

Università degli studi di Napoli Federico II



Facoltà di Ingegneria
Corso di laurea in Ingegneria per l'ambiente ed il territorio
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

Abstract

Tesi di laurea

*" Confronto tra soluzioni alternative per la bonifica
delle acque di falda del sito SA.PE.I. di Porto Torres"*

RELATORE
Ch.mo Prof.
Ing. Francesco Pirozzi

CANDIDATO
Maria Teresa Cavaliere 518/552

CORRELATORE
Ing. Andrea Serrapica

Anno Accademico 2015-2016

La protezione dell'ambiente per le generazioni presenti e future rappresenta una premessa basilare per lo sviluppo sostenibile e, certamente, uno degli elementi essenziali da preservare è l'acqua. Le risorse idriche, infatti, sono uno degli elementi fondamentali dell'ambiente ed in particolare le acque di falda rappresentano un'importante risorsa di acqua potabile. Prevenire gli impatti negativi sulla loro qualità è, dunque, essenziale per preservarle per le future generazioni. Negli ultimi anni, si è assistito ad un deterioramento delle risorse idriche sotterranee provocato dall'antropizzazione del territorio e dalla concentrazione industriale. Pertanto, risultano spesso necessari interventi di bonifica, intesi come l'insieme degli interventi atti ad eliminare le fonti di inquinamento e le sostanze inquinanti o ridurre le concentrazioni delle sostanze inquinanti presenti ad un livello uguale o inferiore ai valori di concentrazione limite accettabili stabiliti dalla legge.

Si prende in esame il progetto di bonifica della falda presente nel sito denominato "SA.PE.I." di Porto Torres, lungo la costa nord-occidentale della Sardegna, nella zona di Fiume Santo, appartenente al territorio comunale di Sassari. In tale area, Terna S.p.A., società responsabile della trasmissione e del dispacciamento dell'energia elettrica, in alta e altissima tensione, sulla rete di trasporto italiana, ha realizzato una parte del collegamento SA.PE.I., un articolato progetto per il potenziamento del collegamento in corrente continua tra Sardegna e continente, con realizzazione di una nuova stazione di trasformazione. L'area SA.PE.I. ricade nel sito di interesse nazionale di Porto Torres perimetrato dal Ministero dell'Ambiente e per la Tutela del Territorio e del Mare (MATTM).



Secondo quanto previsto dalla normativa italiana in materia (D.Lgs 152/2006), su incarico di Terna, sono state svolte da CESI (Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano) attività di caratterizzazione ambientale, che hanno evidenziato un inquinamento della falda dovuto alla presenza di solventi clorurati.

Inquinante	Min.	Max.	Media aritmetica*	Mediana	Conc. Limite per reimmissione in falda
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Triclorometano	< D.L.	59,81	10,23	0,38	0,15
Cloruro di vinile	< D.L.	1,08	0,03	0,0	0,5
1,2 Dicloroetano	< D.L.	7,77	0,49	0,0	3
1,1-Dicloroetilene	< D.L.	49,92	8,13	0,04	0,05
Tricloroetilene	< D.L.	63,03	10,69	0,00	1,5
Tetracloroetilene	< D.L.	7,23	1,29	0,05	1,1

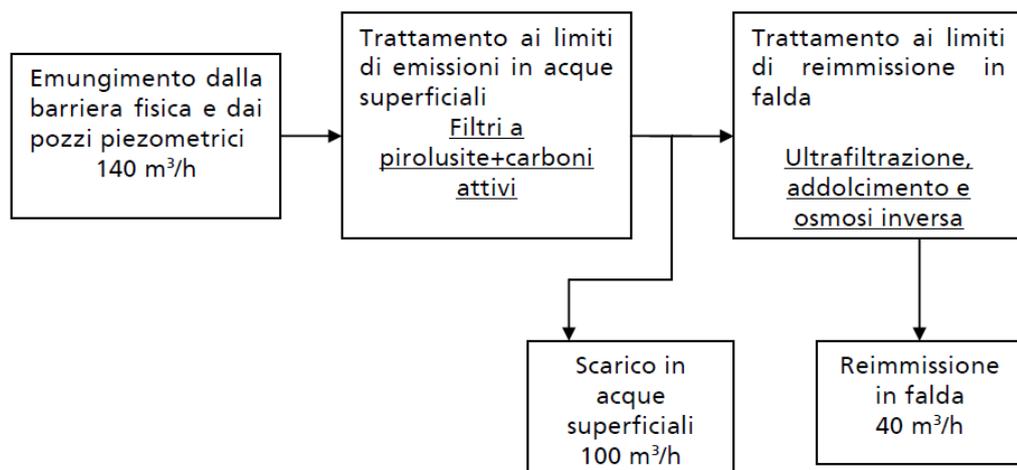
La tossicità di questi inquinanti è conclamata da evidenze sperimentali ed epidemiologiche ed è, sicuramente, acuita dai lunghi tempi di permanenza nell'ambiente, che ne esaltano le capacità di diffusione e trasporto attraverso le diverse fasi ambientali. Il rischio legato alla loro presenza nelle acque comprende la possibilità di un'esposizione accidentale acuta, ma soprattutto quella di un'esposizione cronica. Per le loro caratteristiche chimiche, infatti, la maggior parte di essi presenta una ridotta solubilità in acqua, per cui, generalmente, non vengono raggiunte concentrazioni tali da determinare un'azione immediata sulla salute dell'uomo, ma soltanto effetti nel tempo e legati ad un'esposizione a basse concentrazioni ma per lunghi periodi.

Il progetto di bonifica di Terna prevede il pompaggio dell'acqua di falda e il suo trattamento in un impianto in grado di conseguire i requisiti di qualità per la reimmissione. Nel progetto è previsto che l'acqua di falda da trattare venga pompata dalla falda superficiale intercettata dalla barriera fisica e da pozzi piezometrici che attingono dalla falda carbonatica profonda e da altri punti sparsi di prelievo. Si prevede l'utilizzo di pompe con portata variabile tra 1 e 6 m³/h; la portata complessiva da prelevare dovrebbe essere di circa 140 m³/h. Tra i vari pozzi, ubicati nelle vicinanze dell'area di trattamento, è previsto un collegamento tramite tubazioni interrate mediante unico collettore che arriverà alle vasche principali.

Dei 140 m³/h di acqua prelevati dalla falda, 40 m³/h di acqua, conforme ai limiti di legge, dovranno essere resi disponibili per la reimmissione; l'eccedenza rispetto alla portata di reimmissione, pari a 100 m³/h, dovrà essere conforme ai limiti per lo scarico in acque superficiali.

Secondo il progetto, le acque pompate dalla falda profonda e da quella superficiale dovranno essere raccolte in un sistema di accumulo di testa e poi avviate alla prima sezione di trattamento, costituita da cinque linee di filtrazione a

pirolusite e a carbone attivo. Le acque trattate dalla prima sezione saranno raccolte in un sistema di accumulo, dal quale saranno prelevate e scaricate nel corpo recettore, oppure, in considerazione del fatto che la rimozione di alcuni specifici solventi clorurati potrebbe essere particolarmente ardua, avviate al trattamento di finitura finale ad osmosi inversa, per il conseguimento dei limiti previsti per la reimmissione in falda. Per le acque derivanti dal trattamento di finitura finale, ossia il permeato dell'osmosi inversa, il progetto prevede che vengano raccolte in un sistema di accumulo e da questo prelevate per essere reimmesse in falda.



Filtrazione con filtri a pirolusite: il filtro a pirolusite trattiene le impurità fisiche, sabbia e limo, e le sostanze sospese presenti in un'acqua, svolgendo, così, una funzione di protezione del filtro a carbone attivo da possibili apporti di solidi sospesi, che ne comprometterebbero il funzionamento; provvede, inoltre, a ridurre, fino ai limiti prescritti dalla legge per la reimmissione in falda, ferro e manganese, che vengono ossidati e trattenuti dal filtro. Il progetto prevede di dotare i filtri a pirolusite di un sistema di controlavaggio con acqua; l'acqua di controlavaggio sarà poi inviata ad un ispessitore, e i fanghi saranno estratti periodicamente e smaltiti come rifiuti.

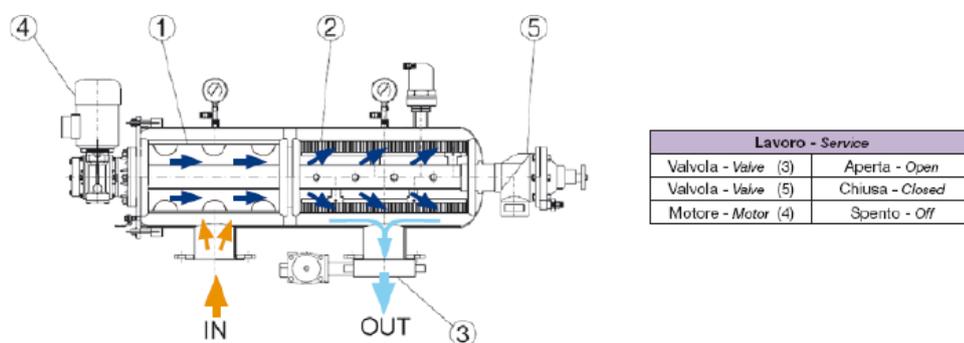
Filtrazione/adsorbimento su carboni attivi: è un processo utile ad eliminare le sostanze organiche presenti nelle acque, in particolare, idrocarburi alifatici e aromatici, sostanze alogenate e oli minerali ed, inoltre, è utile per eliminare sapori od odori sgradevoli. Il fenomeno di adsorbimento coinvolge direttamente la superficie esterna del solido adsorbente, per cui la capacità di adsorbimento è direttamente legata all'estensione della sua superficie specifica; per questo, tra i

materiali adsorbenti, i più utilizzati sono i carboni attivi che, grazie all'elevata area specifica, riescono a trattenere al proprio interno molte molecole di altre sostanze.

Il processo prevede che l'acqua sia fatta fluire attraverso un letto fisso di carbone contenuto in serbatoi, dove avvengono la filtrazione e l'adsorbimento. Nel progetto si è scelto di utilizzare carboni attivi del tipo granulare (GAC=Granulated Activated Carbon). Le cariche di carbone attivo saranno sostituite quando prossime all'esaurimento e smaltite come rifiuto oppure conferite al loro fornitore per la rigenerazione.

Ultrafiltrazione: gli elementi filtranti del sistema di ultrafiltrazione sono costituiti da membrane a fibra cava; tali membrane sono capaci di trattenere i microrganismi, le particelle sospese e le molecole organiche che superano il diametro dei loro pori. L'acqua da trattare entra nella parte interna delle fibre cave ad una pressione superiore di quella di transmembrana, l'acqua attraversa ciascun capillare, poi il filtrato si raccoglie in un unico tubo centrale.

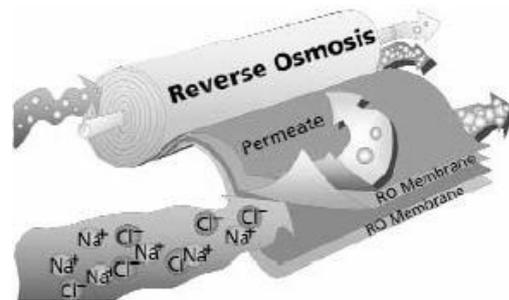
La condizione di lavoro ottimale delle membrane è garantito dall'esecuzione di cicli di controlavaggio e dall'esecuzione di uno o due cicli settimanali di controlavaggio chimico con una soluzione di acido cloridrico.



Addolcitore Duplex: l'addolcimento a resine scambiatrici di ioni consente, mediante il rilascio nell'acqua di sali di sodio in sostituzione, di trattenere sali di calcio e magnesio, che determinano la durezza di un'acqua, responsabile della formazione di incrostazioni sulle tubazioni o sulle apparecchiature attraversate dall'acqua. Quando la resina non può più scambiare sali di sodio con sali di calcio, cioè si è esaurita la sua capacità di scambio, viene rigenerata con una soluzione di cloruro di sodio.

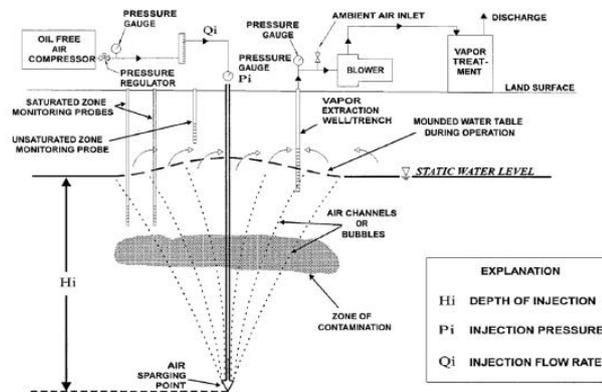
Sia l'ultrafiltrazione che l'addolcimento hanno lo scopo di preservare le membrane osmotiche da un continuo e precoce intasamento.

Osmosi inversa: il processo di osmosi inversa consiste nell'inserire l'acqua contaminata in uno o più reattori a membrana polimerica e metterla in pressione rispetto all'acqua non inquinata, con lo scopo di invertire il flusso osmotico: le molecole d'acqua passano dalla soluzione più concentrata a quella a concentrazione minore. In questo modo la prima soluzione si concentra, poiché la membrana si lascia attraversare solo dall'acqua pulita e non dai contaminanti, e si ottiene, così, acqua pura. Tale processo è utilizzato nel trattamento dell'acqua, sia per la desalinizzazione, sia per la rimozione di fosfati, solfati, cloruri, calcio e metalli pesanti. Il procedimento permette, inoltre, di eliminare particelle inquinanti di dimensioni anche infinitesimali garantendo, così, l'assoluta purezza batteriologica. Ogni tre/quattro mesi e/o quando le condizioni lo richiedono (aumento della differenza di pressione tra ingresso ed uscita membrane, aumento del valore della conducibilità dell'acqua prodotta, diminuzione del permeato) si devono effettuare dei lavaggi alle membrane con prodotti con base alcalina e acida.



Un'alternativa possibile al progetto di bonifica appena presentato è la tecnica di Air Stripping, trattamento in situ molto efficace per la rimozione dei composti organici volatili da falde a superficie libera, in terreni permeabili ed omogenei. Lo strippaggio con aria è un processo di separazione fisica, in cui l'inquinante viene separato dal mezzo inquinato mediante l'immissione di aria in pressione all'interno delle aree di falda; il flusso gassoso permette lo strippaggio dei contaminanti, che sono trasportati in fase gassosa nella zona insatura. La possibilità di strippare un composto dall'acqua è legata alle sue caratteristiche di solubilità. A questo proposito un limite indicativo di riferimento può essere individuato da un valore della costante di Henry pari a $0,01 \text{ atm m}^3/\text{mole}$. Il sistema è costituito da uno o più punti di iniezione (pozzi) e da un sistema di insufflazione dell'aria compressa a pressioni sufficienti a superare il carico

idrostatico e litostatico. L'intervento di air stripping non distrugge i composti inquinanti, ma si limita a trasferirli dalla fase liquida a quella aeriforme, per cui, è solitamente associato ad un sistema Soil Vapor Extraction (SVE) per il recupero dei contaminanti strappati dalle acque sotterranee e migrati nel terreno insaturo.



I parametri di progetto per un sistema di air stripping sono:

- il raggio di influenza di un pozzo per l'estrazione dei vapori (ROI), definito come la maggiore distanza dal pozzo di aspirazione alla quale può essere determinata una depressione nel sottosuolo;
- la zona di influenza del pozzo di insufflazione, definita come la massima distanza, rispetto al pozzo di insufflazione, alla quale il flusso d'aria e la pressione applicati sono sufficienti a indurre il trasferimento dei contaminanti in fase vapore e la loro rimozione;
- la profondità di iniezione dell'aria, influenzata dalla distribuzione del contaminante e dalle caratteristiche del suolo;
- la pressione di iniezione, ossia il valore di pressione necessario affinché l'aria iniettata nel pozzo riesca a penetrare la falda per dar luogo al gorgogliamento dell'aria; deve essere in grado di superare la pressione idrostatica della colonna d'acqua sovrastante il punto di iniezione e la pressione di entrata per spostare l'acqua interstiziale;
- la portata d'aria iniettata, definita allo scopo di garantire un efficiente processo di volatilizzazione e stripping.

Per realizzare un sistema di air stripping che ottimizzi i risultati, che sia efficiente e commisurato alla situazione idrogeologica specifica del sito, è

necessario far precedere alla messa in opera dell'intero sistema una fase di test pilota.

Da un confronto tra i due metodi, valutando soprattutto i loro limiti di applicabilità in base alle condizioni e alle caratteristiche specifiche del sito, tenendo conto della sostenibilità ambientale ed economica dell'intervento, oltre alla necessità di salvaguardare l'integrità delle attività industriali presenti nell'area, si ritiene che il metodo di intervento più adeguato sia un sistema di filtrazione/adsorbimento ed osmosi inversa.