



## L'inertizzazione come alternativa all'interramento in discarica

Dottorssa Laura Tomassetti

***“Amianto: Gli interventi in sicurezza di riqualificazione del patrimonio immobiliare per la prevenzione dei rischi e il corretto smaltimento degli MCA”***

Palermo 29 Aprile 2019

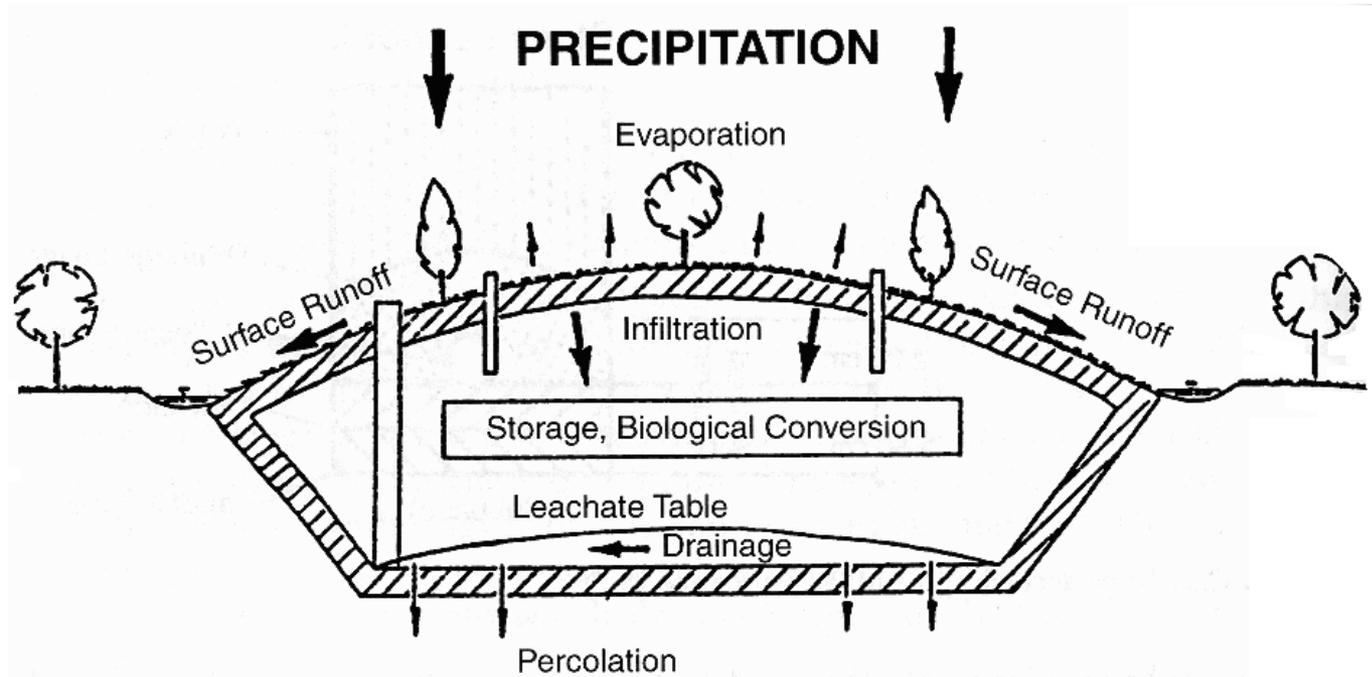
# Risoluzione del Parlamento Europeo

Risoluzione del Parlamento Europeo 2012/2065 (INI) del 14 marzo 2013 (“Minacce per la salute sul luogo di lavoro legate all'amianto e prospettive di eliminazione di tutto l'amianto esistente”):

“considerando che il conferimento dei rifiuti di amianto in discarica **non sembrerebbe il sistema più sicuro per eliminare definitivamente il rilascio di fibre di amianto** nell'ambiente (in particolare nell'aria e nelle acque di falda) e che pertanto **risulterebbe di gran lunga preferibile optare per impianti di inertizzazione dell'amianto**”.

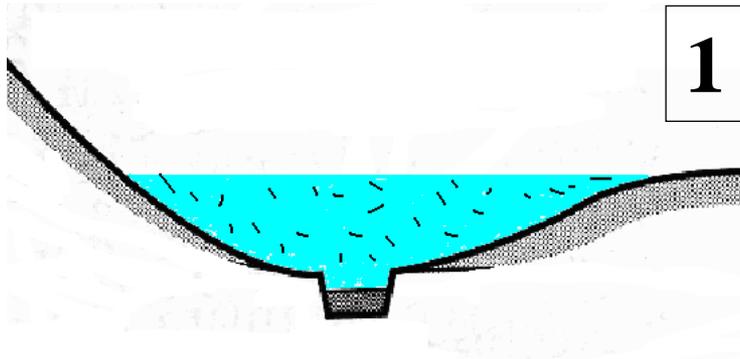
“considerando che la **realizzazione di discariche** di rifiuti di amianto è una **soluzione solo provvisoria del problema**, che così viene lasciato alle future generazioni, essendo la fibra di amianto pressoché indistruttibile nel tempo”

## Discarica: Quali problemi?

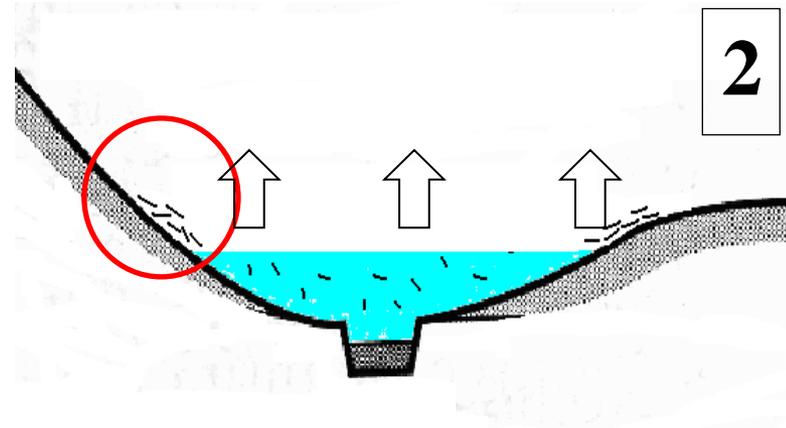


Uno dei fattori che determina la formazione di discontinuità aperte che possono lasciar passare un lisciviato inalterato per svariati Km è la fessurazione (per **essiccamento o cedimenti differenziali**) (Hagerty e Pavoni, 1973)

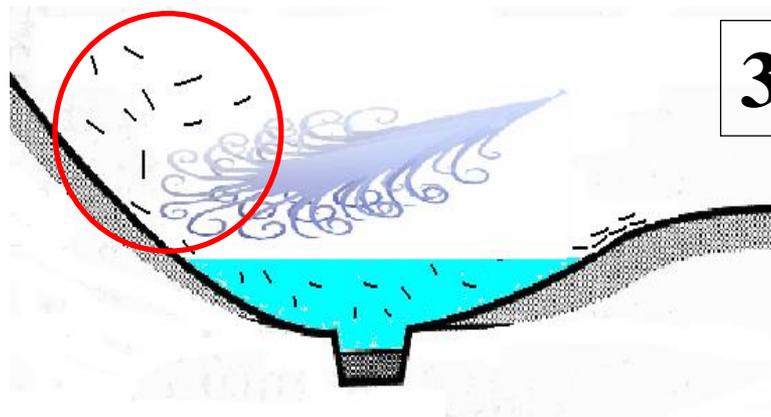
# Discarica: Quali problemi?



Esempio di laghetto dove sono state concentrate le fibre di amianto a seguito di dispersione dalla discarica



A seguito di evaporazione dell'acquifero, le fibre (fase solida sospesa) tendono a sedimentare sulla superficie del suolo



Le fibre sedimentate possono essere rimosse dalla superficie del suolo (ad es., per azione eolica) ed aerodisperse, con conseguente rischio di inalazione

## Discarica: Quali problemi?

La dispersione a medio-lungo termine di fibre nel percolato di discarica è provata scientificamente:

da F. Paglietti, L. Zamengo, S. Polizzi, M. Giangrasso., G. Fasciani (Barricalla S.p.A. – Torino).

Trattamento ... L'industria e l'amianto. Atti del Convegno, Roma 26-28 novembre 2002:  
*Le analisi effettuate sui percolati di discarica Barricalla S.p.a. di Torino, hanno accertato la presenza di un numero notevole di fibre di amianto... Tale situazione è imputabile al decadimento strutturale degli imballaggi che contengono i rifiuti ..., causato dall'usura nel tempo e dalle condizioni di degrado che si instaurano nel corpo delle discarica a seguito dell'interramento...*



Fig 1. Disposal of asbestos containing waste at the dedicated cell of the Barricalla landfill.

# Inertizzazione

**INERTIZZAZIONE:** trattamenti che modificano completamente la struttura cristallografica dell'amianto e che quindi annullano la pericolosità connessa ai minerali di amianto

Eseguendo una classificazione basata su principi fisici, tutti i processi considerati sono raggruppabili nelle seguenti **3 macrocategorie**:

**Trattamenti termici** – in cui si prevede una modifica della struttura cristallografica ad elevate temperature

**Trattamenti chimici** – in cui si prevede una modifica della struttura cristallografica mediante l'applicazione di sostanze chimiche (acidi o basi forti concentrate)

**Trattamenti mecanochimici** – in cui si prevede una modifica della struttura cristallografica applicando la macinazione ad alta energia od una ultramacinazione

# Inertizzazione: trattamenti termici

Questa categoria di trattamenti è molto articolata ed è anche quella dove si concentrano le **maggiori esperienze industriali reali**.

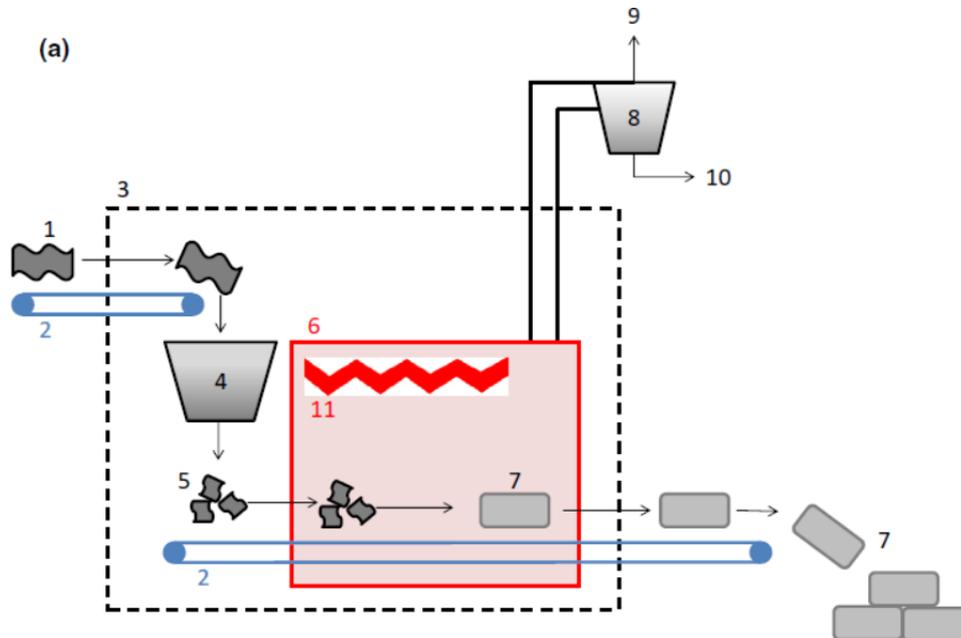
La quasi totalità delle applicazioni identificate e degli studi analizzati **prevede l'uso di temperature prossime o superiori ai 1200 °C**.

**Le criticità comuni** a tutti i trattamenti termici:

- **l'elevata energia richiesta** per riscaldare un materiale termicamente inerte come l'amianto
- **formazione di inquinanti atmosferici** durante le fasi del riscaldamento ed in quest'ottica un materiale particolarmente problematico è il vinilamianto, in quanto il trattamento termico di polimeri alogenati può portare alla formazione di inquinanti organici persistenti quali le diossine e i policlorobifenili.
  - Trattamenti termici semplici
  - Trattamenti termici con ricristallizzazione controllata
  - Trattamenti termici in presenza di altri materiali inorganici
  - Trattamenti con microonde
  - Trattamenti con ossidrogeno

# Inertizzazione: trattamenti termici

- **Trattamenti termici semplici (Vetrificazione)** - A temperatura superiore ai 700 °C il desorbimento dell'acqua di cristallizzazione (strutturale) comporta un collasso della struttura cristallina fibrosa, con la conseguente produzione di un materiale vetroso inerte.
- **Trattamenti termici con ricristallizzazione controllata (Vetroceramizzazione/litificazione)** – dopo la fusione si fa avvenire una ricristallizzazione a temperatura controllata, è possibile ottenere prodotti con buone proprietà meccaniche.

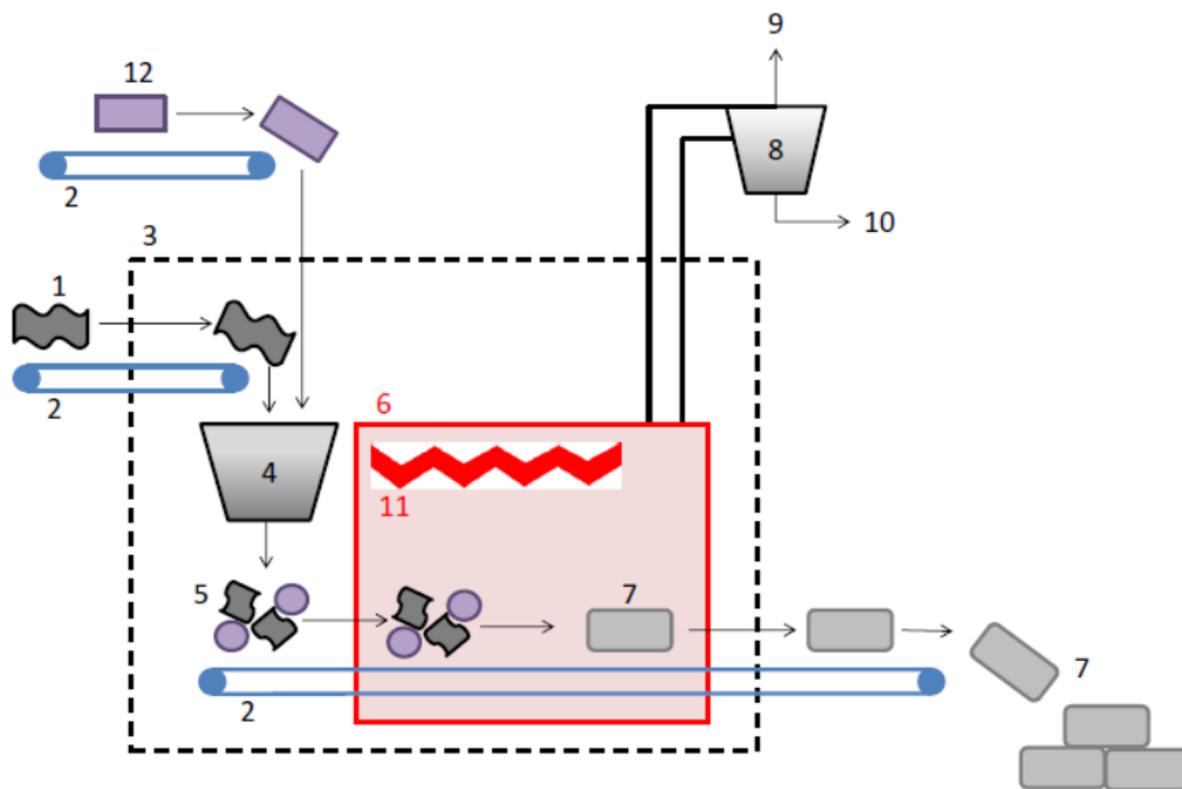


**Processo INERTIAM** – Primo impianto operativo  
Utilizzo della torcia al plasma

**Processo KRY-AS** – Utilizzo del forno a tunnel in continuo

## Inertizzazione: trattamenti termici

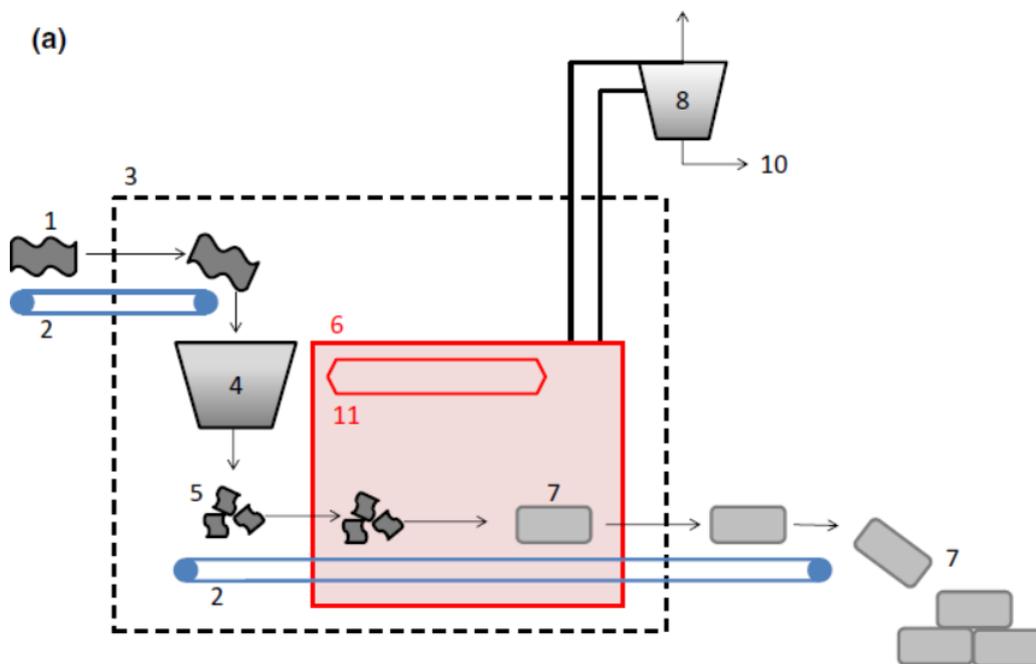
- **Trattamenti termici in presenza di altri materiali inorganici** - La cosiddetta "litifizzazione pirolitica" (da non confondersi con la litificazione descritta nel precedente paragrafo) porta i MCA a essere miscelati con argilla e impiegati nella produzione di argilla espansa



## Inertizzazione: trattamenti termici

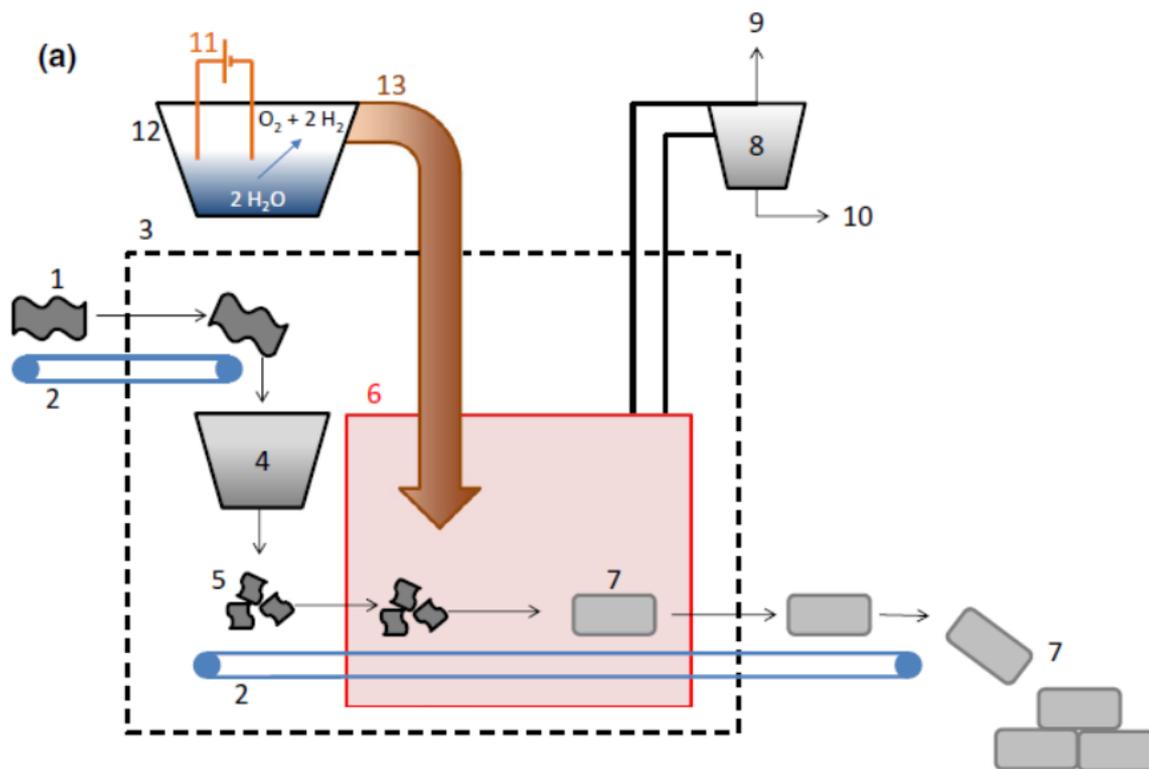
- **Trattamenti con microonde** - Malgrado le evidenze scientifiche dimostrino la fattibilità di una inertizzazione dell'amianto basata sulle microonde, non risultano significativi utilizzi di questa tecnica su scala industriale.

La **ATON HT** detiene una domanda di brevetto internazionale per l'uso delle microonde in presenza di additivi quali silicato di sodio e/o potassio, soda caustica e borace.



# Inertizzazione: trattamenti termici

- **Trattamenti con ossidrogeno** - per raggiungere elevate temperature in prossimità dell'amianto si prevede una miscela gassosa stechiometrica 1:2 di ossigeno e idrogeno (ossidrogeno) derivante dall'elettrolisi dell'acqua. La successiva reazione tra i due componenti si innesca spontaneamente a 570 °C e rilascia un'energia

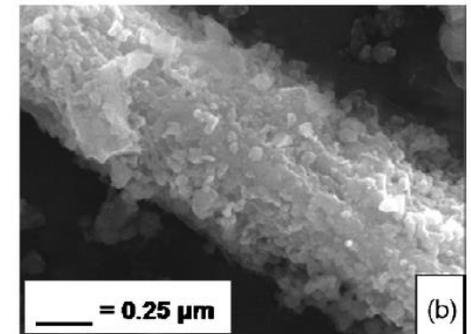
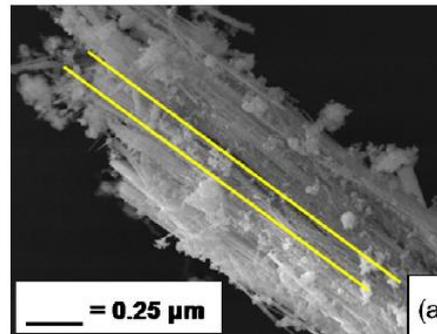
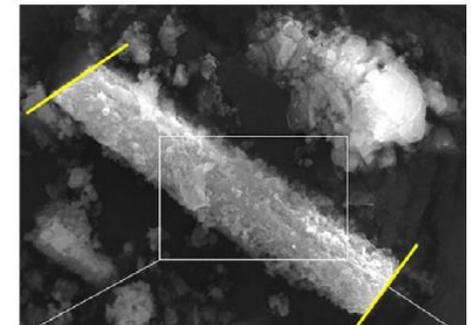
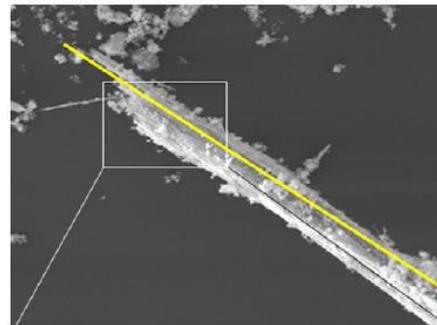


# Inertizzazione: Processo KRY-AS

Il trattamento non prevede alcuna macinazione prima della cottura e le big bags contenenti lastre di cemento-amianto rimangono, quindi, sigillati in modo tale da evitare il rilascio di fibre.



Figura 51 Campione numero 2 prima del trattamento termico



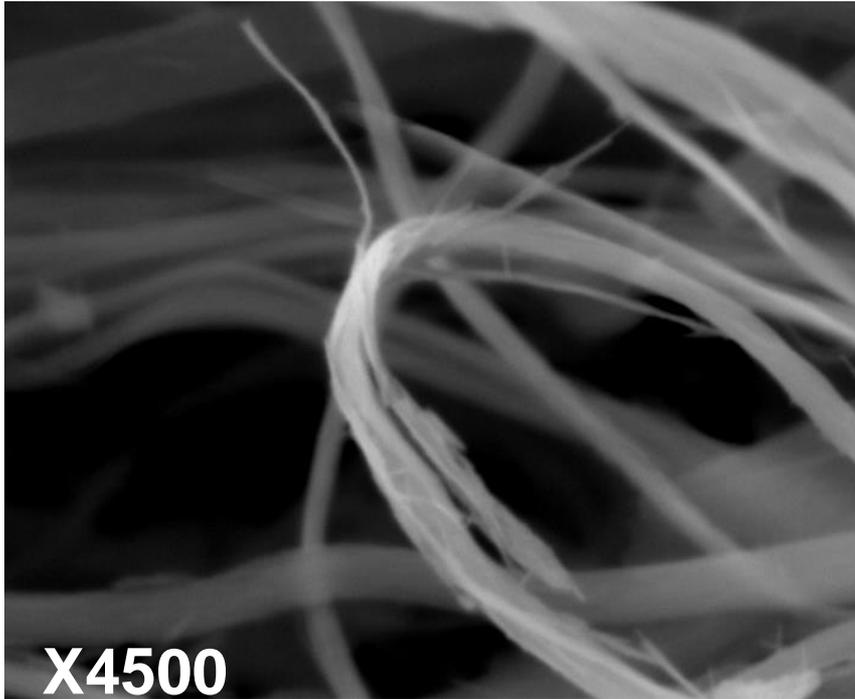
Trasformazione del cemento amianto mediante trattamento termico. a) Matrice di cemento asbesto non trattata. b) Matrice trattata mediante trattamento termico previsto dal brevetto (Gualtieri et al, 2008)

## Inertizzazione: Processo KRY-AS

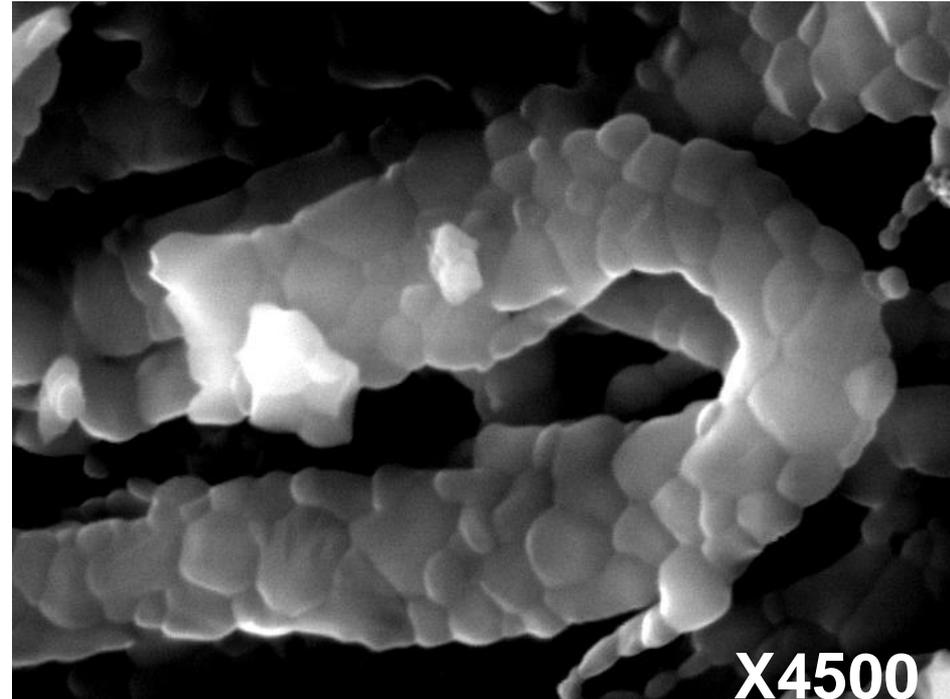
I possibili utilizzi del materiale in uscita come materia prima seconda studiati da Gualtieri et. al (2011a, 2011b, 2012) Viani et al (2013, 2014) sono molteplici, come ad esempio:

- Industria dei pigmenti ceramici;
- Produzione di fritte ceramiche e vetroceramici;
- Industria delle piastrelle ceramiche;
- Settore dei laterizi;
- Industria del vetro per la produzione di fibre sintetiche;
- Produzione di materiali cementizi;
- Produzione di Geopolimeri
- Industria della plastica

## Inertizzazione: trattamenti termici



**Trasformazione chimico-fisica: prima**



**Trasformazione chimico-fisica: dopo**

## Inertizzazione: trattamenti chimici

I trattamenti chimici hanno lo scopo di **distruggere le fibre di amianto attraverso attacco chimico ottenuto avvalendosi di acidi o basi forti concentrate** e successiva neutralizzazione della miscela ottenuta finalizzata a estrarre prodotti riutilizzabili come inerti.

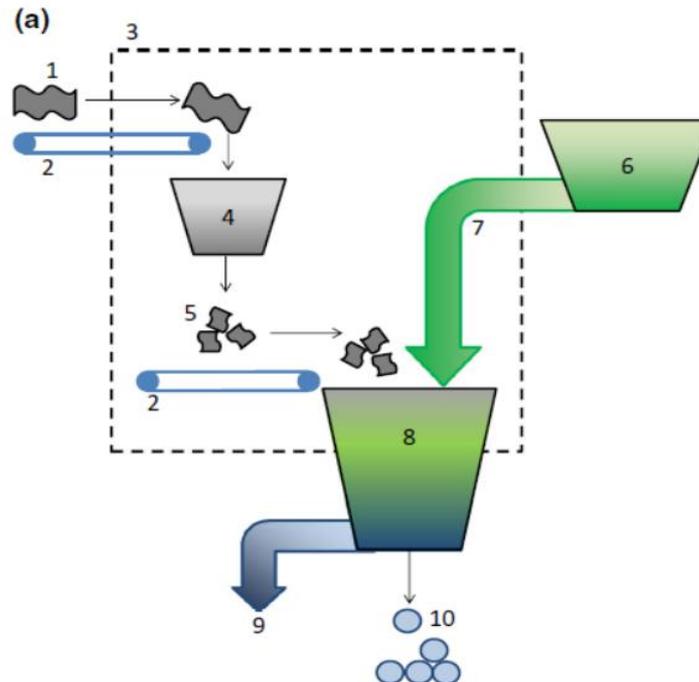
Si tratta di applicazioni che:

- **richiedono temperature** di processo **meno elevate** dei processi termici ma comunque superiori a quelle ambientali.
- Il **rischio** dei trattamenti chimici è che **l'inertizzazione** avvenga solo **a livello superficiale** e non interessi le fibre localizzate nella parte più interna della struttura, che potrebbero essere rilasciate in seguito a una rottura del materiale prodotto.
- **Elevati costi** legati al consumo dei **reattivi** e al successivo **smaltimenti dei reflui**.
  - Trattamenti chimici classici (subcritici)
  - Trattamento idrotermico (supercritico)
  - Trattamento con agenti riducenti

# Inertizzazione: trattamenti chimici

- **Trattamenti chimici classici** (subcritici) -
  - uso di pH altamente basici che degradano la struttura dell'amianto generando silanoli liberi;
  - uso dell'acido fluoridrico per formare fluoruro di silicio.

In generale, per poter ottenere risultati soddisfacenti, è necessario operare a temperature prossime ai 100 °C. Gli svantaggi di entrambe le tecniche sono legati ai costi legati al consumo dei reattivi e al successivo smaltimenti dei reflui.



Non sono note applicazioni  
reali a livello industriale

## Inertizzazione: trattamenti chimici

- **Trattamento idrotermico (supercritico)**

comporta l'uso di acqua supercritica a 250 MPa e 650 ° C. In tali condizioni, lo stato fisico dell'acqua è quello del fluido supercritico. Questo approccio permette di operare a pH neutro.

Le principali questioni relative al processo sono:

- pressioni particolarmente elevate;
- filtrazione dell'acqua ottenuta,
- necessità (in alcune applicazioni specifiche) di aggiungere il 6% di perossido di idrogeno

- **Trattamento con agenti riducenti**

Il processo richiede **l'aggiunta di un riducente come un metallo** allo stato elementare (che determina il costo totale del processo). Altra criticità di questi processi è legata all'innesco della reazione. Il vantaggio di questo approccio è che le reazioni di ossidoriduzione sono favorite e una volta avviate procedono spontaneamente.

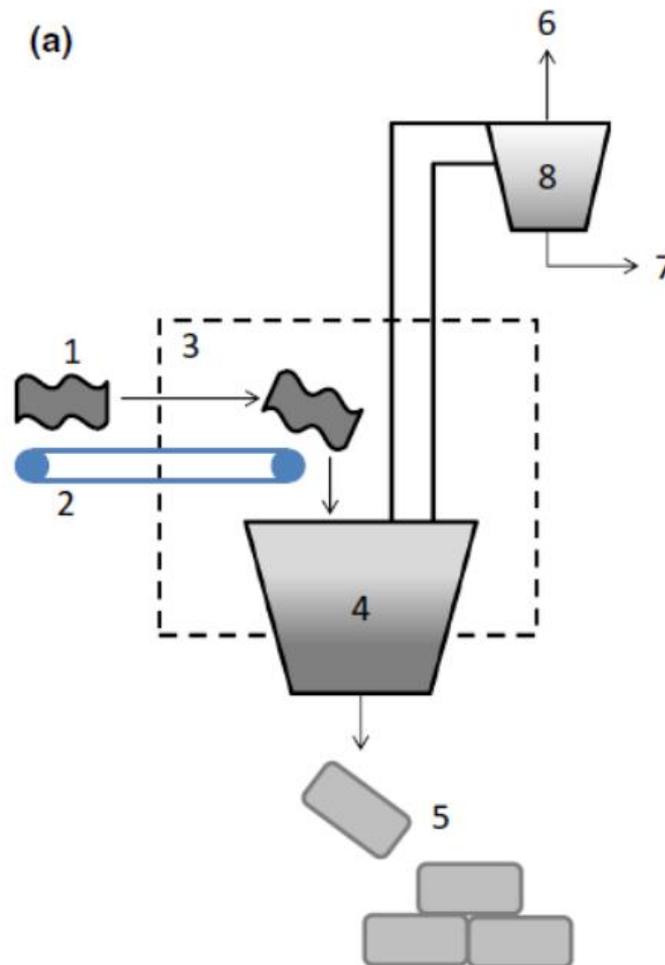
# Inertizzazione: trattamenti mecanochimici

## I trattamenti mecanochimici

affidano all'energia meccanica trasmessa al MCA da macchine trituratrici il compito di distruggere i reticoli cristallini ed i legami molecolari presenti nell'amianto.

I processi di macinazione ad alta energia od ultramacinazione sono stati proposti e utilizzati con successo alla scala di laboratorio ed industriale.

Nello specifico è stato dimostrato che la macinazione di fillosilicati, che avviene in mulini che operano con le più diverse metodologie, ne determina la progressiva amorfizzazione grazie al rilascio degli ioni ossidrile necessari al mantenimento della struttura cristallina



## Confronto tra i diversi trattamenti

Tipo di trattamento	Termico	Chimico	Meccanochimico
Temperatura di processo (°C)	1000 - 2800	< 600	< 100
Energia necessaria	alta	bassa	media
Utilizzo di reattivi chimici	Scarso	Elevato	Nessun utilizzo
Prodotti di scarto	Elevate quantità di reflui gassosi	Elevate quantità di reflui liquidi	Piccole quantità
Riutilizzo dei prodotti ottenuti	Applicazioni nei manti stradali e nell'industria del cemento	Applicazioni nell'industria del cemento e del vetro	Polvere utilizzata nei materiali da costruzione
Emissioni in atmosfera	Alte	Basse	Basse
Reflui liquidi	Scarse quantità	Grandi quantità	Nessuno

# Benefici

## Benefici

- Inertizzazione del cemento amianto
- Riduzione dei rischi circa la contaminazione di suoli ed acque
- Riduzione dell'utilizzo di suolo
- Riduzione del traffico veicolare pesante su gomma extranazionale e di carburante
- Utilizzo del materiale inerte

	Inertizzazione	Discarica
Costi di smaltimento/trattamento	65/70 euro/ton	197-540 euro/ton
cemento-amianto Inertizzato	70.000 ton/anno	0 ton/anno
Riduzione dei rischi – contaminazione suoli ed acqua (Potenziale)	0 MFL	1,08±0,08 MFL nel percolato
Utilizzo del suolo	1800 m <sup>2</sup>	0,8 m <sup>2</sup> /ton
Traffico veicolare – emissioni e carburante	Fino a -93%	0%
Utilizzo materia prima seconda	Fino al 40% del prodotto da realizzare	0%

## Conclusioni

Nonostante il basso sviluppo industriale degli impianti di trattamento dell'amianto in tutto il mondo, **il livello di prontezza di alcune tecnologie è oggi in grado di affrontare il problema dei materiali contenenti amianto.**

In particolare, sono disponibili diverse applicazioni di **degradazione termica** affidabile dell'amianto.

Ciascuna tecnologia presenta **vantaggi e svantaggi** e **può essere selezionata** sulla base delle *specifiche esigenze del processo*.

In particolare, la possibilità di **ottenere un sottoprodotto riutilizzabile** può essere considerato il **punto tecnico più importante** per raggiungere la **fattibilità economica** di un impianto.

**il conferimento in discarica dovrebbe diventare una pratica sempre meno utilizzata nei prossimi decenni**



Grazie per l'attenzione

Laura Tomassetti  
Consiglio Nazionale delle Ricerche  
Istituto sull'Inquinamento atmosferico  
Laura.tomassetti@iia.cnr.it