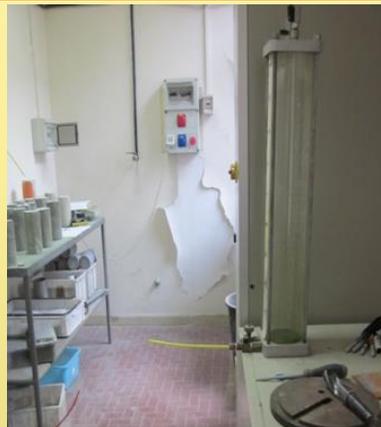


Prove di permeabilità

1. Perforazione dei provini



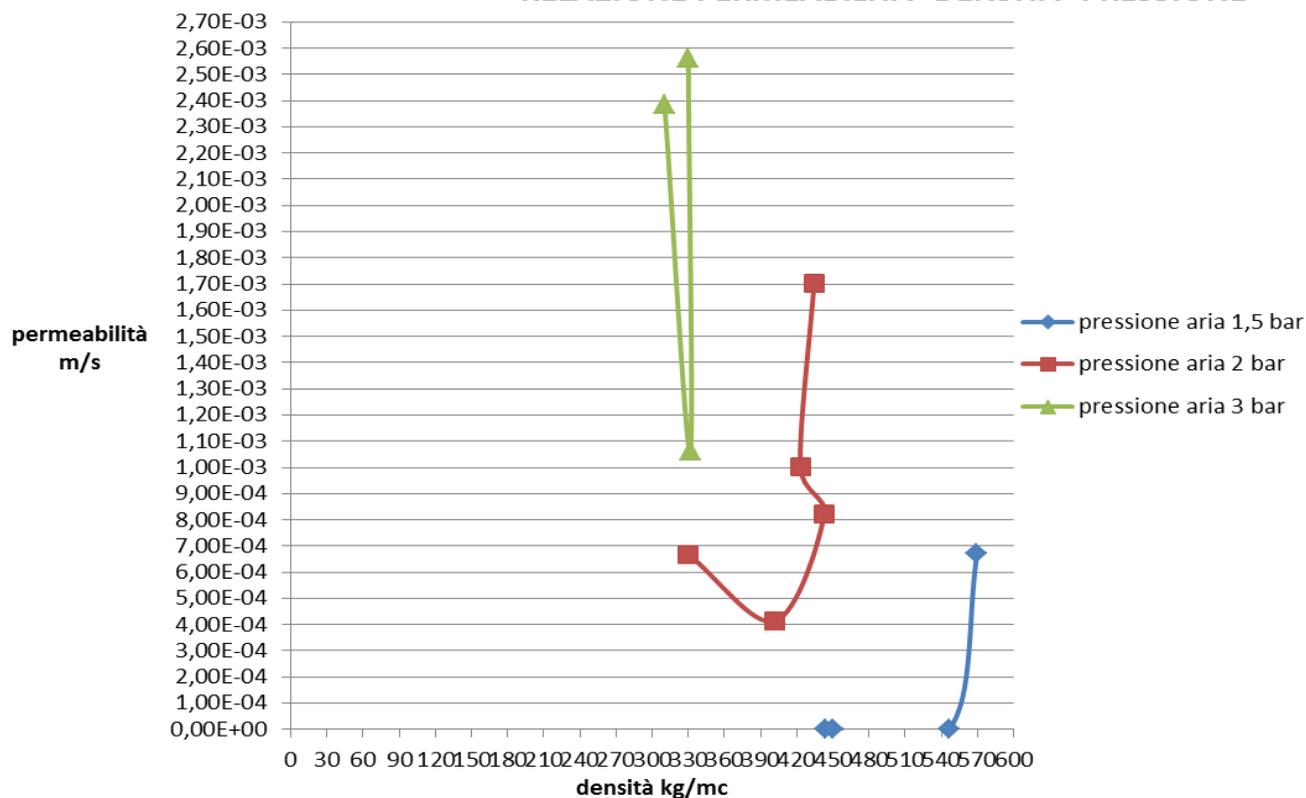
2. Riempimento del foro con acqua, e calcolo delle portate immesse



3. Calcolo delle permeabilità e risultati ottenuti

numero provino	permeabilità media m/s	densità kg/mc	pressione aria bar	portata d'acqua di realizzazione della schiuma l/h
2	0,000670398	569,711238	1,5	300
5	1,69963E-07	546,107312	1,5	400
9	2,88399E-08	443,448548	1,5	500
11	1,12534E-07	450,494438	1,5	600
18	0,001704177	434,362395	2	300
20	0,001001813	423,043061	2	400
23	0,000823116	442,869026	2	500
26	0,000413554	401,930201	2	600
29	0,000667854	329,930786	2	700
32	0,002560305	329,930786	3	300
35	0,001064042	331,407059	3	400
38	0,002387015	310,23445	3	500

RELAZIONE PERMEABILITA'-DENSITA'-PRESSIONE



Riduzione della densità

Aumento della pressione di realizzazione della schiuma



Aumento della permeabilità



Pressione 1,5 bar
Poco permeabile



Pressione 2 bar
Permeabile



Pressione 3 bar
Molto permeabile

CONCLUSIONI

- ❑ I provini realizzati con una schiuma a pressione 2 bar e portata d'acqua in fase di produzione della schiuma tra 300 e 400 l/h, offrono il giusto compromesso tra proprietà idrauliche e meccaniche
- ❑ I provini realizzati con l'agente schiumogeno Isoltech presentano densità minori e soprattutto una struttura di pori interconnessi se comparati ai provini realizzati con agente schiumogeno Lastom

*GRAZIE PER
L'ATTENZIONE!*

De Martino Anna

Università degli studi di Napoli "Federico II"



