

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO II”



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

**CORSO DI LAUREA IN
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO
(Classe delle Lauree in Ingegneria Civile e Ambientale)**

**STATO AMBIENTALE E TECNICHE DI RISANAMENTO DELLE ACQUE
SOTTERRANEE. I SIN DI NAPOLI ORIENTALE E BAGNOLI-COROGGIO**

Relatore

Ch.mo Prof. Ing. Francesco Pirozzi

Correlatore

Ing. Antonio Panico

Candidate

Alessandra Speranza (518/622)

Amalia Terracciano (518/580)

ANNO ACCADEMICO 2009/2010

CAPITOLO I

La risorsa idrica

La Terra appare dall'alto come una sfera azzurra, in quanto il 71% della superficie terrestre è occupata da acqua e solo il 29% è rappresentata dalle terre emerse. L'acqua rappresenta una risorsa di primaria importanza all'interno di ogni sistema economico: essa viene utilizzata nelle attività pubbliche e private, per usi domestici e produttivi, quindi costituisce sicuramente un fattore limitante allo sviluppo. Non solo il quantitativo di acqua è scarso, ma inoltre è anche distribuita in modo disomogeneo sulla superficie terrestre. I Paesi che soffrono della deficienza d'acqua sono quelli del Vicino Oriente (regione geografica che si estende dalla sponda orientale del Mar Mediterraneo all'Iraq e alla Penisola Arabica), quelli del Sahara, dell'Africa orientale e meridionale.

La maggior parte del consumo di acqua si concentra nel settore agricolo (73,5% delle disponibilità), il 23% viene utilizzato dall'industria e dal settore energetico e solo il 3,5% è destinato a usi domestici.

Le caratteristiche morfologiche e geologiche del territorio nazionale favoriscono l'accumulo di ingenti quantitativi di acque nel sottosuolo che vengono a costituire una riserva strategica stimata in 51 miliardi di m³/anno. Questa disponibilità idrica è ripartita in modo molto disomogeneo nei compartimenti idrografici delle macroregioni del territorio nazionale, con un 65% al Nord, 15% al Centro, 12% al Sud e 8% nelle isole maggiori.

La Campania dispone di abbondanti risorse idriche, a seguito di una piovosità media annua di circa 1000 mm, pari a un volume complessivo annuo di 13.6 miliardi di metri cubi. La profondità delle falde varia molto da punto a punto anche per via dei significativi fenomeni di corrugamento del sottosuolo causati dalle vicende vulcaniche.

CAPITOLO II

Inquadramento Normativo delle Acque Sotterranee

2.1 La tutela e la gestione della risorsa idrica sotterranea nella normative vigenti

A partire dall'anno 2000, una crescente attenzione è stata posta dall'Unione Europea alla definizione di efficaci criteri di classificazione e tutela delle risorse idriche sotterranee in previsione di un più corretto e sicuro sfruttamento delle risorse stesse. Tale attenzione si è tradotta fattivamente nell'emanazione di Direttive, ovvero documenti che vincolano direttamente gli Stati membri dell'Unione, i quali sono obbligati a darvi attuazione entro un certo limite, tramite apposite leggi. Di tale avviso è stato il decreto legislativo n°152 del 2006, ovvero Testo Unico in materia ambientale.

Per quanto attiene alla tutela delle risorse idriche sotterranee tra le principali Direttive recepite dal D.Lgs. n. 152/06 sono da notare:

- la Direttiva 91/676/CEE del Parlamento Europeo, relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole;
- la Direttiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque.

Il Testo Unico in materia ambientale è comunque un documento legislativo che si colloca in maniera più indiretta rispetto al tema della protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento; infatti un passo più concreto dell'Unione Europea fatto rispetto a questa problematica, si è avuto con l'emanazione della Direttiva 2006/118/CE, definita proprio come "Direttiva relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento". Tale Direttiva è stata poi

successivamente recepita con il D.Lgs. n. 30 16/03/09 che ne costituisce la specifica attuazione normativa per lo Stato italiano; il documento legislativo indicato tiene conto anche degli anticipi normativi contenuti nel D.Lgs. n. 152/06 in materia di tutela e risanamento delle acque sotterranee dall'inquinamento.

CAPITOLO III

L'Inquinamento delle Acque Sotterranee

3.1 Descrizione delle principali fonti di inquinamento delle Acque Sotterranee

Il rischio di inquinamento delle falde da sostanze deriva da molteplici caratteristiche, che dipendono sia dal terreno che dagli inquinanti stessi; in generale però le acque sotterranee si possono considerare esposte ad un minor inquinamento rispetto alle acque superficiali. Infatti se si considera un acquifero non confinato, ovvero una falda freatica, la profondità della superficie freatica rappresenta lo spessore della zona aerata che l'acqua inquinata deve attraversare prima di raggiungere la falda; in questa zona avvengono processi di auto depurazione, e pertanto più è profonda la superficie freatica, minore è la vulnerabilità all'inquinamento attribuibile alla falda. Tuttavia l'inquinamento a cui una falda può essere soggetta non dipende solo dalla profondità a cui si trova la superficie freatica o dal tipo di terreni che la caratterizzano ma anche da altri elementi: le precipitazioni, in termini di intensità e frequenza, la pendenza del terreno e la conducibilità idraulica dello stesso. In generale, è possibile indicare due fondamentali tipologie di problemi che possono riguardare le acque sotterranee:

- inquinamento delle falde dovuto a scarichi che raggiungono le acque sotterranee;
- sovra sfruttamento delle falde con conseguente riduzione, abbassamento e intrusione salina nelle aree costiere.

Nel caso di inquinamento delle falde acquifere dovuto a scarichi, si parla di un'alterazione dello stato qualitativo dell'acqua a causa dell'immissione nelle stesse, per vie diverse, di sostanze chimiche o organiche. In particolare si può distinguere il tipo di inquinamento, che caratterizza una falda in:

- inquinamento agricolo;
- inquinamento industriale;
- inquinamento da uso civile.

Nel caso invece di sovra sfruttamento di una falda, ovvero, quando l'uso delle acque risulta superiore ai tempi di ricarica delle falde acquifere, la lente d'acqua in tali aree può scendere drasticamente fino a un livello da non poter essere più raggiunta, compromettendo la riserva idrica.

3.2 L'attuale inquinamento delle Acque Sotterranee: Quantità e Qualità.

Nel D.Lgs. 152/99 sulla tutela delle acque sono definiti indici per la valutazione dello stato di qualità ambientale delle acque sotterranee, sulla base di parametri rappresentativi dello stato chimico e dello stato quantitativo, derivanti dall'impatto antropico dovuto all'immissione di inquinanti da fonti puntuali o diffuse e dall'eccessivo sfruttamento della risorsa.

3.2.1 L'Indicatore di Stato Chimico delle Acque Sotterranee (SCAS)

Per le acque sotterranee l'indicatore di riferimento, indicato nell'Annuario di Dati Ambientali dell'ISPRA, è l'indice di Stato Chimico delle Acque Sotterranee (SCAS), che rappresenta sinteticamente lo stato qualitativo delle risorse idriche sotterranee. L'indicatore SCAS si esprime mediante 5 classi (1-2-3-4-0): le prime tre esprimono una qualità da buona a sufficiente, mentre le rimanenti una qualità scarsa, distinguendo se determinata da contaminanti di origine antropica, classe 4, o di origine naturale, classe 0. Indici che permettono di differenziare lo stato quantitativo della risorsa idrica sotterranea, come l'Indice **SQAS** definito dal D.Lgs. 152/99, sono di più difficile applicazione sia per la scarsità dei dati necessari per la loro determinazione, sia per problemi legati alla metodologia di classificazione.

3.2.2 Stato attuale delle acque sotterranee per il territorio nazionale secondo l'indicatore SCAS.

I dati rappresentati per il 2008 mostrano una copertura pari a 12 regioni e 2 province autonome per un totale di 3.382 punti di prelievo, misurati generalmente con cadenza semestrale. Nel 2008, il 54,8% dei punti di prelievo presenta uno stato chimico compreso tra le classi 1 e 3, ovvero di qualità buona e sufficiente, il 19,7% in classe 4, ovvero qualità scadente dovuta a cause antropiche, mentre il restante 25,4% in classe 0, ovvero acque di qualità scadente dovuta a cause di origine naturale per le particolari condizioni idrogeochimiche degli acquiferi.

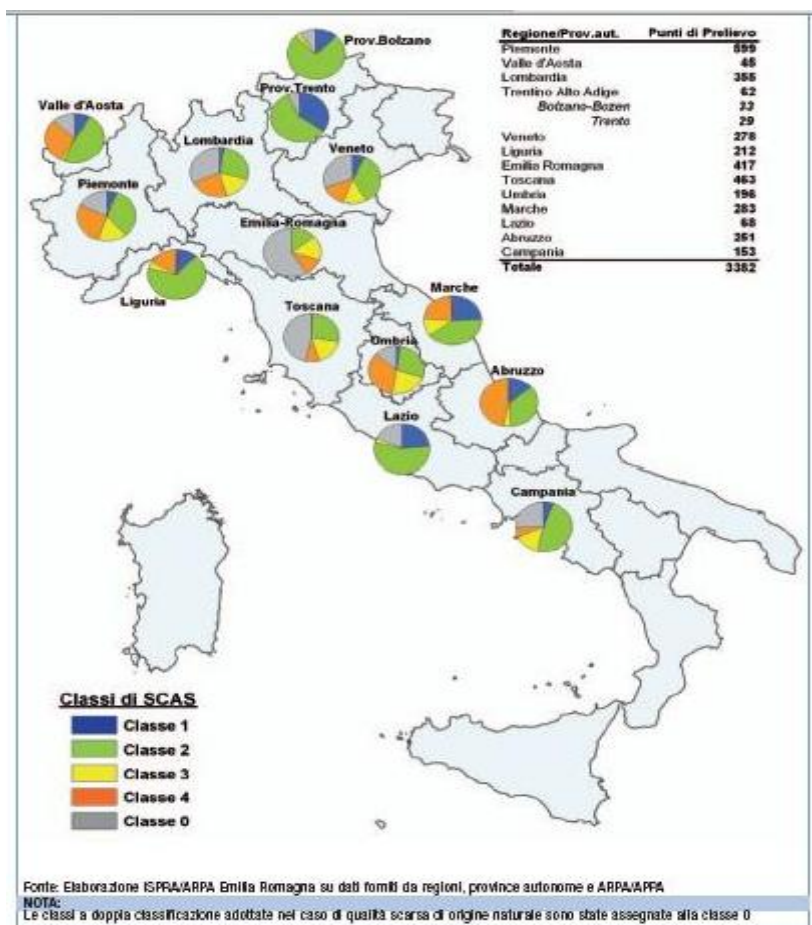


Figura 8.12: Stato chimico dei corpi idrici sotterranei, percentuale sul totale dei punti monitorati per ambito territoriale (2008)

È possibile comunque osservare gli andamenti delle diverse classi di qualità dal 2000 ad oggi e nel periodo considerato la classe 4, qualità scadente per cause antropiche, è rappresentata mediamente dal 23,2% del totale delle stazioni monitorate.

La situazione migliore è relativa al 2008 in cui è stato riscontrato il valore più basso pari a 19,7%, mentre la situazione peggiore si registra nel 2006 dove è stato raggiunto il valore più alto, pari al 28,3%.

3.2.3 Stato qualitativo e quantitativo delle acque sotterranee in Campania

L'idrogeologia campana è strettamente correlata alle caratteristiche geomorfologiche regionali, in base alle quali è possibile ripartire il territorio in quattro porzioni distinte:

- un settore tirrenico pianeggiante;
- la dorsale calcareo-dolomitica che costituisce la barriera orografica principale;
- gli edifici vulcanici del Vesuvio, del Roccamonfina e dei rilievi flegrei;
- le aree collinari sannite-irpine e cilentane.

Sulla base delle conoscenze idrogeologiche e con riferimento ai criteri identificativi definiti dalla normativa, il piano di tutela delle acque, adottato dalla Regione Campania nel 2007, ha individuato e delimitato 49 "corpi idrici sotterranei significativi".

L'analisi idrochimica evidenzia la presenza di acque molto mineralizzate, con un contenuto elevato di sali disciolti, riconducibile all'origine vulcanica negli acquiferi dei Campi Flegrei e del Vesuvio, che si attenua in prossimità dei rilievi carbonatici, ad eccezione di alcune sorgenti termominerali. Generalmente i corpi idrici carbonatici sono caratterizzati da acque bicarbonato-calciche a basso grado di inquinamento. Di origine antropica, riconducibile all'uso agricolo intensivo del territorio e alla contaminazione da reflui, è la presenza di nitrati in concentrazioni molto elevate; la qualità delle acque sotterranee complessivamente oscilla tra lo scadente ed il pessimo. In alcune aree del bacino dei Regi Lagni sono inoltre presenti sostanze pericolose quali IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici come il benzopirene) e composti organici clorurati.

CAPITOLO IV Tecnologie di intervento

4.1 Tecniche di trattamento delle Acque Sotterranee e degli Acquiferi. Criteri di scelta e applicabilità.

A seconda che un trattamento sia volto ad eliminare o circoscrivere l'inquinamento di una determinata matrice, le soluzioni di intervento che si possono adottare sono distinte in:

- tecnologie di messa in sicurezza: impedire la migrazione degli inquinanti dalla sorgente.
- tecnologie di bonifica: eliminare o ridurre la concentrazione di inquinante nelle matrici ambientali.

Fra i trattamenti di bonifica si distinguono due grandi classi in base al luogo in cui avviene il trattamento:

- interventi *in-situ*;
- interventi *ex-situ*.

I trattamenti *in-situ* impiegano tecnologie di bonifica che non comportano rimozione di terreno o di acqua inquinata, con evidenti vantaggi in termini di impatto ambientale e di movimentazione di materiale inquinato. Nei trattamenti *ex-situ*, il

materiale inquinato viene rimosso per essere decontaminato con appropriato intervento in un impianto mobile, semi-mobile o trasportabile nelle immediate vicinanze del sito contaminato (trattamento on site), o in un impianto fisso in altra località, o ancora smaltimento in discarica (trattamento off site).

Le tipologie di trattamento si possono distinguono anche in tre gruppi fondamentali:

- trattamenti biologici;
- trattamenti termici;
- trattamenti chimico-fisici.

I trattamenti chimico-fisici possono essere classificati in tre categorie, in funzione dell'effetto del trattamento sulla contaminazione:

- processi di estrazione: i contaminanti sono estratti mediante un agente estrattivo;
- processi di detossificazione: i contaminanti sono soggetti a reazioni di ossidazione-riduzione che danno luogo ad un prodotto finale non pericoloso;
- processi di immobilizzazione: la mobilità dei contaminanti viene sostanzialmente ridotta mediante un processo di confinamento in una matrice solida e/o di stabilizzazione chimica.

4.2 Trattamenti in-situ.

I trattamenti *in-situ* consentono di trattare le acque inquinate di un qualsiasi corpo idrico, senza rimozione delle stesse da luogo di individuazione.

4.2.1 La tecnica del Bioremediation

La tecnica del Bioremediation o biorisanamento si è affermata negli ultimi anni come una delle principali tecnologie di bonifica ambientale. Il concetto fondamentale su cui si basa è che i microrganismi vengono usati per distruggere gli agenti contaminanti pericolosi o per trasformarli in forme meno pericolose. Questa tecnologia di bonifica trova limiti di applicabilità se la matrice suolo impedisce il contatto tra contaminante e microrganismi, oppure se ci sono alte concentrazioni di metalli pesanti, di composti clorurati, di idrocarburi a catena lunga o di sali inorganici, i quali risultano essere tossici per i microrganismi.

4.2.2 LaPhytoremediation

La Phytoremediation impiega le piante per la bonifica dei vari compartimenti ambientali (suolo, sedimenti, acque profonde e di superficie, atmosfera) affetti da vari tipi di inquinanti e può essere applicata in situ ed *ex situ*. I contaminanti organici cui è destinata questa tecnologia comprendono gli idrocarburi, gas condensati, petrolio greggio, composti clorurati e pesticidi. I principali fattori limitanti di questo trattamento sono i tempi di bonifica, i quali possono essere molto lunghi; inoltre la concentrazione di metalli tossici molto elevata non è compatibile con lo sviluppo delle piante.

4.2.3 Ossidazione chimica in situ (ISCO)

L'ISCO consiste nell'introduzione di un agente ossidante nel sottosuolo, con l'obiettivo di trasformare i contaminanti presenti nel terreno e/o nelle acque sotterranee in composti non pericolosi; è un processo che implica il trasferimento di elettroni da una specie ad un'altra. L'utilizzo del processo di ossidazione chimica in-situ è efficace per il risanamento del suolo e di acquiferi contaminati da solventi clorurati, come percloroetilene (PCE), tricloroetilene (TCE), vinil cloruro (VC) e da altri composti quale il benzene, toluene, etilbenzene e xilene (BTEX).

4.2.4 Air Sparging

Il sistema consiste nell'iniettare aria nella zona insatura della falda per rimuovere tramite processi di strippaggio e/o biodegradazione i contaminati dissolti in fase acquosa nella zona satura del sottosuolo. Lo svantaggio principale è dato dal fatto che non può utilizzarsi per falde confinate e in presenza di stratificazioni del sottosuolo saturo, può essere inefficace; inoltre dal momento che il sistema aumenta il flusso gassoso, è necessario valutare l'impatto su eventuali recettori presenti in superficie.

4.2.5 Dual/Multi Phase Extraction

La tecnica del Dual/Multi Phase Extraction, consiste nell'estrazione contemporanea, dall'acquifero, dell'aria interstiziale della zona non satura e dell'acqua di falda da trattare. L'applicazione è particolarmente efficace per la rimozione di composti organici (Idrocarburi aromatici, IPA, clorobenzeni, fitofarmaci, ecc). Tuttavia è sconsigliata l'applicazione di questo trattamento nel caso di contaminazioni profonde ed estese dell'acquifero in quanto, in questi casi, l'efficienza del trattamento si riduce notevolmente.

4.2.6 Barriere Permeabili Reattive (BPR)

Le barriere permeabili reattive rappresentano un trattamento di tipo passivo di una contaminazione a carico di una falda e sono indicate per l'intercettazione ed il trattamento della frazione solubile di una contaminazione a carico del sistema acquifero. Nella loro forma più semplice, le barriere sono costituite da una zona di trattamento, "gate", installata ortogonalmente al flusso delle acque sotterranee da decontaminare; la zona di trattamento è costituita di un idoneo supporto di materiale reattivo, come il ferro granulare, i carboni attivi, le zeoliti e gli ossidi di ferro amorfi e viene attraversata dall'acqua contaminata che si muove per effetto del gradiente naturale. I processi chimico-fisici che avvengono all'interno della barriera consentono di degradare, immobilizzare o adsorbire il contaminante nella fase di attraversamento. Le barriere permeabili reattive costituiscono la tecnologia di bonifica più promettente se comparate con le altre tecnologie di trattamento *in-situ*, sia biologici che chimico-fisici; tuttavia sussistono ancora difficoltà nell'assicurare la cattura dell'intero plume di inquinante in aree dove sono presenti percorsi preferenziali per il flusso della falda, considerando anche possibili fenomeni di precipitazione che portano alla diminuzione della permeabilità della barriera stessa.

4.2.7 Air stripping

Questa tecnologia è utilizzata per la decontaminazione da VOC (Volatile Organic Compounds), SVOC (Semi Volatile Organic Compounds) e BTEX presenti in acque di falda. Sfrutta l'aria per realizzare lo stripping dei composti volatili presenti nell'acqua. In questo caso però, l'aria non viene iniettata direttamente all'interno del sistema acquifero, ma è fatta gorgogliare all'interno di un pozzo che si estende nello spessore saturo dell'acquifero.

4.3 Trattamenti ex-situ

I trattamenti *ex-situ* prevedono il trattamento della matrice di interesse in un luogo diverso da quello in cui è stata individuata; in particolare se il trattamento è realizzato in un'area limitrofa, si parla di trattamento *on side*, se invece il luogo di lavorazione è completamente dislocato, si parla di trattamento *off site*.

4.3.1 Air Stripping (ex situ)

L'Air Stripping è la tecnologia chimica che consiste nell'asportazione delle sostanze volatili in esso disciolte in acqua, da parte di una corrente di vapore, d'aria o di gas che la attraversa. Viene normalmente condotto in torri, alla cui estremità superiore viene spruzzata l'acqua da trattare, mentre il gas è soffiato dal basso.

4.3.2 Pump and Treat

È il metodo classico di trattamento degli acquiferi contaminati ed è ancora oggi quello più applicato; il metodo si basa sull'individuazione del pennacchio contaminato o plume il quale viene opportunamente sbarrato, e poi con emungimento di acqua dalla falda e suo trattamento, separato con l'impiego di diverse tecnologie. Rappresenta un'ottima possibilità di intervento per molte situazioni con acquiferi permeabili e nel caso di falde inaccessibili ad altri sistemi di risanamento.

4.3.2 Trattamenti sulle acque in un impianto: precipitazione, ossidazione chimica, adsorbimento e scambio ionico

Alcuni tra i processi di rimozione degli inquinanti più utilizzati, anche nei normali impianti di depurazione delle acque reflue, sono la precipitazione e l'ossidazione chimica ai quali si aggiungono, processi di scambio ionico e adsorbimento. La precipitazione chimica è un processo finalizzato alla rimozione di sostanze disciolte presenti in acqua attraverso una loro trasformazione chimica (con aggiunta di reagenti) in composti poco solubili, sospesi che tendono a precipitare. L'ossidazione chimica è anch'essa finalizzata alla rimozione delle sostanze disciolte attraverso immissione di reagenti, però non necessariamente le trasformano in composti insolubili (sospesi). Lo scambio ionico è un processo chimico reversibile, usato per la rimozione delle sostanze disciolte in acqua, siano esse specie cationiche o anioniche. L'adsorbimento è il fenomeno che riguarda la capacità di alcune sostanze solide di trattenere sulla propria superficie molecole, gruppi ionici o corpi colloidali contenuti nelle acque che con esse vengono a contatto. La sostanza adsorbente più nota ed utilizzata è il *carbone attivo*. Il carbone attivo esiste in due varianti: Carbone Attivo in Polvere (PAC) e Carbone Attivo Granulare (GAC). La versione GAC è usata principalmente nel trattamento delle acque e può adsorbire principalmente i composti di tipo organico (IPA, BTEX, fitofarmaci, ecc.).

CAPITOLO V

I SIN: Siti di Interesse Nazionale

5.1 I SIN: Definizione e perimetrazione

I Siti di Interesse Nazionale sono aree, generalmente di vaste dimensioni, nelle quali la quantità e/o la tipologia degli inquinanti presenti, oltre a costituire un rischio per l'ambiente e per la salute umana, possono altresì compromettere lo sviluppo di aree di importanza strategica per le loro prerogative storico-paesaggistiche, ovvero per le opportunità di sviluppo del territorio che conseguirebbero al loro risanamento.

Ai sensi dell'articolo n. 252 del D.Lgs. n. 152 del 2006, i Siti di Interesse Nazionale sono stati individuati con Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), in collaborazione con le singole regioni.

I Siti di interesse Nazionale attualmente individuati in Italia sono 55, sei dei quali ricadono nel territorio della regione Campania:

- Napoli Orientale – Legge n. 426 del 1998
- Litorale Domitio Flegreo ed Agro Aversano – Legge n.426 del 1998
- Napoli–Bagnoli Coroglio – Legge n. 388 2000

- Aree del Litorale Vesuviano – Legge n. 179 del 2002
- Bacino idrografico del fiume Sarno – Legge n. 266 del 2005
- Pianura – D.M. 11 aprile 2008

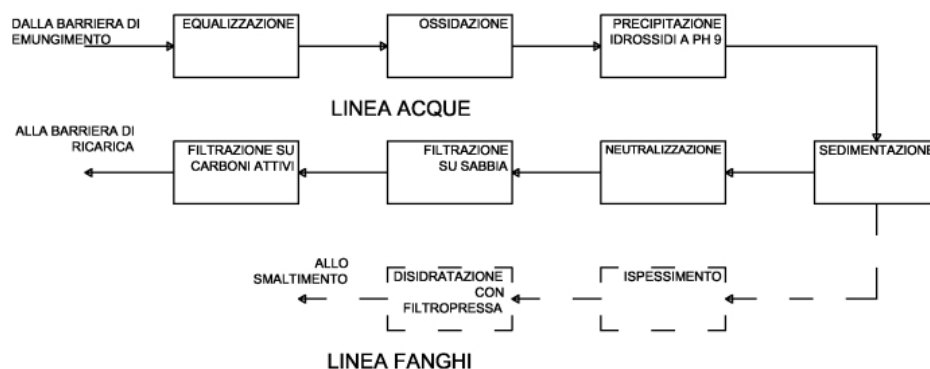
5.2 Il SIN di Bagnoli-Coroglio.

Il sito, collocato nella zona occidentale della città di Napoli, è stato identificato con la Legge n. 388 del 2000 e successivamente perimetrato con il D.M. 31 agosto 2001. Da una caratterizzazione idrogeologica della zona risulta che l'area del SIN è sede di una falda idrica che si livella a quote poco superiori al livello marino e che si trova a profondità ridotta dal piano campagna; tale falda, che riceve alimentazione dagli apporti meteorici diretti, può considerarsi parte di un più esteso fronte idrico che impegna tutta l'area flegrea e che ha nel mare il recapito finale.

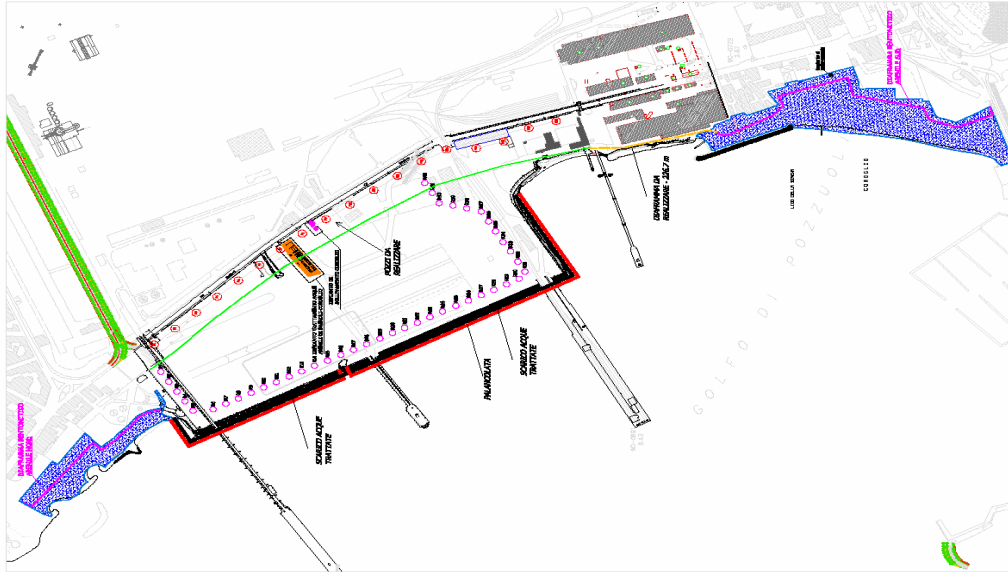
Le opere di bonifica del sito sono state realizzate a partire dal 1996, quando fu costituita la Società Bagnoli S.p.A.; nello stesso anno fu emanata la legge n. 582 del 1996 di conversione del Decreto Legge n. 486 del 20 Settembre 1996, recante disposizioni urgenti per il risanamento dei siti industriali delle aree di Bagnoli e di Sesto San Giovanni. Nel 2001 il Comune di Napoli ha proceduto all'acquisizione delle aree da risanare e, nel 2002, si è costituita la società di trasformazione urbana Bagnolifutura S.p.A. con l'obiettivo di realizzare interventi di bonifica e di trasformazione urbana previsti per Bagnoli-Coroglio.

Nelle indagini notevole è stato il riscontro di concentrazioni superiori ai limiti normativi per arsenico, ferro e manganese, la cui presenza però è con ogni probabilità riconducibile a fenomeni di contaminazione naturale, dovuti alla risalita di fluidi geotermici, caratteristici di tutta l'area flegrea; gli idrocarburi totali ritrovati nelle acque emunte dai pozzi sono da attribuire ad origine antropica.

In riferimento ai problemi connessi alla qualità delle acque di falda, è stata definita una serie di attività che può essere così riassunta in un trattamento di Pump and Treat.



La barriera di emungimento è articolata in tre tratti; due di queste sono collocate lateralmente all'area di colmata e sono barriere idrauliche di tipo fisico: quindi dei diaframmi sono infissi ad una profondità di 11 m dal piano campagna i quali, a tergo di essi, hanno l'opera di dreno, atta a raccogliere le acque e inviarle all'impianto di trattamento. Una terza barriera è invece una barriera idraulica di emungimento, e risulta essere collocata in corrispondenza dell'area di colmata ed è costituita da 31 pozzi di emungimento; queste acque raccolte dalle tre barriere vengono poi inviate all'impianto di trattamento il quale è però preceduto da una vasca di equalizzazione.



5.2 Il SIN di Napoli Orientale.

5.2 Il SIN di Napoli Orientale

Il Sito di interesse nazionale di Napoli Orientale, individuato con la legge n. 426 del 1998, comprende un' area complessivamente omogenea, nella quale accanto a zone utilizzate in passato e ancora oggi, per attività potenzialmente inquinanti, sono comprese aree che, in quanto confinanti ed interconnesse, possono avere subito fenomeni di inquinamento passivo.

Il SIN, viene suddiviso in quattro grandi aree:

- polo petrolifero di circa 345 ha, che comprende aziende del petrolchimico, industrie meccaniche e dei trasporti;
- zona Gianturco di circa 175 ha, che comprende molte attività manifatturiere e di commercio all'ingrosso;
- zona Pazzigno di circa 200 ha, dove sono localizzate aziende di piccole dimensioni;
- fascia litoranea del quartiere San Giovanni di circa 100 ha, comprendente l'area marina antistante fino a 3000 m dalla linea di costa, in cui sono ubicati grandi insediamenti dismessi, la centrale termoelettrica di Vigliena e il Depuratore di San Giovanni.

Da una caratterizzazione geologica ed idrogeologica della zona risulta la presenza di un grande acquifero con una circolazione delle acque "per falde sovrapposte". Infatti, le falde idriche sono tra loro interconnesse, attraverso "flussi verticali di drenanza" e soluzioni di continuità che interessano i litotipi meno permeabili. I dati analitici disponibili evidenziano un inquinamento abbastanza marcato in composti organici e metalli pesanti. Tra i composti organici aromatici è presente solo il benzene in concentrazione superiore alla CSC, mentre tra i metalli pesanti vi è una significativa presenza, tra gli altri, di nichel e cromo totale.

Per definire il grado di contaminazione è stato necessario individuare la destinazione d'uso delle aree inquinate:

- aree private: comprendono aree industriali/artigianali, attive o dismesse, che possono essere potenziali fonti di inquinamento diretto;
- aree pubbliche: comprendono aree il cui utilizzo attuale non è fonte di inquinamento diretto, ma che possono essere oggetto di inquinamento indotto o

possono aver cambiato destinazione d'uso senza aver subito nessun intervento di bonifica;

- aree residenziali ad usi sociali e agricole: possono essere oggetto di inquinamento indotto o possono aver cambiato destinazione d'uso senza aver subito nessun intervento di bonifica.

Per far fronte all'inquinamento delle acque di falda, nel Novembre 2007 è stato sottoscritto l'Accordo di Programma per la Definizione degli Interventi di Messa in Sicurezza e Bonifica delle aree comprese nel SIN di Napoli Orientale mirando a realizzare i seguenti interventi:

- progettazione e realizzazione dell'intervento di confinamento in grado di impedire la fuoriuscita delle acque inquinate verso l'area marino costiera antistante il sito;
- progettazione, realizzazione e gestione dell'impianto di collettamento, trattamento e recupero delle acque di falda contaminate.

Per la tipologia, concentrazione e diffusione degli inquinanti presenti nell'acqua di falda del SIN di Napoli Orientale, la scelta del sistema di bonifica più adatto è quello che ricorre al Pump&Treat. In linea generale, lo schema di intervento a cui si auspica è il seguente:

- realizzazione di una barriera fisica lungo la linea di costa per intercettare le acque da destinare al trattamento ex situ;
- realizzazione di un impianto di depurazione all'interno o in prossimità del sito, opportunamente concepito per la tipologia e la concentrazione dei contaminanti presenti nelle acque della falda.

Nelle acque di falda del SIN di Napoli Orientale sono presenti classi di composti organici che, in funzione del loro peso molecolare e delle caratteristiche chimiche, hanno una bassa miscibilità con l'acqua. In linea generale, l'impianto di depurazione in cui trattare le acque emunte dalla falda sarà sostanzialmente composto da un primo stadio di tipo chimico-fisico, in cui il trattamento delle acque prevede l'insufflaggio di aria e l'aggiunta di reagenti chimici per favorire l'ossidazione degli elementi metallici e la successiva precipitazione.

Un secondo stadio, che consiste in un sistema di sedimentazione ed un eventuale sistema di filtrazione, per separare la fase solida contenente i metalli che sarà conferita in discarica. Potrà essere valutata l'aggiunta di una sezione in cui eseguire lo strippaggio dei composti organici volatili prima dello stadio di finissaggio successivo. Successivamente, le acque reflue subiranno ulteriori trattamenti di depurazione di rifinitura, previo aggiustamento del valore del pH a valori prossimi alla neutralità, tramite utilizzo di filtri a sabbia, a zeoliti e/o carboni attivi.