

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II**  
**Scuola Politecnica e delle Scienze di Base**  
*Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale*



Corso di Laurea Triennale in:  
**INGEGNERIA PER L'AMBIENTE ED IL TERRITORIO**

TESI DI LAUREA:

**“DEARSENIFICAZIONE PER ACQUE  
DESTINATE AD USO POTABILE”**

**Relatore**  
Ch.mo Prof. Ing.  
Massimiliano Fabbricino

**Candidato**  
Grazia Guerriero  
Matr. N49000216

Anno Accademico 2013 – 2014

# Dearsenificazione per acque destinate ad uso potabile

*per «acque destinate al consumo umano» si intendono:*

*tutte le acque trattate o non trattate, destinate a uso potabile, culinario o per la preparazione di cibi o per altri usi domestici, a prescindere dalla loro origine, siano esse fornite tramite una rete di distribuzione, mediante cisterne, in bottiglie o in contenitori*

# L'arsenico

- ▶ È un semimetalloide il cui numero atomico è 33
- ▶ È presente sotto forma di tre stati principali di ossidazione  $\text{As(III)}$  + 3arsenito,  $\text{As(V)}$ +5arseniato , 0 arsenico
- ▶ È il 20° elementi in ordine di abbondanza sulla crosta terrestre
- ▶ Nelle acque lo ritroviamo come idrossido arsenioso e idrossido arsenico
- ▶ È tossico sia in elevate che in piccole dosi poiché tende ad accumularsi nell'organismo

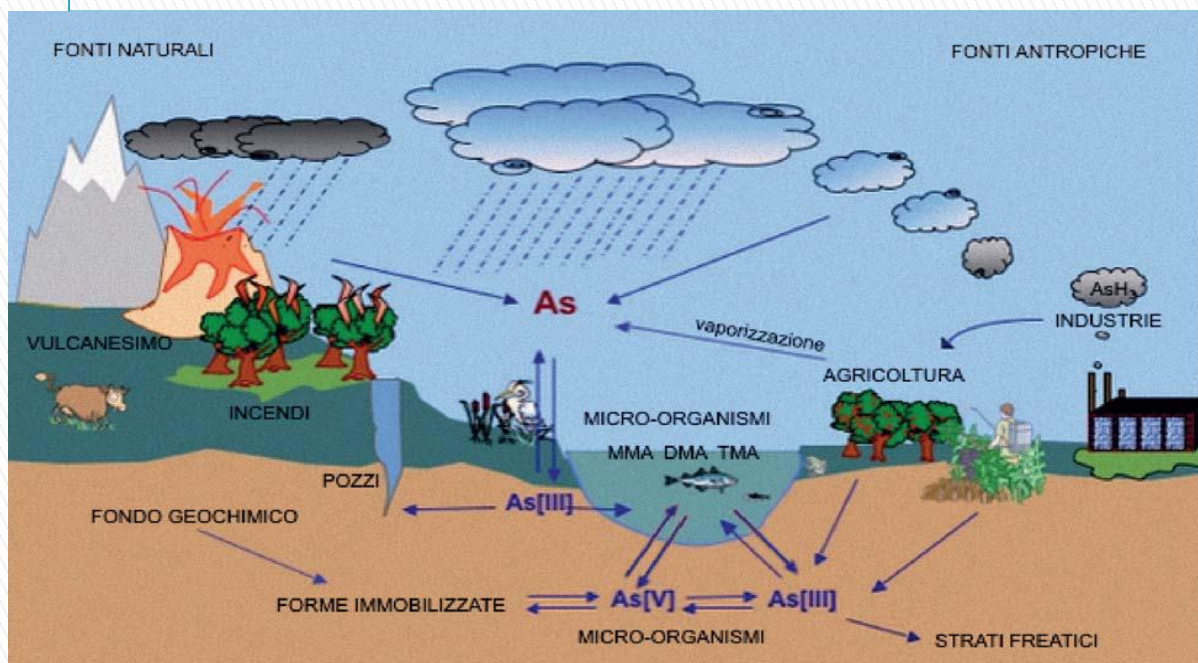
# L'origine dell'elemento

## Origine Antropica

L'arsenico è un elemento presente soprattutto nelle acque a causa di fenomeni di tipo geochimico derivanti dalle attività vulcaniche

## Origine naturale

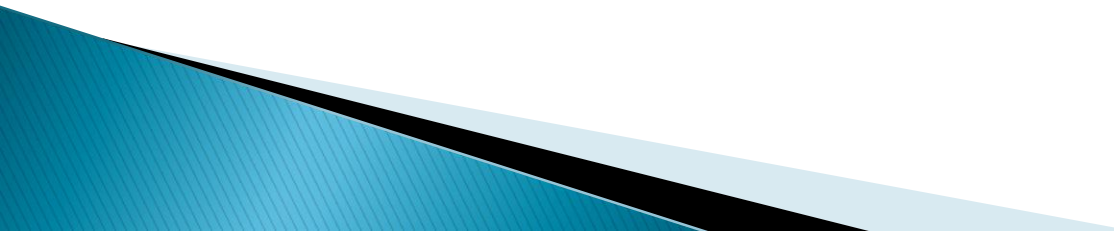
Le principali fonti sono costituite dall'estrazione mineraria, delle industrie e dall'agricoltura. L'arsenico è stato in anni passati usato sia come fertilizzante che come fitofarmaco per accelerare la crescita del pollame



# I Limiti normativi

Gli attuali limiti normativi italiani ed Europei prevedono una concentrazione massima ammissibile di arsenico nelle acque destinate al consumo umano pari a  $10\mu\text{g/l}$  mentre il valore della precedente normativa era di  $50\mu\text{g/l}$ .

L'OMS auspica però di arrivare a valori compresi tra i  $2\mu\text{g/l}$  e i  $5\mu\text{g/l}$ .



# Tecniche di rimozione

Le principali tecniche per la rimozione dell'arsenico sono costituite da trattamenti a membrana, trattamenti di ossidazione e precipitazione e trattamenti ad adsorbimento .

| Trattamento    | Processo                             |                                  | Efficienza (%) |
|----------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------|
| Fisico         | Nanofiltrazione                      |                                  | ~95            |
|                | Osmosi inversa                       |                                  | >95            |
| Chimico        | Ossidazione e precipitazione chimica | Con Sali di alluminio            | >90            |
|                |                                      | Con Sali di ferro                | >95            |
|                |                                      | Con calce                        | >90            |
| Chimico-fisico | Scambio ionico                       |                                  | >90            |
|                | Adsorbimento                         | Con allumina attiva              | >95            |
|                |                                      | Con idrossido di ferro granulare | >95            |
|                |                                      | Con sabbie rivestite di Fe e Mn  | ~95            |
|                |                                      | Con ferro zerovalente            | ~95            |
|                |                                      | Con zeoliti                      | ~80            |



# Trattamenti a membrana

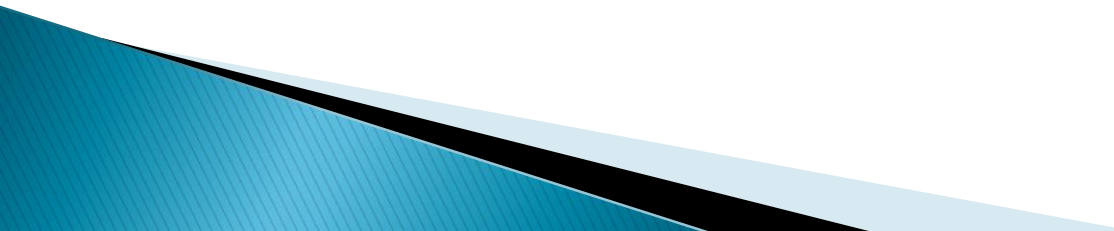
I trattamenti a membrana prevedono il passaggio dell'acqua da trattare attraverso un materiale filtrante che ha dimensioni di passaggio comprese tra quelle di uno ione e quelle di un sale. Presentano lo svantaggio di richiedere pretrattamenti per non creare incrostazioni sulla membrana

- ▶ Nanofiltrazione : ha il vantaggio di riuscire ad eliminare entrambi gli ioni arsenicali , As(III)e As(V)
- ▶ L'osmosi inversa necessita un bypass di parte dell'acqua poiché oltre a rimuovere l'arsenico rimuove anche sostanze che vogliamo rimangano disciolte

# Ossidazione e precipitazione chimica

Sono trattamenti che si basano sulle proprietà di alcuni sali, che disciolti in soluzione danno luogo a dei fiocchi che attraggono gli ioni e le microparticelle disciolte in soluzione. Questi fiocchi vengono poi rimossi attraverso processi di precipitazione, coprecipitazione o adsorbimento. In sintesi questi processi consistono nei seguenti step :

Ossidazione → precipitazione → sedimentazione e/o filtrazione. Le sostanze generalmente utilizzate sono: sali di ferro, sali di alluminio, calce.





# Ossidazione e precipitazione chimica

- ▶ Sali di ferro e Sali di alluminio sono sconvenienti in quanto lavorano in specifici range di pH
- ▶ La calce nonostante sia un metodo tipico per la rimozione della durezza in soluzione rilascia sali di ferro e di alluminio che attraggono gli ioni arseniacali in soluzione.

Tutti questi processi presentano presentano il problema della gestione dei fanghi

# Processi ad adsorbimento

I processi di adsorbimento richiedono anche loro molto spesso una fase preossidativa si basano principalmente sull'affinità soluto-solvente e soluto-adsorbente.

I principali metodi di rimozione sono:

- ▶ L'allumina attiva ottenuta tramite la disidratazione dell'idrossido di alluminio, ha il vantaggio di essere molto selettiva nei confronti dell'arsenico, ma presenta lo svantaggio di una difficile eluizione dal materiale adsorbente.
- ▶ Zeoliti metodo naturale molto economico, che presentano bassi rendimenti e lunghi tempi di detenzione se non modificate.

# Processi ad adsorbimento

- ▶ Ferro zerovalente ha il vantaggio di non richiedere una fase preossidativa ed elimina sia As(III) che As(V), richiede però un pH preciso e la presenza di ossigeno disciolto.
- ▶ Sabbia verde costituita principalmente da Sali di ferro e manganese . Ha il vantaggio di combinare la fase di ossidazione e quella di filtrazione
- ▶ Idrossido di ferro granulare materiale di nuova generazione molto costoso , ma presenta il vantaggio di essere un ottimo materiale adsorbente .
- ▶ Trattamenti a scambio ionico che prevedono l'utilizzo di resine anioniche a base forte che potrebbero rilasciare sostanze corrosive.

# Piano di gestione di un piccolo impianto per uso domestico

Lo scopo di un piano di gestione per un piccolo impianto di dearsenificazione destinato ad un uso domestico è quello di riportare, in associazione ad un manuale d'uso tutte le indicazioni necessarie per l'avviamento e la manutenzione, che sia essa ordinaria o straordinaria dell'impianto. Si riporta di seguito uno schema di impianto con annessa la sua manutenzione ordinaria

