

Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

Corso di Studi Magistrale in
Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio
Classe delle Lauree Magistrali in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio
(Classe LM35)

TESI DI LAUREA

“Degradazione dell'amianto contenuto in matrici cementizie
contestuale al trattamento biologico anaerobico di reflui ad elevato
contenuto organico”

Relatore
Ch.mo Prof. Ing. Francesco Pirozzi

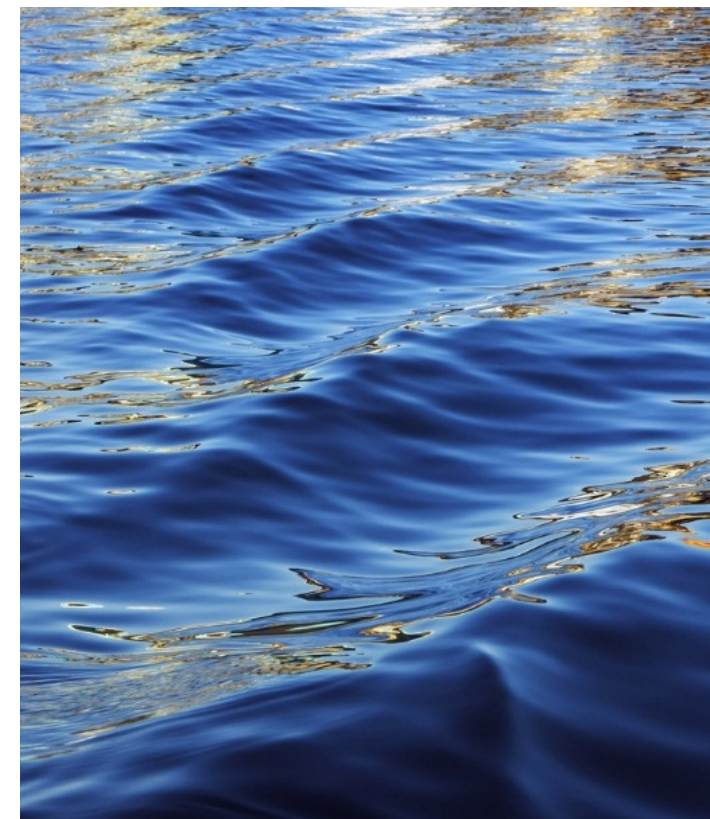
Correlatori
Dott. Ing. Marco Race
Dott. Ing. Danilo Spasiano

Candidato
Gennaro Trancone
Matricola M67/396

Anno Accademico 2018-2019



UNIVERSITÀ DEGLI
STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II

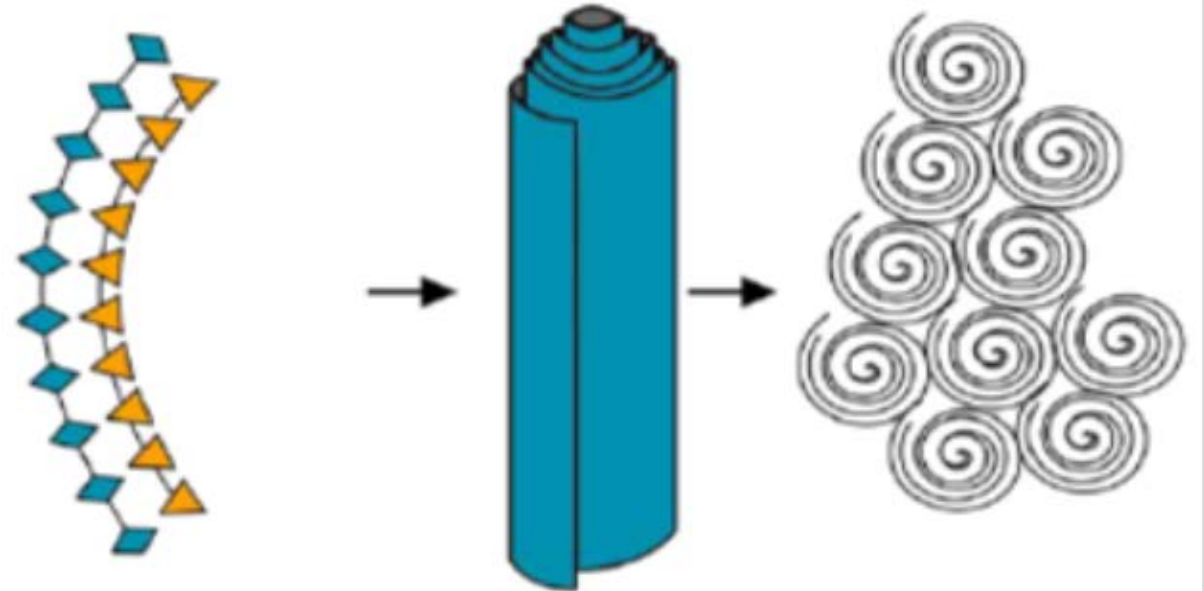


Crisotilo $[\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]$

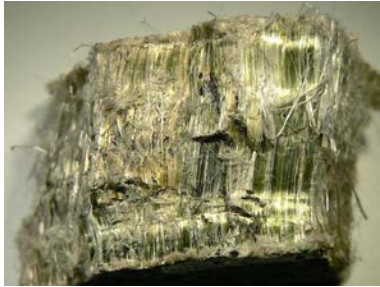


93% della produzione
mondiale di amianto

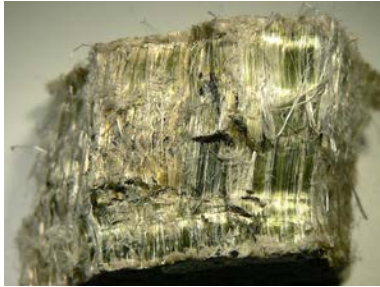
strato brucitico
 $\text{Mg}(\text{OH})_2$



strato silicatico
 SiO_2



- Buone proprietà termoisolanti e fonoassorbenti
- Leggerezza e facilità di messa in opera
- Basso costo



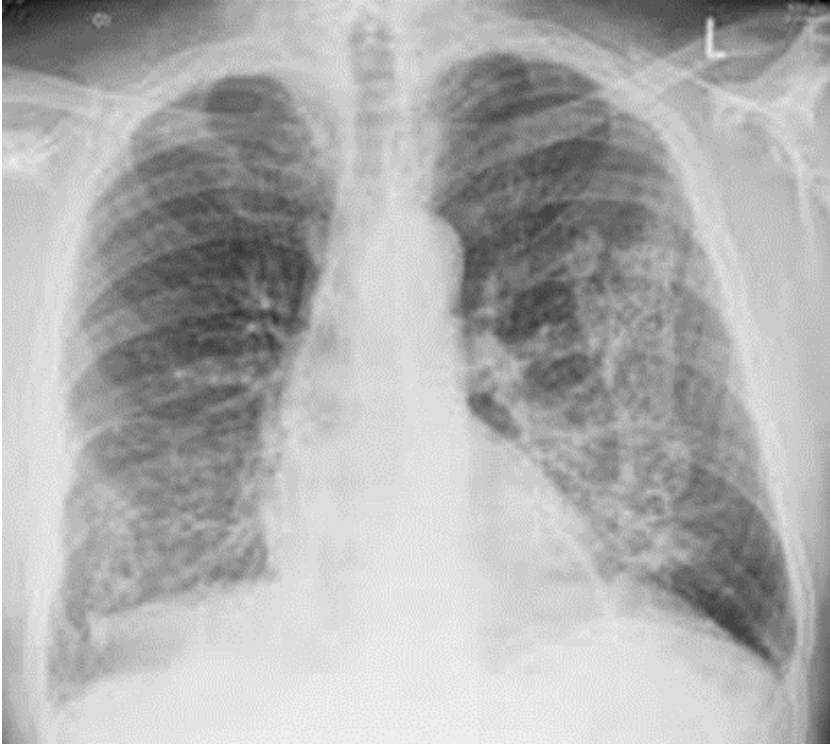
- Buone proprietà termoisolanti e fonoassorbenti
- Leggerezza e facilità di messa in opera
- Basso costo

- Elevato rischio di scoperchiature causate da venti e temporali improvvisi
- Erosione continua ad opera degli agenti atmosferici
- Dispersione in atmosfera delle fibre di amianto

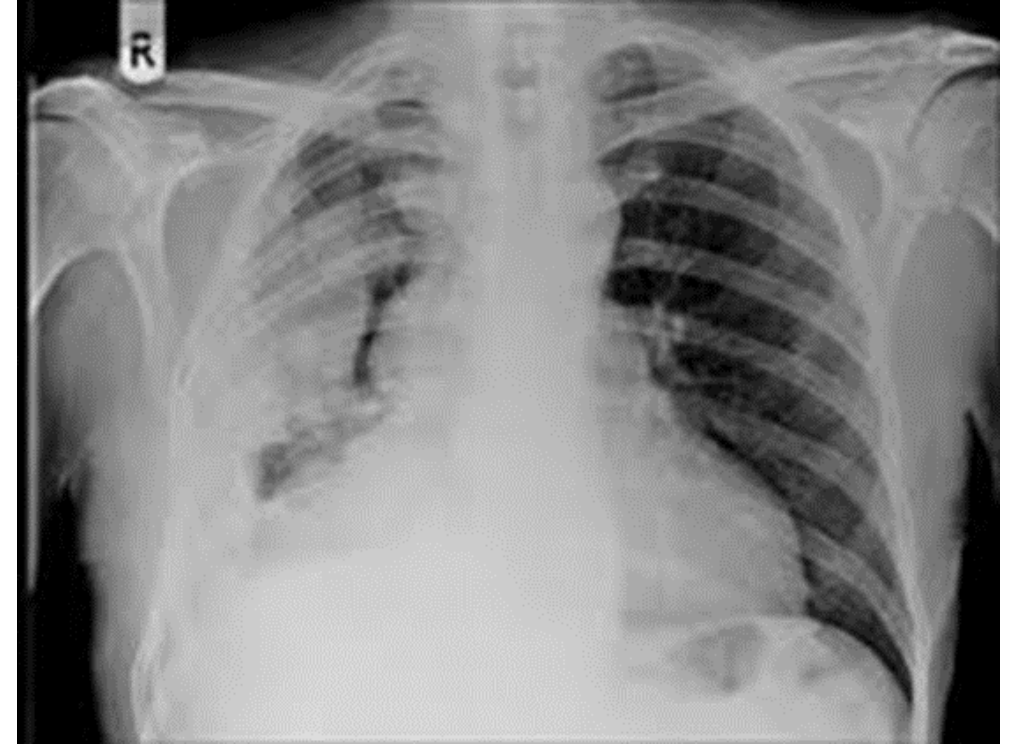


Inquinamento ambientale

Rischio per la salute pubblica



Asbestosi



Varie forme tumorali



D.d.L. 257 del 27 Marzo 1992
“Norme relative alla cessazione
dell’impiego dell’amianto”

30 x 10⁶ tonnellate di
materiali ancora presenti
sul territorio nazionale

D.M. 248 del 29 Luglio 2004

“Regolamento relativo alla determinazione e disciplina delle attività di
recupero dei prodotti e beni di amianto e contenenti amianto”



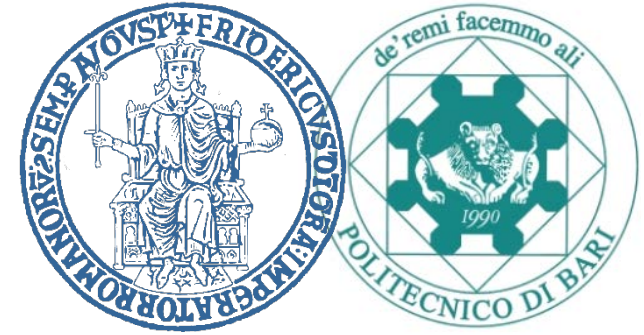


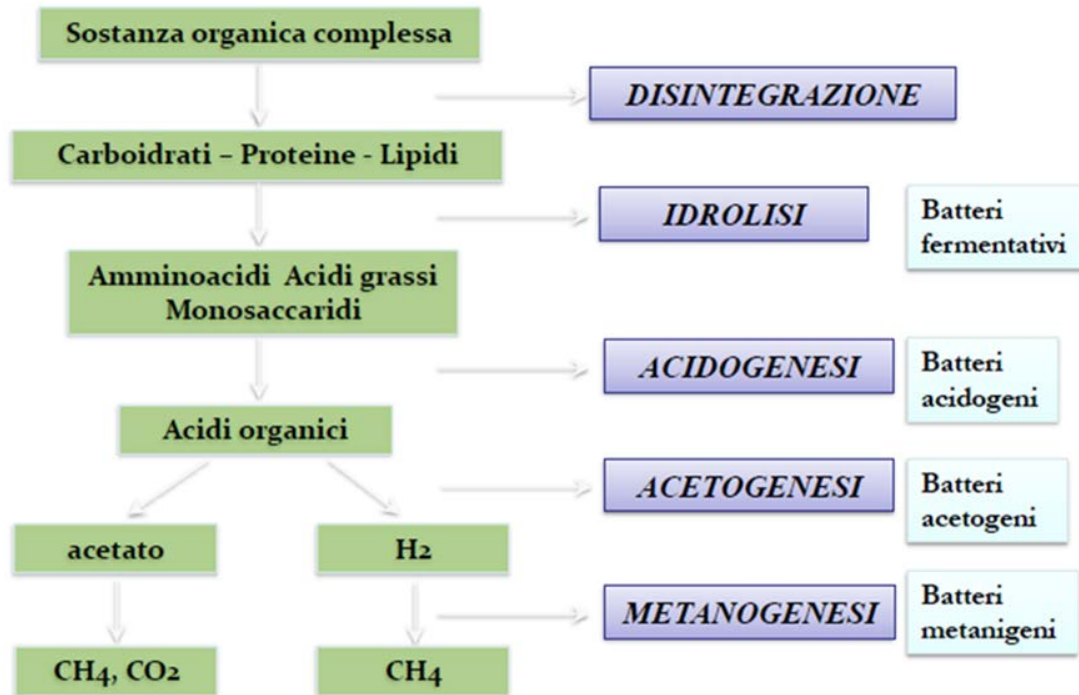
Acido Fluorosolfonico (Sugama et al., 1998)

Ossidazione dei CFC (Yanagisawa et al., 2009)

Acido solforico (Nam et al., 2014)

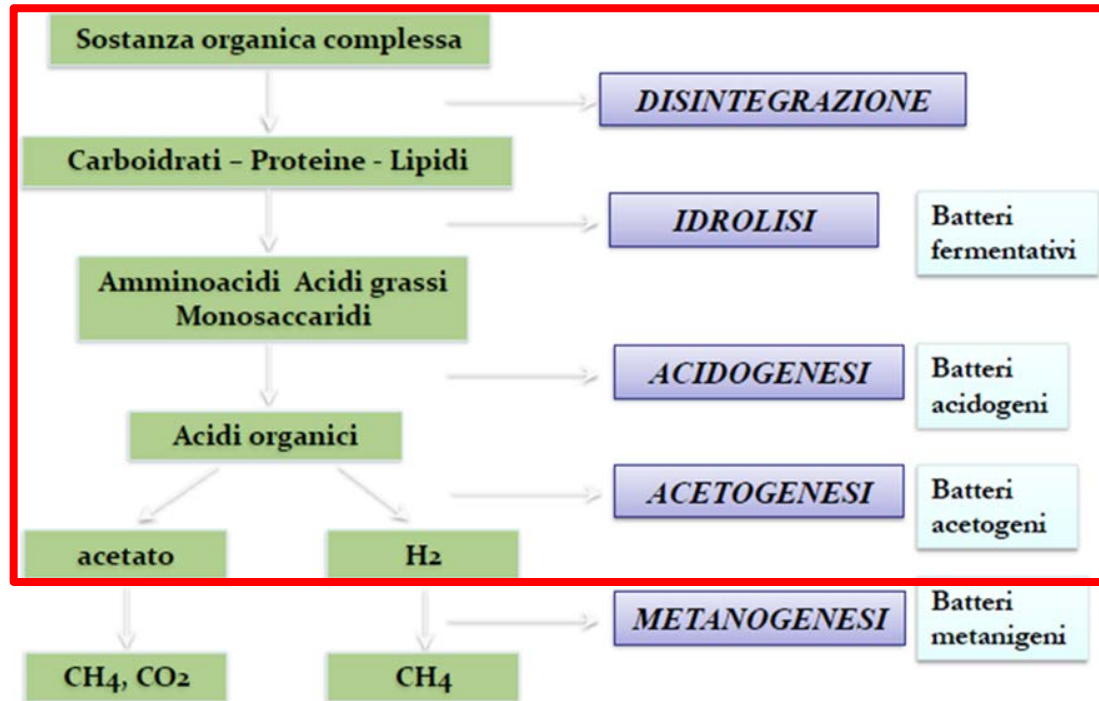






I microrganismi anaerobici operanti in tale processo svolgono le loro attività realizzando due fasi fondamentali:
degradazione del substrato
crescita della biomassa

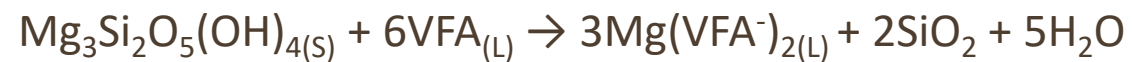
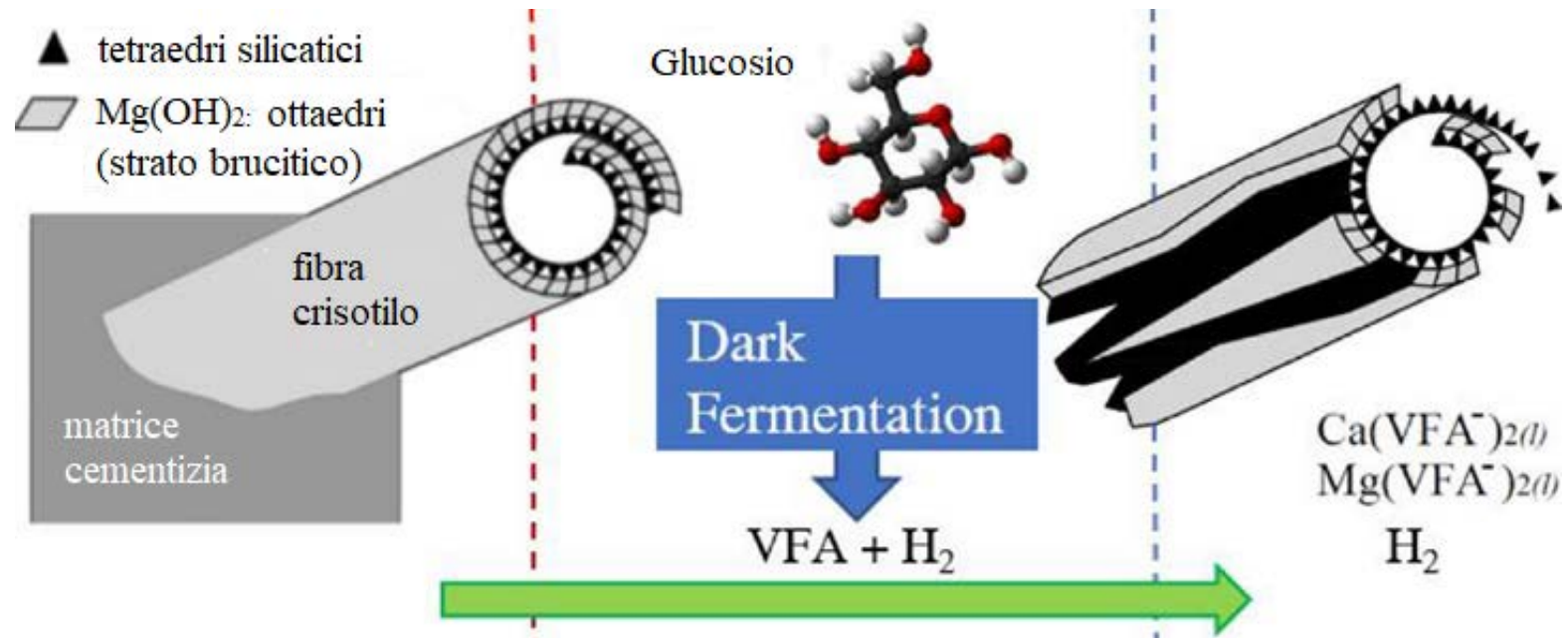
- pH
- Condizioni di temperatura
- Concentrazione dei substrati e prodotti del metabolismo



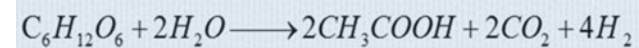
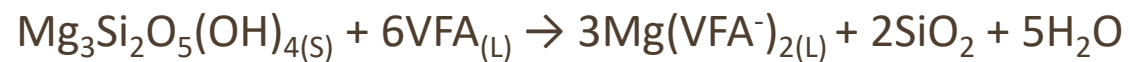
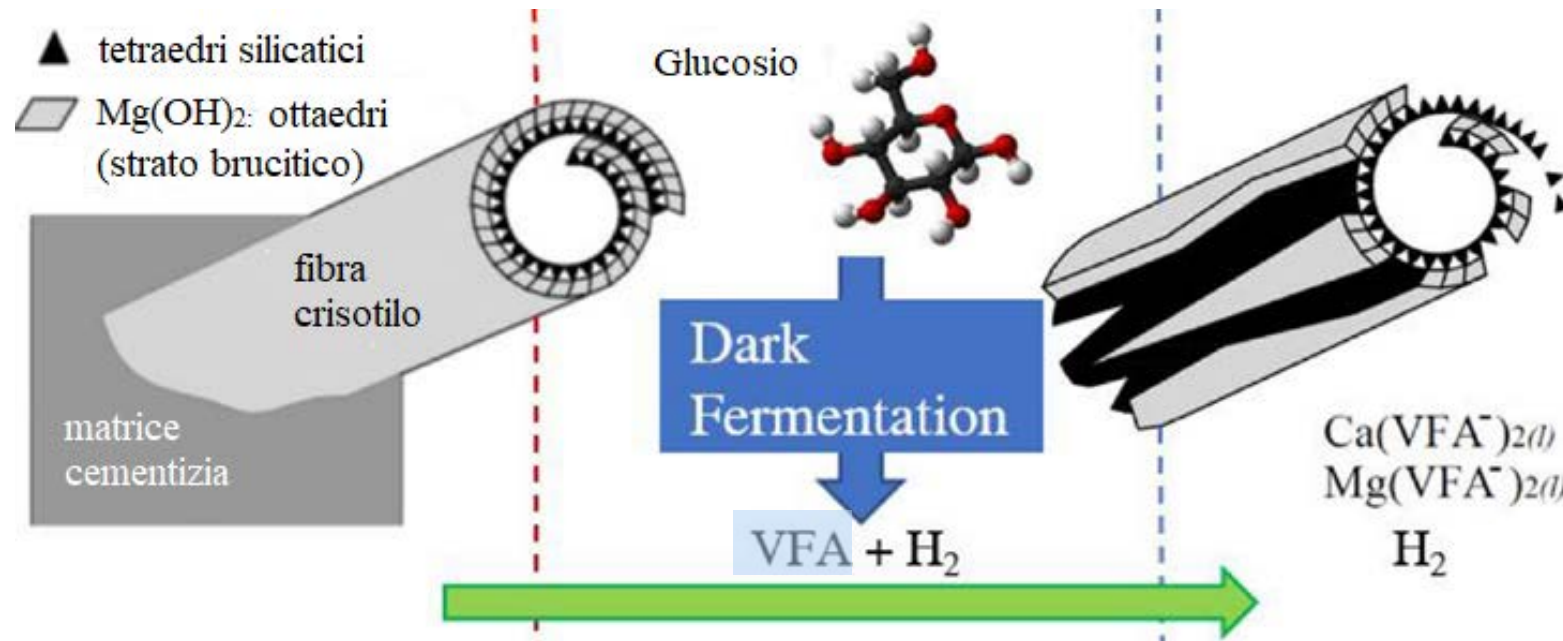
I microrganismi anaerobici operanti in tale processo svolgono le loro attività realizzando due fasi fondamentali:

- degradazione del substrato
- crescita della biomassa

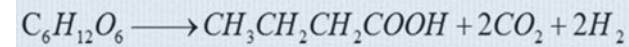
- pH
- Condizioni di temperatura
- Concentrazione dei substrati e prodotti del metabolismo



- Produzione bio-H₂
- Produzione di gran quantità di VFAs



Acido Acetico



Acido Butirrico

- Produzione bio- H_2
- Produzione di gran quantità di VFAs

- Solubilizzare completamente il Ca e il Mg contenuti nel campione di cemento amianto reale con un solo trattamento biologico

- Caratterizzazione inoculo



PROVE SPERIMENTALI

- Caratterizzazione inoculo



- Preparazione reattori

REM – mesofilo (35 °C)

RET – termofilo (55 °C)



I ciclo
II ciclo
III ciclo



I ciclo
II ciclo
III ciclo



Trattamento di DF in condizioni di mesofilia (35°C) e di termofilia (55°C) con l'aggiunta del campione di cemento amianto sin dall'inizio dell'esperimento e con l'aggiunta/reintegro di glucosio, ammonio e fosfati al termine di ogni ciclo

PROVE SPERIMENTALI

- Caratterizzazione inoculo



- Preparazione reattori

REM – mesofilo (35 °C)

RET – termofilo (55 °C)

- Analisi



I ciclo
II ciclo
III ciclo



I ciclo
II ciclo
III ciclo



Trattamento di DF in condizioni di mesofilia (35°C) e di termofilia (55°C) con l'aggiunta del campione di cemento amianto sin dall'inizio dell'esperimento e con l'aggiunta/reintegro di glucosio, ammonio e fosfati al termine di ogni ciclo



La concentrazione media rispetto ai campioni analizzati è risultata:

$C_{ST-media} = 79,12 \text{ g/L}$ $C_{SV-media} = 52,23 \text{ g/L}$

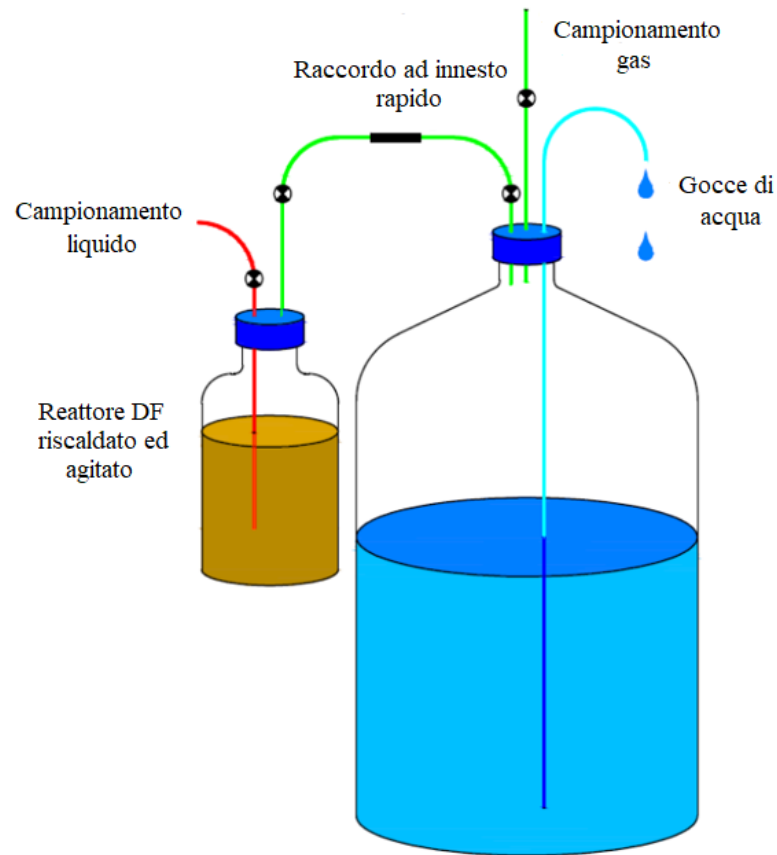
Ca e Mg – campione cemento amianto

Ca e Mg - digestato



digestato	30`	30`	30`	30`	30`	30`	30`	30`
1:2 (500 ml)	900 ml	900 ml	850 ml	850 ml	850 ml	840 ml	840 ml	800 ml
1:5 (200 ml)	140 ml	200 ml	210 ml	210 ml	210 ml	210 ml	210 ml	210 ml
1: 10 (100 ml)	80 ml	100 ml	110 ml	110 ml	110 ml	110 ml	110 ml	110 ml
1:20 (50 ml)	50 ml	50 ml	53 ml	56 ml	58 ml	58 ml	58 ml	58 ml

SVI (Sludge Volume Index)



Substrato: glucosio [$C_6H_{12}O_6$] alla concentrazione di 13 g/L

Inoculo: digestato trattato termicamente (105 °C, 1 h)

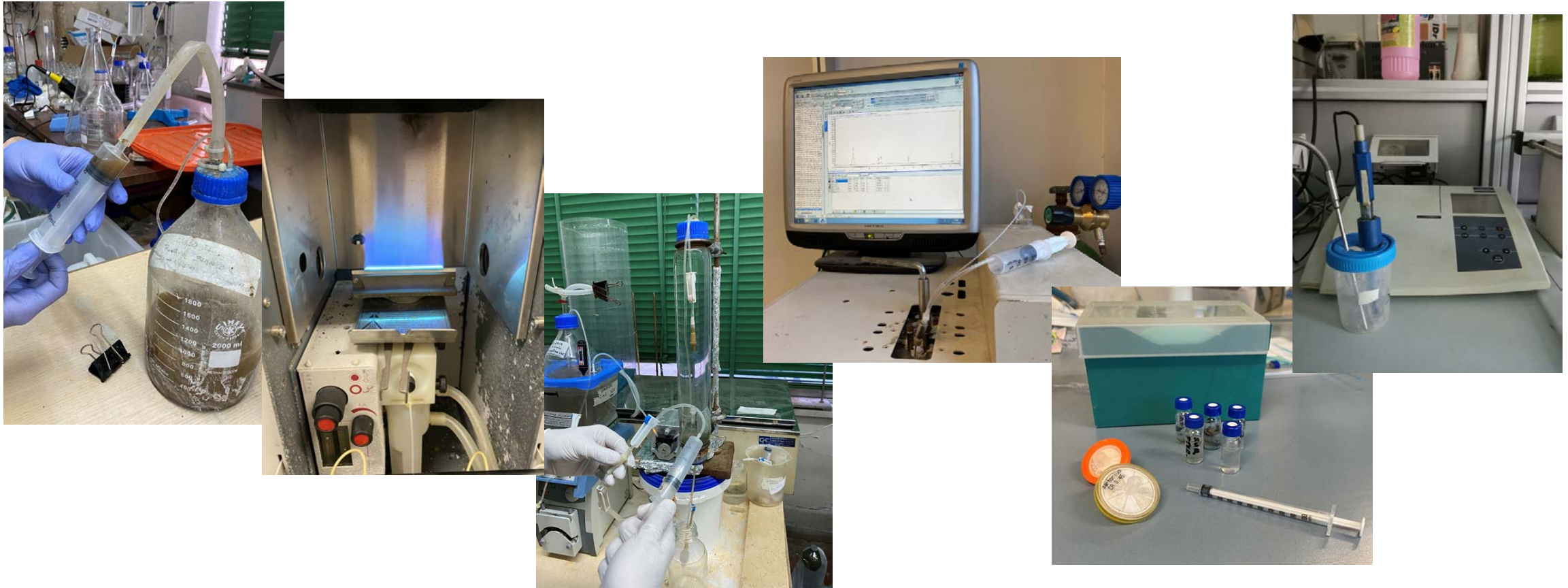
Volume del reattore: 2.0 L

Volume della soluzione: 1.0 L costituito da 100 mL di inoculo e 900 mL di acqua distillata + 5 g di cemento amianto

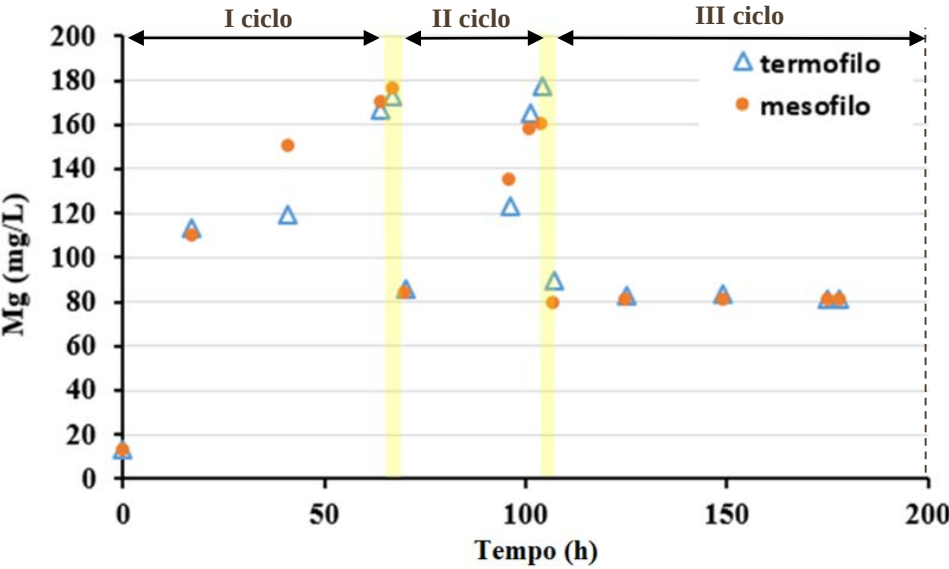
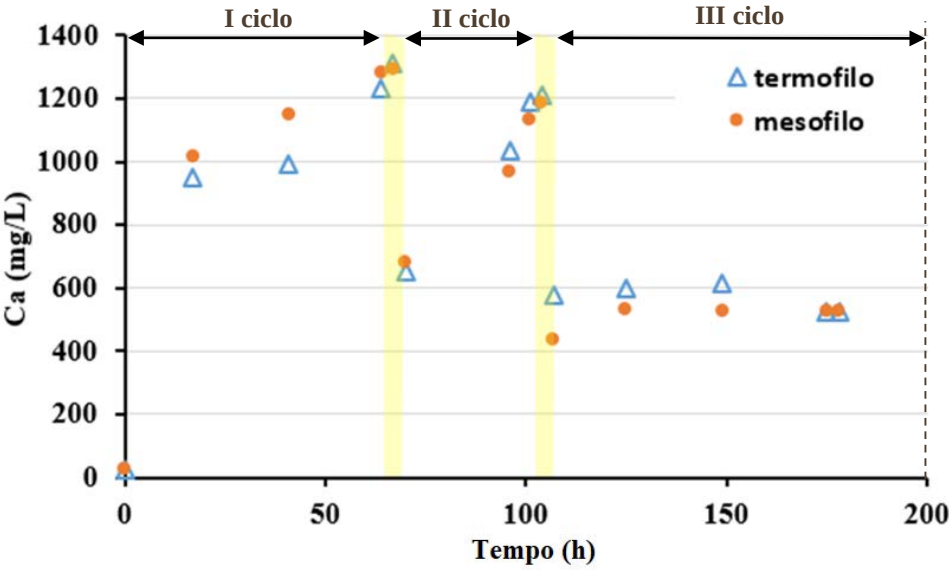


Le prove sono durate nel complesso 180 ore

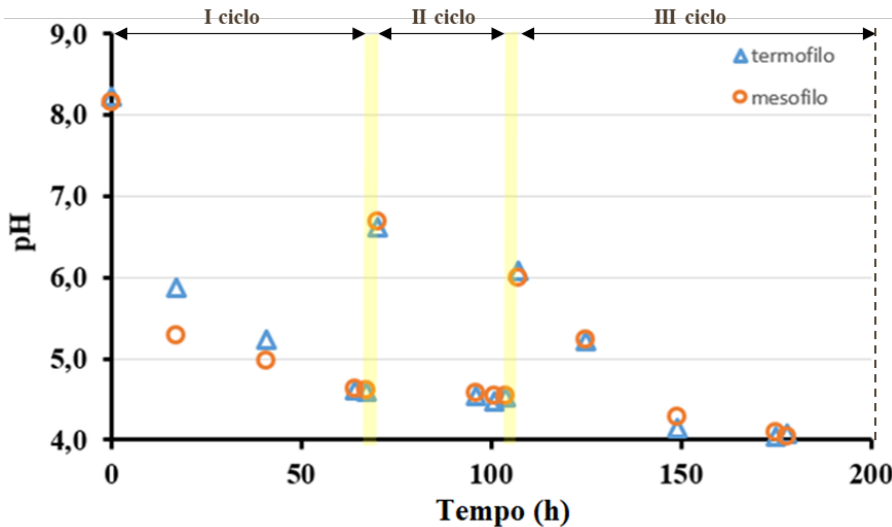
Ricarica: 500 mL contenente 13 g di glucosio $[C_6H_{12}O_6]$ +
2,12 g di bicarbonato di ammonio $[NH_4HCO_3]$ +
0,30 g fosfato di potassio monobasico $[KH_2PO_4]$ +
solidi ottenuti dalla centrifugazione del surnatante



Risultati

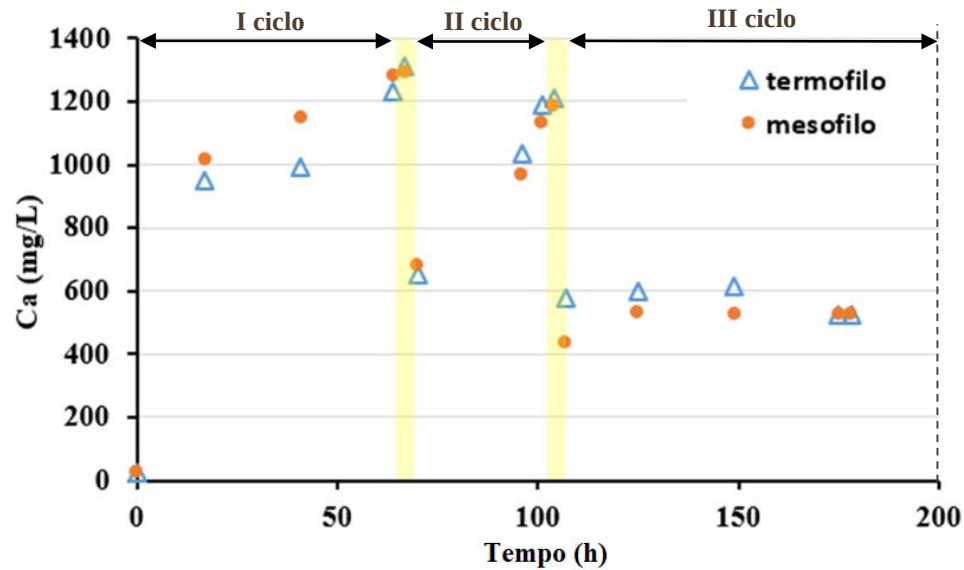


Andamento del pH durante le prove.
Le parti evidenziate rappresentano la fine e l'inizio di un ciclo

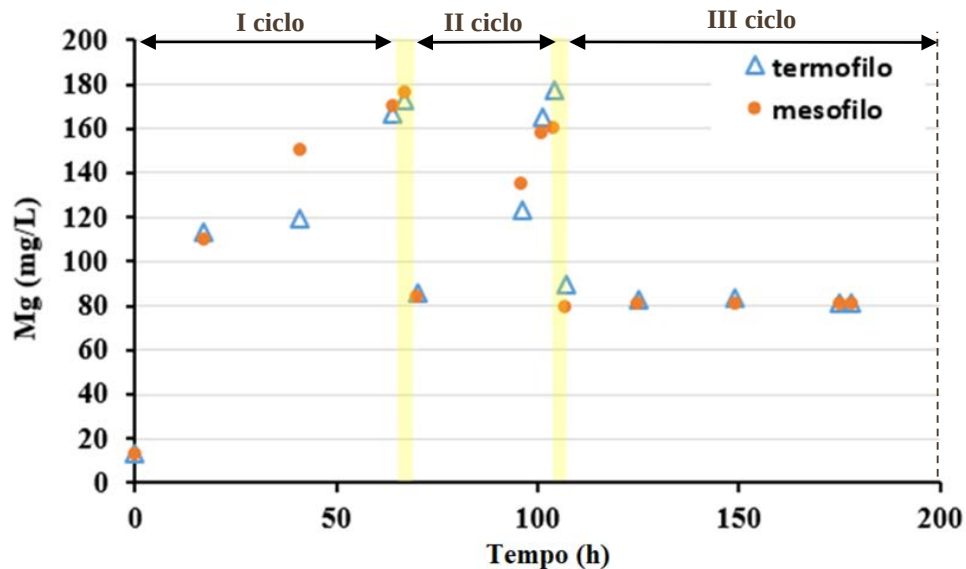


Crescente dissoluzione della matrice cementizia nel campione di cemento amianto

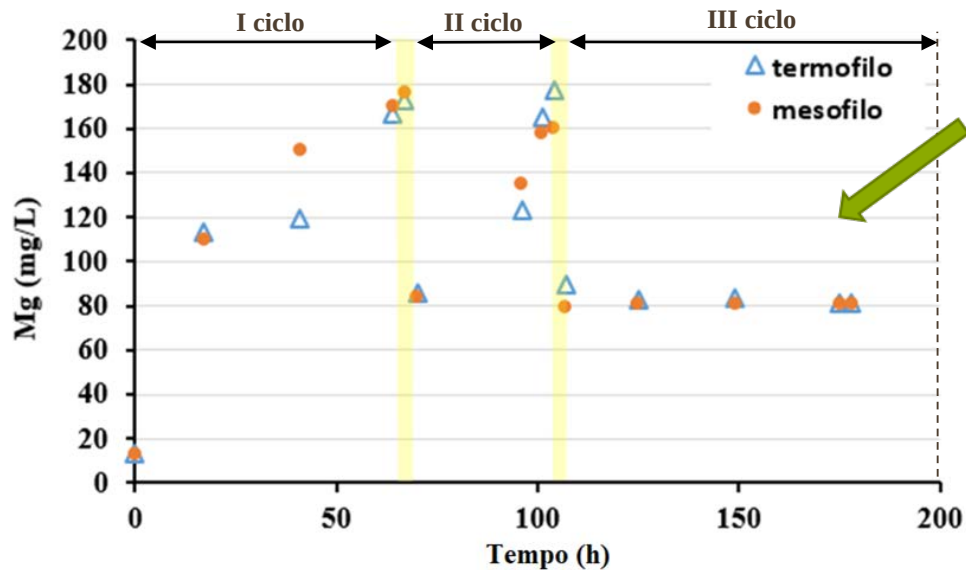
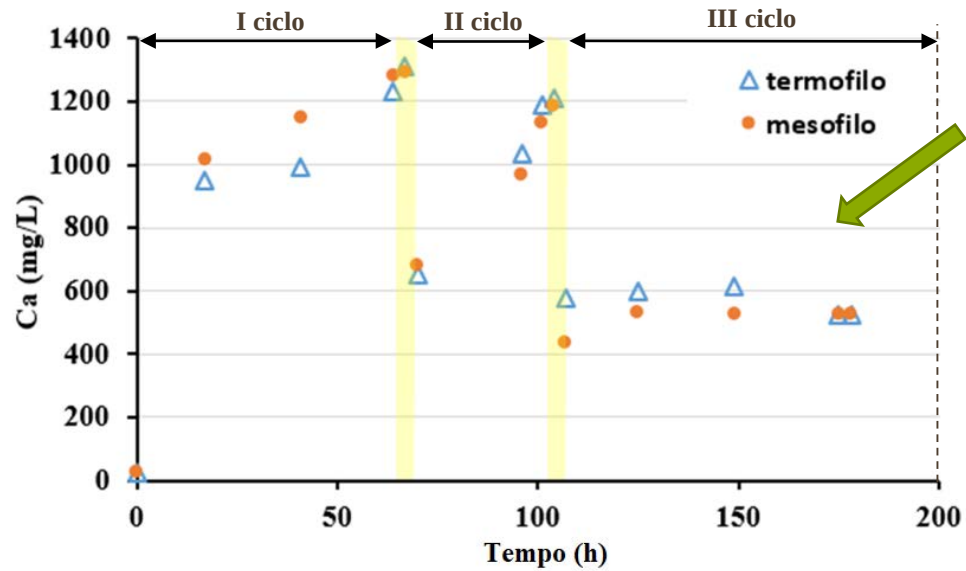
Crescente dissoluzione del layer brucitico della fibra di crisotilo nel campione di cemento amianto



All'inizio di un nuovo ciclo vi sono concentrazioni di Ca e Mg pari alla metà di quelle presenti al termine del ciclo precedente



Questo fenomeno è dovuto alla diluizione della soluzione contenuta nei reattori a valle della procedura di ricarica del substrato e dei nutrienti



La presenza di un plateau indica che è stato disciolto tutto il Ca e Mg presente in soluzione in entrambi i reattori

$$Ca_0 = Ca_{digestato} \cdot V_{digestato} + [CAC] \cdot \%_{Ca} \cdot V_{soluzione}$$

$$Mg_0 = Mg_{digestato} \cdot V_{digestato} + [CAC] \cdot \%_{Mg} \cdot V_{soluzione}$$

- $Ca_{digestato}$ e $Mg_{digestato}$ sono rispettivamente le concentrazioni di Ca e Mg totale misurate nel digestato e pari a 1961 mg/L e 916 mg/L
- $V_{digestato}$ è pari a 100 mL e rappresenta il volume di digestato aggiunto come inoculo all'inizio delle prove
- $V_{soluzione}$ è pari a 1000 mL e rappresenta il volume iniziale di soluzione
- $[CAC]$ è pari a 5000 mg/L e rappresenta la concentrazione di cemento amianto aggiunto all'inizio delle prove
- $\%_{Ca}$ e $\%_{Mg}$ sono rispettivamente le concentrazioni di calcio e magnesio contenute del campione di cemento amianto usato in questa campagna sperimentale e sono rispettivamente pari a 30% e 3.1%

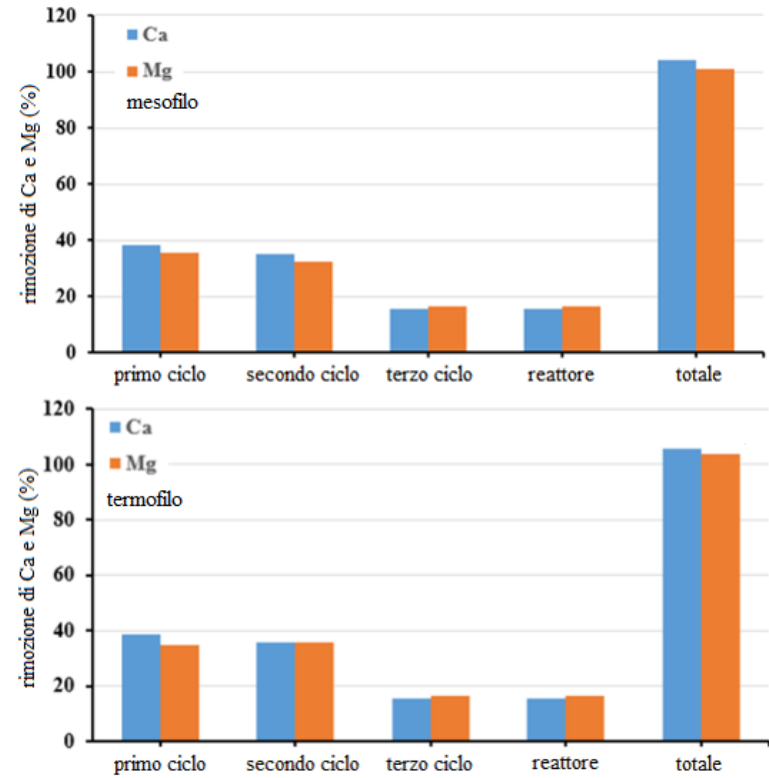
$$Ca_0 = 1696 \text{ mg}$$

$$Mg_0 = 246,6 \text{ mg}$$

Quantitativi di Ca e Mg in forma disciolta rimossi al termine dei cicli di alimentazione dei reattori e presenti, in forma disciolta, nella soluzione restante nel reattore al termine del terzo ed ultimo ciclo

		T = 35 °C		T = 55 °C	
		Ca (mg)	Mg (mg)	Ca (mg)	Mg (mg)
Surnatante	I	647,7	88,1	657,1	86,4
ciclo					
Surnatante	II	592,5	80,3	605,4	88,8
ciclo					
Surnatante	III	263,5	40,5	263,5	40,5
ciclo					
Soluzione					
restante	nel	263,5	40,5	263,5	40,5
reattore					
Totale		1767,2	249,4	1789,4	256,2
Risultato					
atteso		1696	246.6	1696	246.6

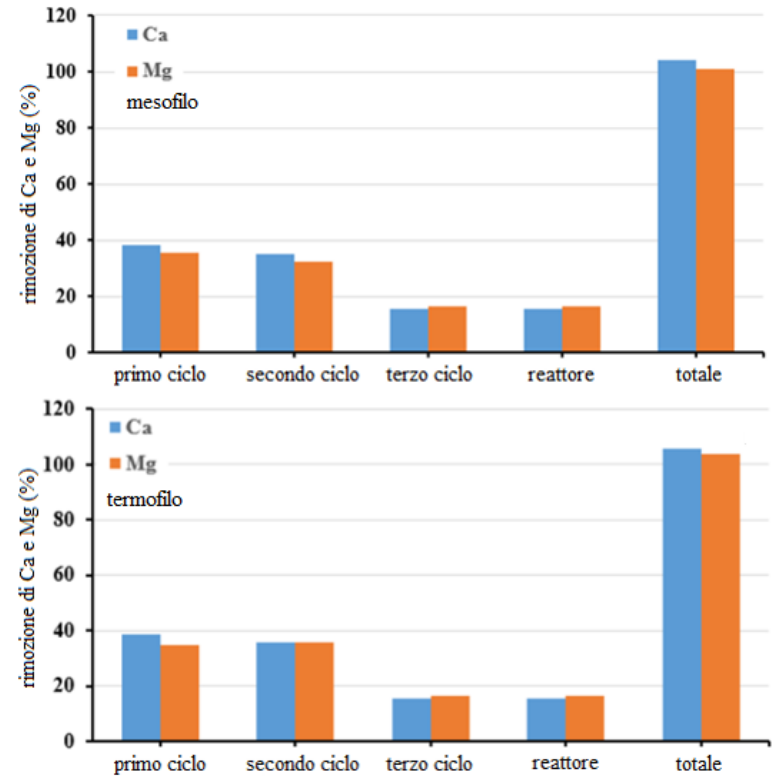
Percentuale di rimozione, rispetto a Ca₀ e Mg₀, del calcio e del magnesio durante le fasi del trattamento di DF a 35°C e a 55 °C



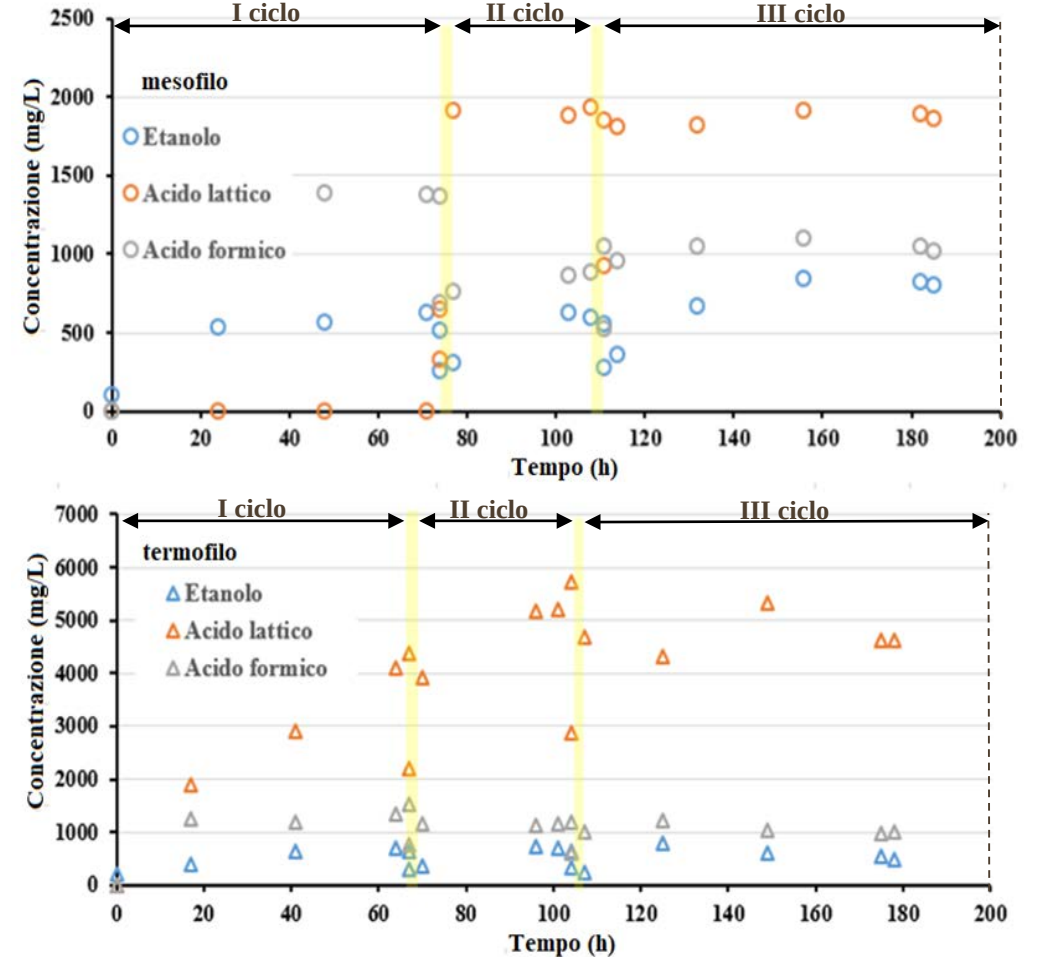
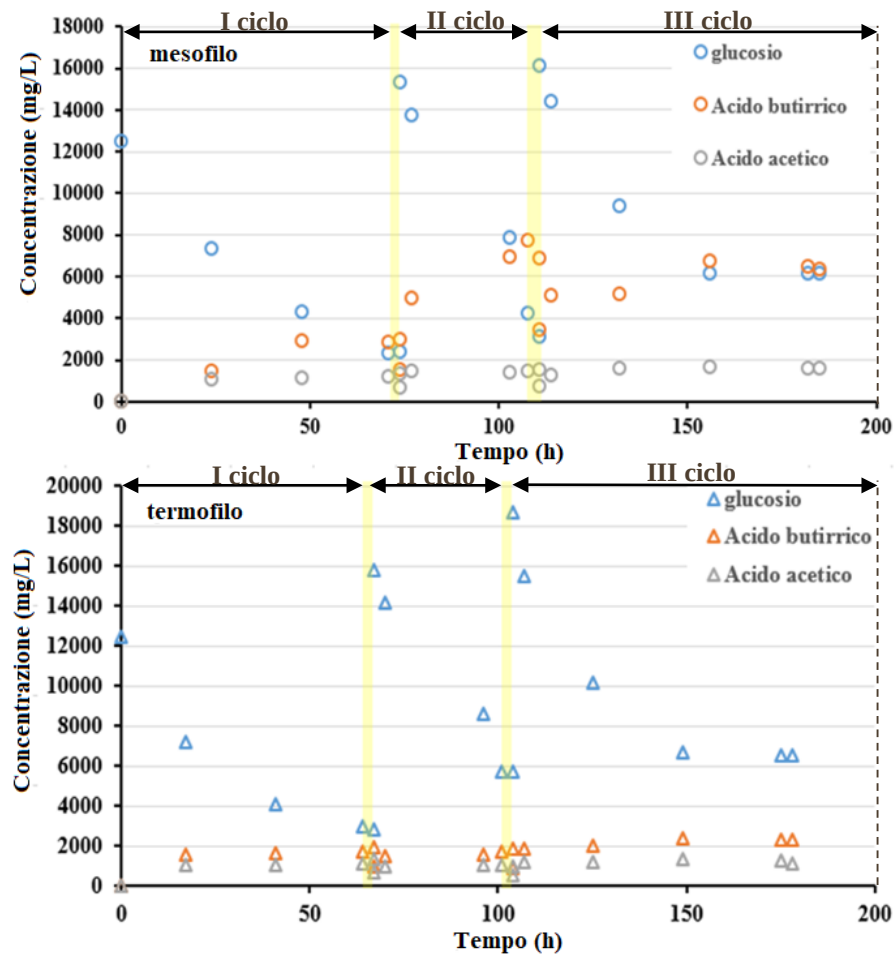
Quantitativi di Ca e Mg in forma disciolta rimossi al termine dei cicli di alimentazione dei reattori e presenti, in forma disciolta, nella soluzione restante nel reattore al termine del terzo ed ultimo ciclo

		T = 35 °C		T = 55 °C	
		Ca (mg)	Mg (mg)	Ca (mg)	Mg (mg)
Surnatante	I	647,7	88,1	657,1	86,4
ciclo					
Surnatante	II	592,5	80,3	605,4	88,8
ciclo					
Surnatante	III	263,5	40,5	263,5	40,5
ciclo					
Soluzione					
restante	nel	263,5	40,5	263,5	40,5
reattore					
Totale		1767,2	249,4	1789,4	256,2
Risultato					
atteso		1696	246.6	1696	246.6

Percentuale di rimozione, rispetto a Ca₀ e Mg₀, del calcio e del magnesio durante le fasi del trattamento di DF a 35°C e a 55 °C



Il campione di cemento
amianto è stato
completamente disciolto
durante i trattamenti di DF

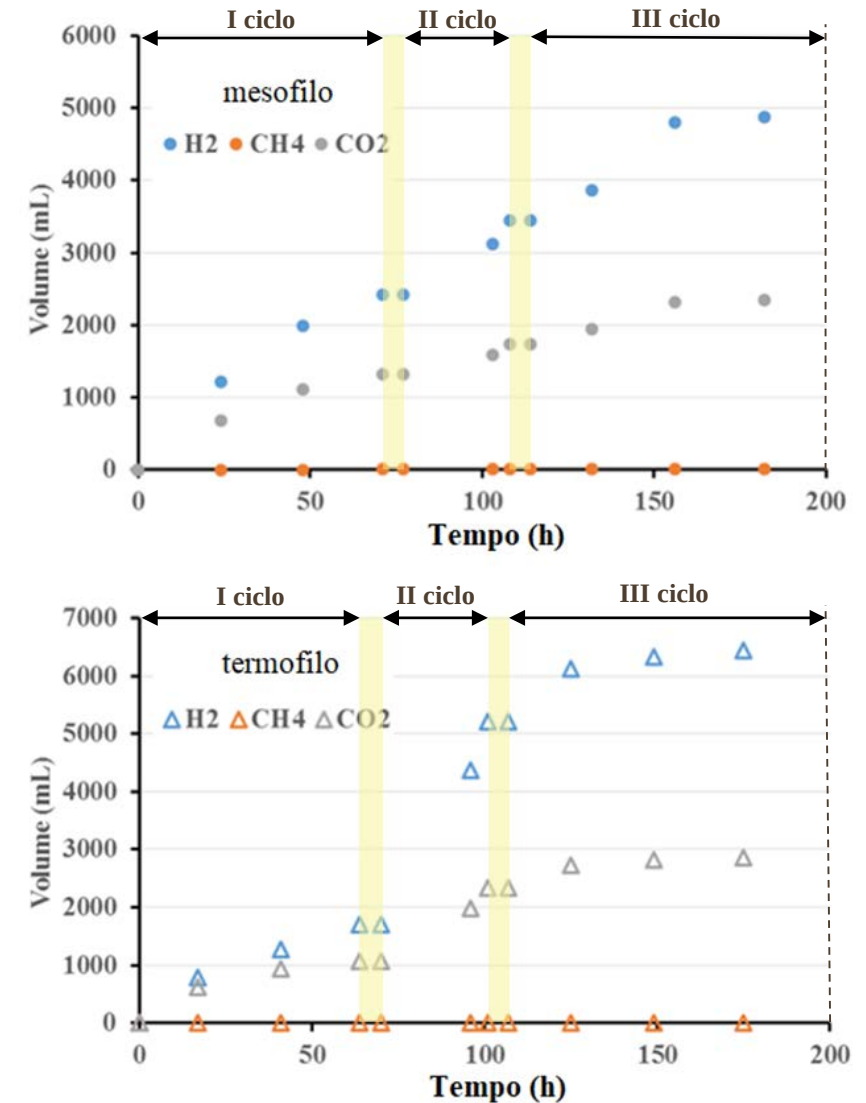


Andamento delle concentrazioni di glucosio, etanolo e VFAs durante le prove in condizioni di mesofilia e termofilia.

Le parti evidenziate rappresentano la fine e l'inizio di un ciclo

Le temperature operative del trattamento influenzano fortemente la speciazione dei VFAs

Al termine delle prove (circa 180 h) il pH aveva raggiunto un valore di 4.1 e le produzioni cumulate di bio-H₂ si sono assestate a valori di 4,9 L per il reattore REM e di 6,4 L per il reattore RET



Produzione di biogas nelle prove in condizioni di mesofilia e termofilia

Rimuovere Ca e Mg contenuti nel campione di cemento amianto significa rendere il rifiuto solido non pericoloso nel caso in cui sia previsto il recupero/smaltimento della miscela liquida trattata.

Gli obiettivi posti sono stati soddisfatti:

- Solubilizzazione totale del Ca e del Mg nel campione di cemento amianto

La denaturazione delle fibre di amianto tramite DF è un processo molto promettente sul quale potrebbero essere svolte indagini sperimentali future al fine di una concreta applicazione in ambito industriale

Grazie per l'attenzione