

Tecnologie di rimozione dell'arsenico

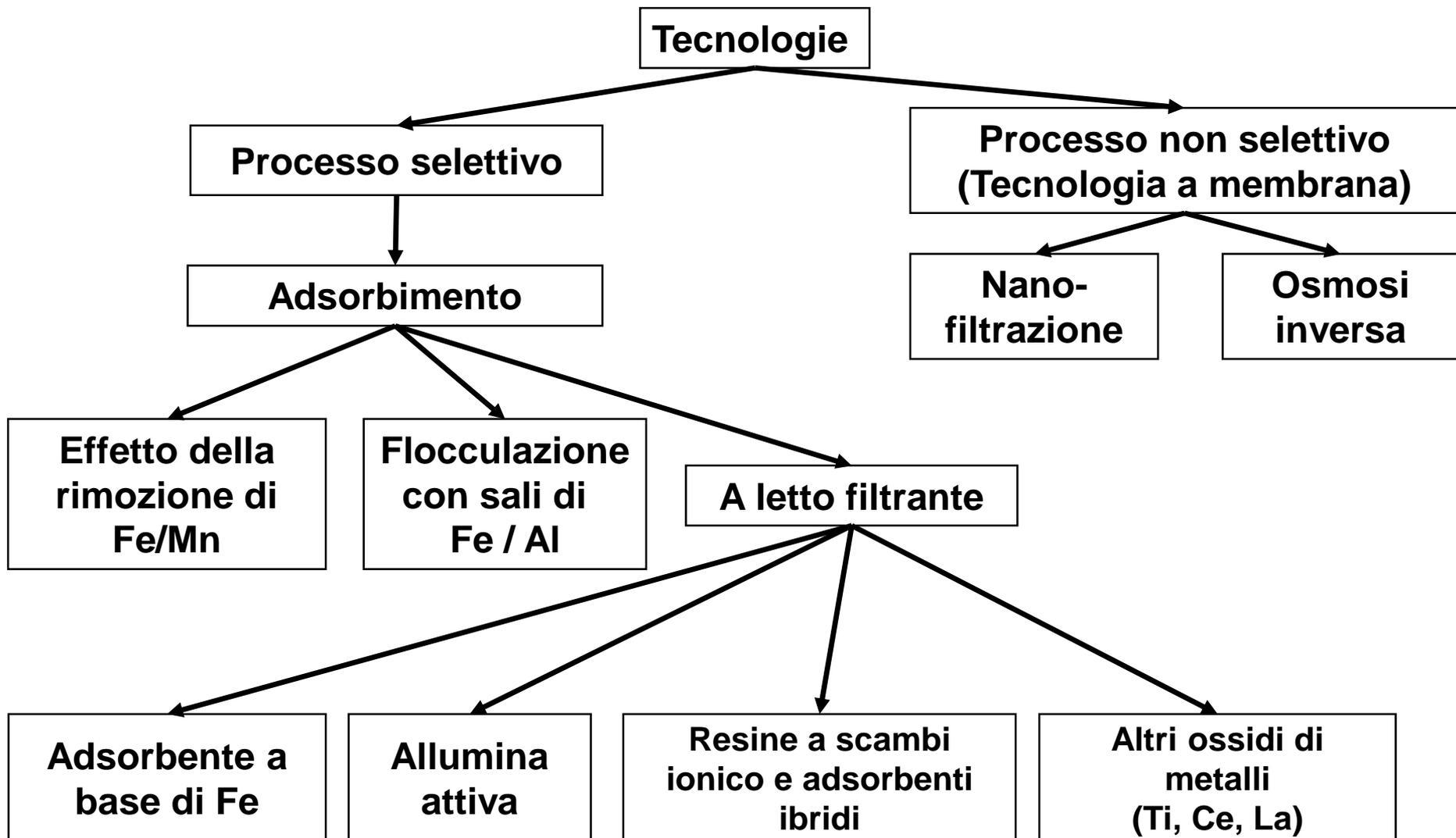
Acque e Chimici
di
Nicolas von Orelli



Processi di ossidazione, adsorbimento e separazione

Trattamento avanzato			Membrane (NF,UF)	
		Sistemi ibridi (C-MF)		
	Ossidazione biologica			
		Adsorbimento con Fe		
		Allumina attivata		
		Resine a scambio ionico		
	Trattamento convenzionale		Rimozione sotterranea	
			Rimozione di Fe/Mn	
		Ossidazione chimica	Coagulazione	
	Ossidazione	Adsorbimento	Separazione	

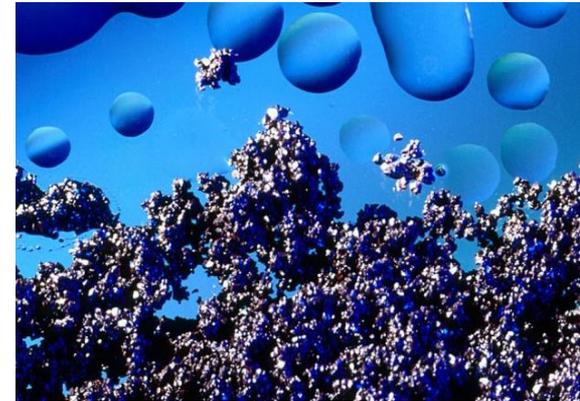
Tecnologie per la rimozione dell'arsenico dall'acqua potabile



Adsorbimento con adsorbente a base di Fe (idrossido ferrico)

Descrizione

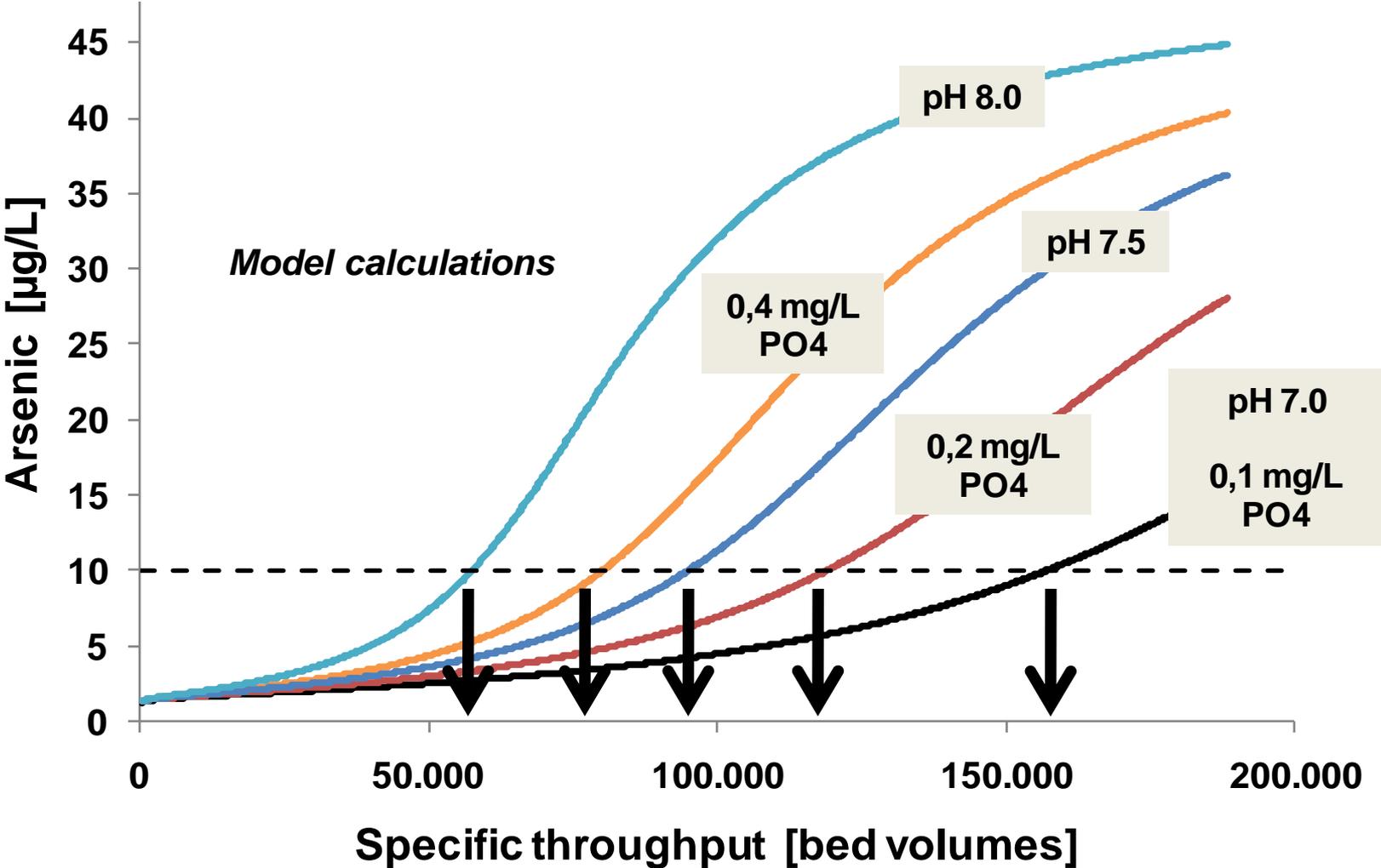
- L'arsenico è rimosso tramite un letto fisso adsorbente ad idrossido ferrico in formato granulare
- L'adsorbente deve essere sostituito quando è esaurito
- La qualità del prodotto deve rispettare la direttiva EN DIN 15029



GEH Wasserchemie GmbH & Co. KG

- ✓ **Non necessita di personale qualificato**
- ✓ **Poca manutenzione e grande affidabilità**
- ✓ **Lunga durata del ciclo produttivo**
- ✓ **Tecnologia usata in più di 2000 impianti a livello mondiale**
- ✓ **Non produce fanghi**
- ✗ **La capacità di adsorbimento dipende dal pH e dalla composizione dell'acqua (anioni concorrenti)**
- ✗ **Adsorbente deve essere sostituito ciclicamente**

Rimozione dell'arsenico con l'idrossido ferrico vs. PO4 & pH



Adsorbimento con allumina attiva



AXENS IFP Group Technologies

Descrizione

- L'arsenico è rimosso tramite un letto fisso adsorbente di allumina attiva in forma granulare
- L'adsorbente deve essere rigenerato o sostituito quando è esaurito

✓ **Impianto dalla struttura semplice e di facile gestione**

✓ **Costo relativamente basso**

✗ **Capacità di adsorbimento minore rispetto agli adsorbenti a base di ferro**

✗ **La capacità di adsorbimento dipende molto dal pH**

✗ **Con pH alto, problemi di lisciviazione**

✗ **Poco utilizzato nella pratica**

Resine a scambio ionico

Descrizione

- Resine sintetiche rimuovono l'arsenico e altri ioni dall'acqua tramite scambio ionico
- Le resine a scambio ionico devono essere rigenerate quando sono esaurite
- Resine ibride (ricoperte di idrossido ferrico)



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ion_exchange_resin_beads.jpg

✓ **Eliminano anche altri ioni dall'acqua**

✓ **La resina può essere rigenerata**

✓ **Buona proprietà idraulica**

✓ **Velocità di reazione alta**

✗ **Bassa selettività per l'arsenico; La capacità è diminuita dai solfati, nitrati, Fe(III)**

✗ **Non rimuove As(III)**

✗ **A causa del breve ciclo di vita, le resine devono essere rigenerate regolarmente**

✗ **La rigenerazione richiede prodotti pericolosi da gestire e costosi da smaltire**

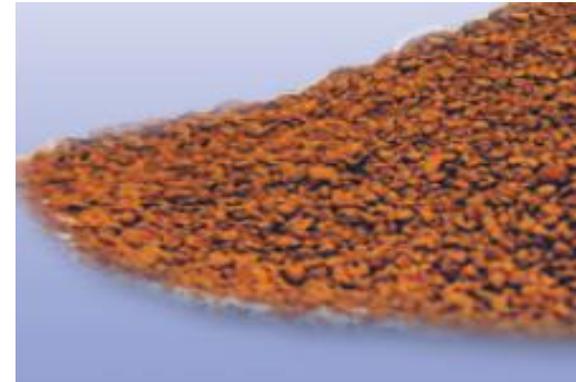
✗ **Alto costo del materiale**

✗ **Meno usato nella pratica**

Altri adsorbenti

Descrizione

- Vari ossidi di metallo e altri prodotti sintetici vengono utilizzati come adsorbenti dell'arsenico (biossido di titanio, ossido di lanthanum, ossido di zirconium).
- L'adsorbente deve essere rigenerato o sostituito quando è esaurito

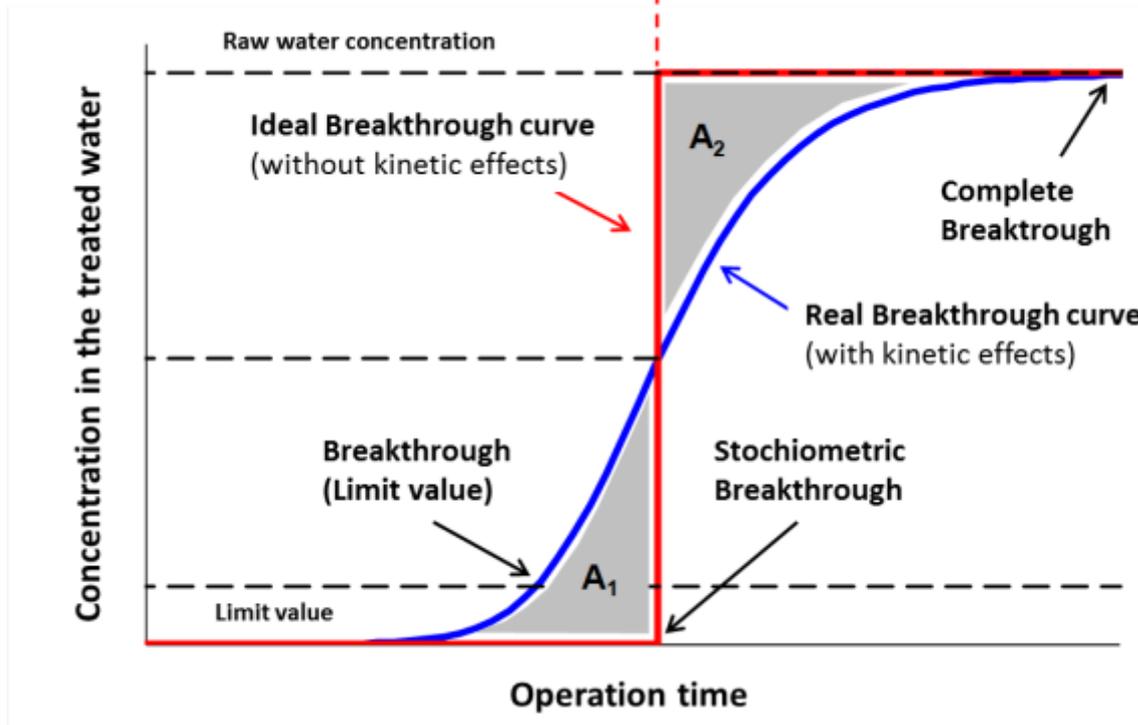
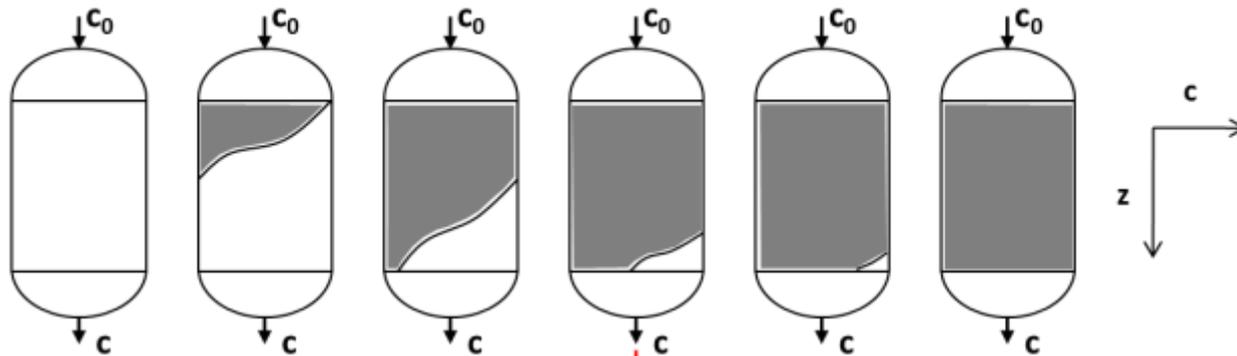


EP Minerals

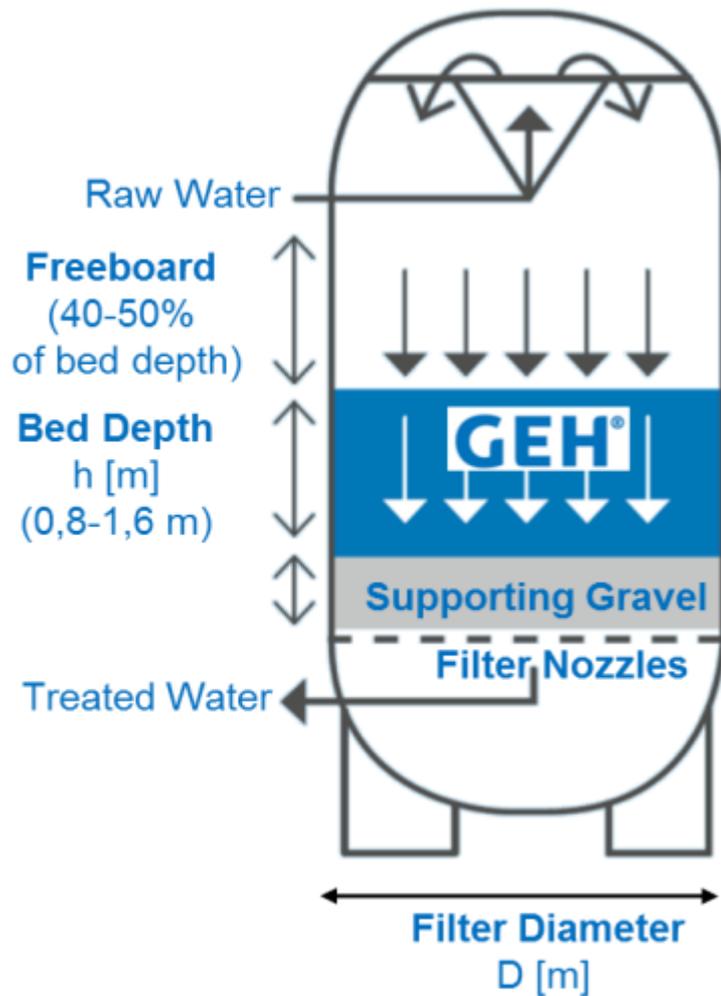
✓ **Nuovi materiali, mostrano nei test di laboratorio buone capacità di adsorbimento**

- ✗ **La durata media dipende dalla composizione dell'acqua greggia**
- ✗ **I risultati di laboratorio non sempre sono confermati nella pratica**
- ✗ **Esperienza pratica limitata con i nuovi materiali (referenze limitate)**
- ✗ **Prezzi molto alti per prodotti altamente tecnologici o prezzi bassi per prodotti di bassa qualità (es. materiali riciclati) che mostrano una debole capacità di adsorbimento**
- ✗ **Il metallo applicato potrebbe essere problematico ai fini dell'utilizzo dell'acqua potabile**
→ **Lisciviazione**

Come funziona l'adsorbimento?



Filtro ad idrossido ferrico



Flow Rate
 Q [m³/h]

Bed Volume
 BV [m³]
 $BV = h \times \pi(D/2)^2$

Filtration Speed
 v [m/h]
(10-15, max 20 m/h)
 $v = Q / \pi(D/2)^2$

Empty bed
contact time
EBCT [min]
(>3 min)
 $EBCT = BV / Q$



Diverse dimensioni di filtro



Filtri in parallelo
1.300m³/h
188m³ di adsorbente



Filtri di medie dimensioni



Trattamento acqua per una casa



Cartucce per piccoli filtri

Prodotti commerciali (alcuni esempi)

GEH

LANXESS
Energizing Chemistry

Axens
EP Group Technologies

Dow

Graver Technologies

Purolite

Solmetex
a division of Layne Christensen Company

EP Minerals

Adsorbente	Produttore
------------	------------

Adsorbente a base di ferro

GEH 102

Bayoxide Sorb E33

ARM200

CFH12

GEH

LANXESS AG

BASF / Engelhard

Kemira

Adsorbente a base di allumina

ActiGuard AAFS50

AXENS

Adsorbente a base di titanio

Adsorbsia GTO

DOW Chemicals

MetSorb

HydroGlobe, Graver Technologies

Adsorbenti ibridi

Lewatit FO36

LANXESS AG

FerrIX A33E / ArsenX^{np}

PUROLITE

LayneRT

SOLMETEX

Resine a scambio ionico (IEX)

A300E

PUROLITE

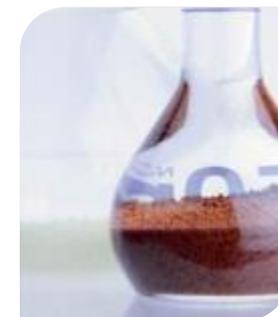
Altri adsorbenti a base di ossidi di metallo

NXT-2 (La-oxide)

EP Minerals

ISOLUX (Zr-oxide)

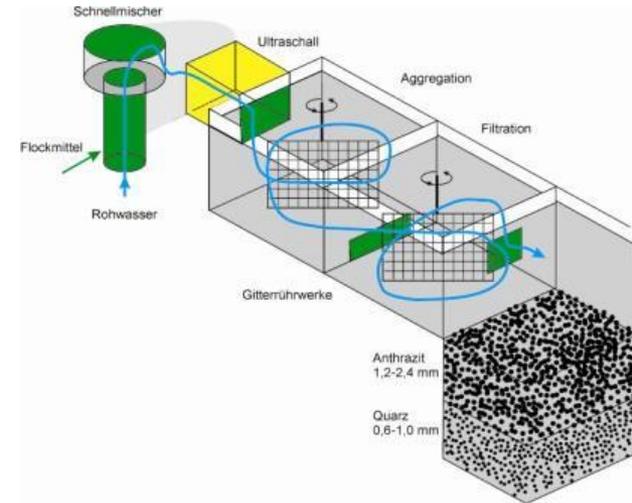
MEL Chemicals



Flocculazione con Fe/AL

Descrizione

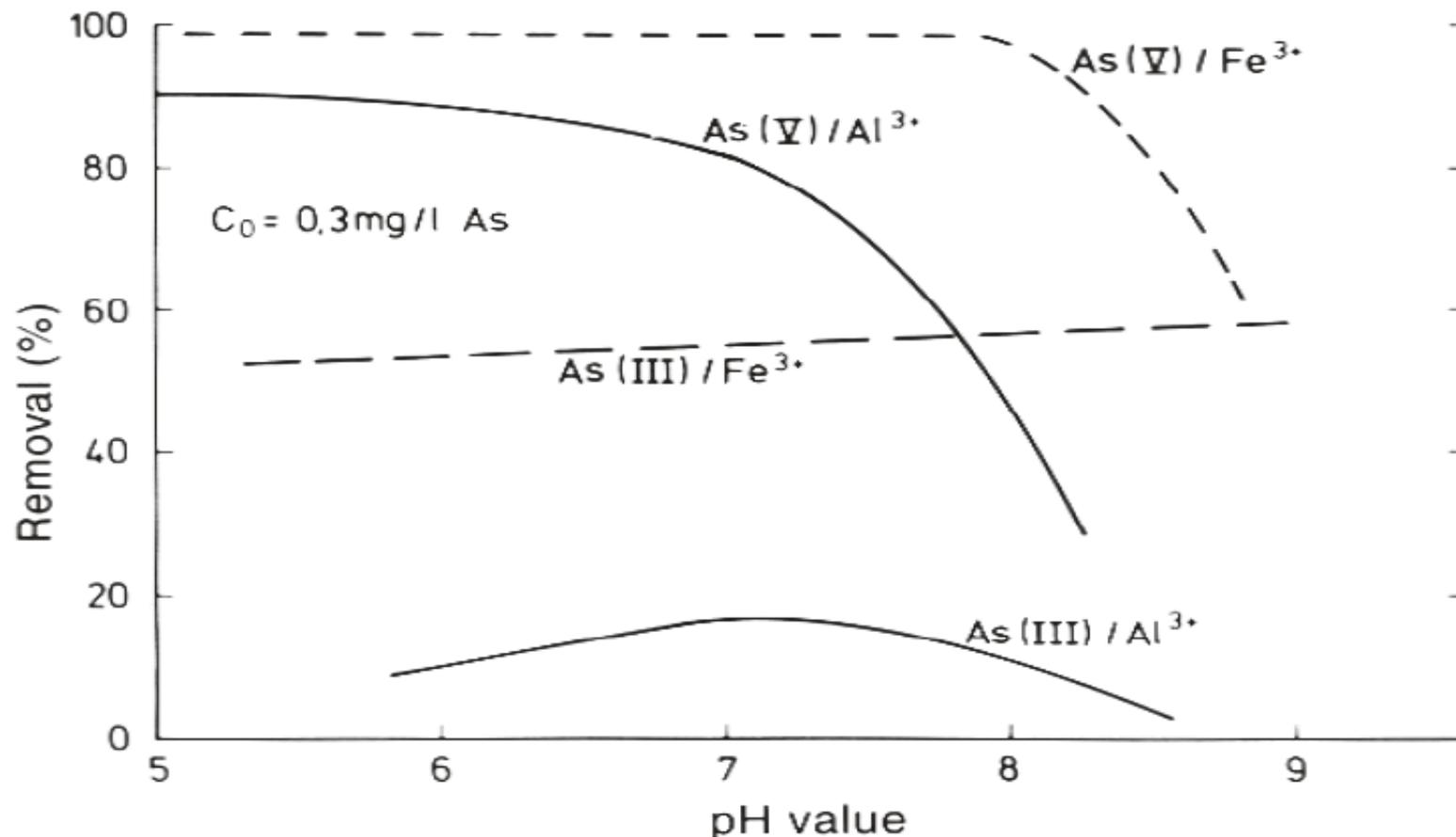
- Sali di Fe /Al vengono dosati nell'acqua dando luogo a flocculazione / precipitazione
- L'arsenico è assorbito dai fiocchi
- I fiocchi vengono rimossi per sedimentazione o filtrazione



Rif: Website [Wahnachtalsperrenverband \(WTV\)](#)

- ✓ **Tecnologia standard conosciuta**
- ✓ **Simultaneamente viene eliminata anche la torbidità**
- ✓ **Costo relativamente basso della chimica (FeCl₃)**
- ✓ **Spesso vantaggioso per grandi impianti**
- ✗ **L'impianto è relativamente complesso**
- ✗ **Richiede personale qualificato**
- ✗ **L'acqua di controlavaggio spesso supera i 200 µg di arsenico**
- ✗ **Viene prodotto fango che deve essere smaltito**

Eliminazione del As(III) e del As(V) con la flocculazione Al e Fe-III



Fonte: Technische Universität Berlin

Effetto della rimozione di Fe/Mn

Descrizione

- L'acqua sotterranea asfittica di solito contiene ferro/manganese disciolti
- Fe/Mn sono rimossi con ossidazione e filtrazione/decantazione
- L'arsenico viene adsorbito dai fiocchi di Fe/Mn
- Capacità di assorbimento approssimativa:
1 mg/L Fe per rimuovere 100 µg/L As



Iron/ Manganese removal plant, Wikipedia, Petr Novák

- ✓ **L'arsenico viene rimosso simultaneamente → Non è necessario un trattamento aggiuntivo**
- ✓ **La rimozione di Fe/Mn è una tecnologia standard**
- ✗ **Il grado di efficienza di rimozione dell'arsenico dipende dal rapporto Fe/As e dall'efficienza di rimozione del Fe**
- ✗ **Non è garantito che l'arsenico venga rimosso sotto al valore limite**
- ✗ **Di solito è necessario un ulteriore processo di trattamento per la completa rimozione**

Tecnologie a membrana (NF / RO)

Descrizione

- Come altri ioni, l'arsenico è respinto dalle membrane a osmosi inversa e in parte dalle membrane a nanofiltrazione.
- L'arsenico rimosso si accumula nel fango separato



<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Northcapecoral-RO.jpg>

- ✓ **Tecnologia non selettiva**
→ Rimuove anche altri contaminanti
- ✓ **Tecnologia nota**
- ✓ **Design modulare**
(→ facilmente adattabile/modulabile)

- ✗ **Tecnologia non selettiva**
→ Rimuove anche altri componenti (acqua deionizzata)
- ✗ **In genere necessario un pretrattamento**
- ✗ **Produce fango ad alto contenuto di arsenico**
- ✗ **Elevato impiego di energia**
- ✗ **Processo altamente tecnologico con alti costi di investimento**
- ✗ **La manutenzione richiede personale specializzato**

Smaltimento



- ❑ **L'arsenico legato all'idrossido ferrico non viene rilasciato in condizioni di pH neutro e redox positivo** (come ad esempio dimostrato dalla procedura delle caratteristiche di tossicità del percolato del EPA U.S.)
- ❑ **In ogni caso, l'idrossido ferrico consumato è da considerarsi potenzialmente un rifiuto pericoloso. Il costo di smaltimento va da 1 a 3 CHF / Kg da verificare caso per caso**
- ❑ **Fanghi o chimici di lavaggio contenenti più di 200 µg di arsenico vanno trattati o smaltiti da ditte specializzate (anche l'acqua di controlavaggio non può superare i 200 µg di arsenico)**

Conclusioni

- ✓ **Per ogni progetto è necessaria una valutazione individuale per identificare la soluzione appropriata, tenendo conto di vari fattori come la composizione dell'acqua e la dimensione dell'impianto**
- ✓ **Letti filtranti fissi che usano adsorbenti a base di ferro (come idrossido ferrico granulare) sono la tecnologia all'avanguardia per la rimozione selettiva dell'arsenico**
- ✓ **I metodi convenzionali di precipitazione/flocculazione sono una buona opzione per i grandi impianti di trattamento che devono anche rimuovere la torbidità e/o altri componenti dall'acqua greggia**
- ✓ **Tecnologie a membrana sono adatte se devono essere rimosse più sostanze dall'acqua (es. NO₃, durezza)**
- ✓ **Con la rimozione del Fe/Mn viene rimosso anche del arsenico**

Grazie per l'attenzione



Nicolas von Orelli
Acque e Chimici
info@acqueechimici.ch
0796595367

