

**STAGE DI FORMAZIONE AMBIENTALE -APAT-**

**MODELLO IDROGEOLOGICO DEL SITO DI INTERESSE NAZIONALE – SIN –  
“NAPOLI ORIENTALE”.**

Dott.ssa Daniela Ludovico

Tutor:Dott. Fabio Pascarella  
*Co-tutor:Dott. Federico Araneo*

# INDICE

Introduzione.....	2
Caratterizzazione geologica dell' Area Campana .....	3
2.1    Idrogeologia dell' Area Campana.....	5
2.2    Acquifero Superficiale.....	8
2.3    Acquifero profondo. ....	8
2.4    Caratteristiche chimico –fisiche delle acque. ....	9
3    Sin - Napoli Orientale.....	11
3.1    Inquadramento idrogeologico del sito. ....	13
3.2    Qualità delle Acque Sotterranee. ....	14
3.3    Conclusioni.....	17
4    Sito 1.....	19
4.1    Falda. ....	21
4.2    Qualità delle acque sotterranee.....	22
SITO 2.....	24
5.1    Sito 2: Area Stabilimento ed Area Deposito. ....	24
5.2.1    Area stabilimento.....	27
5.2.2    Area Deposito. ....	30
5.2.3    Sintesi dei risultati acquisiti dalla caratterizzazione del 2002.....	32
5.3    Conclusioni. Possibile Origine dei Fenomeni di Contaminazione.....	34
5    Sito 3.....	36
6.1    Falda. ....	42
6.2    Qualità delle acque sotterranee.....	42
6.3    Relazione Tecnica (revisione del 20/2/2006).....	43
7    Conclusioni.....	47
Bibliografia.....	52

## **INTRODUZIONE**

Il presente lavoro rappresenta un'analisi critica delle Relazioni Tecniche Descrittive delle attività di caratterizzazione del sottosuolo di tre siti presenti nel Sito di Interesse Nazionale "Napoli Orientale" di seguito denominati Sito 1, Sito 2, Sito 3.

Nello specifico, il confronto dei piani di caratterizzazione redatti sito per sito con il piano di caratterizzazione realizzato da P. Celico et alii nel luglio 2002 per l'intero sito SIN, ha permesso di esaminare, tra tutte le matrici ambientali compromesse dai contaminanti, le acque sotterranee.

Ciascun documento (risultati del piano di caratterizzazione) completo delle analisi effettuate e dello schema idrogeologico dell'area, ha permesso di evidenziare la congruità del modello concettuale, con particolare riferimento allo schema idrogeologico e alla tipologia, grado e sorgenti della contaminazione nel tentativo, tra l'altro, di discriminare la contaminazione dovuta a sorgenti interne ai siti dal valore di fondo sia esso di origine antropica che naturale.

Il sito di interesse nazionale "Napoli Orientale" è stato inserito dalla Legge n. 426 del 9 Dicembre 1998 tra le aree di interesse nazionale ai fini della messa in sicurezza, della bonifica e del ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi del D. M. 471/99 prima e del D.Lgs.152/06 poi.

Il sito in oggetto, delimitato con Ordinanza Commissariale del 29 Dicembre 1999, emanata dal Sindaco di Napoli Commissario Delegato, si estende per circa 830 ettari e comprende le aree dei quartieri orientali della città di Napoli (circoscrizioni di Barra, Ponticelli, Poggioreale-Zona Industriale e San Giovanni a Teduccio); più precisamente esso comprende aree industriali dismesse ed attive, oltre che zone di attrezzature portuali e di popolosi quartieri.

## CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DELL'AREA CAMPANA

La Piana Campana è costituita da una depressione strutturale posta sul margine Tirrenico dell'Appennino meridionale (Ippoliti et alii,1973).

Il "graben" si estende lungo la direzione NW-SE dal Monte Massico, a Nord, fino ai Monti Lattari, a sud; è aperto verso il Mar Tirreno ad occidente ed è delimitato ad est dai Monti di Caserta, dai Monti di Avella e dai Monti Sarno.

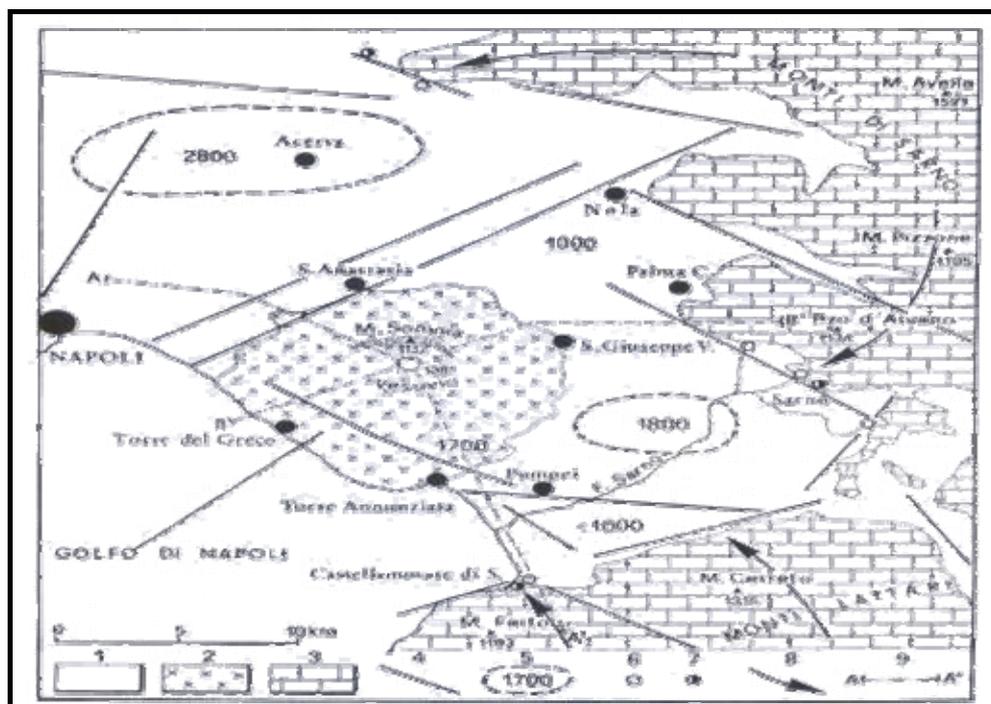


Fig.1 Schema strutturale ed idrogeologico del settore meridionale della Piana Campana (da La Torre *et alii*, 1982 e da Celico 1978; modificato). Legenda: 1) Prodotti piroclastici e depositi alluvionali (Quaternario); 2) Lave e piroclastiti del Somma Vesuvio; 3) Rocce carbonatiche mesozoiche; 4) Faglie del substrato Mesozoico profondo; 5) Zone depresse del substrato Mesozoico e relativa profondità, in metri al di sotto del livello del l.m.; 6) Principali sorgenti; 7) Sorgenti minerali; 8) Principali direzioni di deflusso idrico sotterraneo negli acquiferi carbonatici; 9) Traccia di una sezione.

Litologicamente questi rilievi sono costituiti dalle potenti successioni carbonatiche mesozoiche riconducibili alle unità della Piattaforma Campano – Lucana e della Piattaforma Abruzzese – Campana, sovrapposte tettonicamente (Pescatore & Sgroso,1973).

Durante il Miocene l'area è stata interessata da spinte tangenziali che conseguentemente all'apertura del bacino tirrenico hanno dato vita alla Catena Appenninica.

Dal Pliocene in poi, la regione è stata sede di un'intensa tettonica verticale da cui sono derivati poi i rilievi carbonatici (Ippolito *et alii*, 1973).

L'assetto strutturale che ne è derivato è rappresentato da zone di alto strutturale coincidenti con i massicci carbonatici a cui si contrappone la piana campana ribassata con strutture a gradinata da faglie dirette di elevato rigetto (Aprile & Ortolani, 1979).

Le principali linee tettoniche derivate sono orientate secondo la direzione appenninica (NW- SE), antiappenninica (NE – SW) e in parte E-W e N-S (Cinque *et alii*, 1987).

A partire dal Pleistocene superiore, nel sopraccitato graben peritirrenico ha avuto origine il vulcanismo ischitano, flegreo e vesuviano (Capaldi *et alii*, 1985) impostatosi in corrispondenza delle strutture tettoniche distensive e in prossimità dei massimi abbassamenti del substrato.

I prodotti vulcanici prevalentemente potassici di tutti questi distretti si sono impostati nella piana con spessori di migliaia di metri intervallati da strati alluvionali e marini.

L'area all'interno della quale ricade la piana campana comprende l'apparato vulcanico del Somma – Vesuvio e la piana stessa delimitata a Nord dai Monti Avella, ad est dai monti di Sarno, a Sud dai Monti Lattari ed a Nord-est dal fiume Sebeto.

L'edificio vulcanico, in senso stricto, si trova in corrispondenza di più faglie ad andamento appenninico ed anti – appenninico.

E' un vulcanostrato la cui attività eruttiva si è differenziata nel tempo sia per il chimismo sia per la natura dei prodotti eruttati (Di Girolamo, 1968); i prodotti peculiari della fase pliniana come pomici, lapilli e scorie, sono stati alternati da colate laviche che hanno caratterizzato le principali fasi effusive.

I rilievi montuosi sono caratterizzati da una tipica successione stratigrafica di piattaforma con dolomie triassiche alla base, calcari e calcari dolomitici giurassici e calcari bioclastici cretaci.

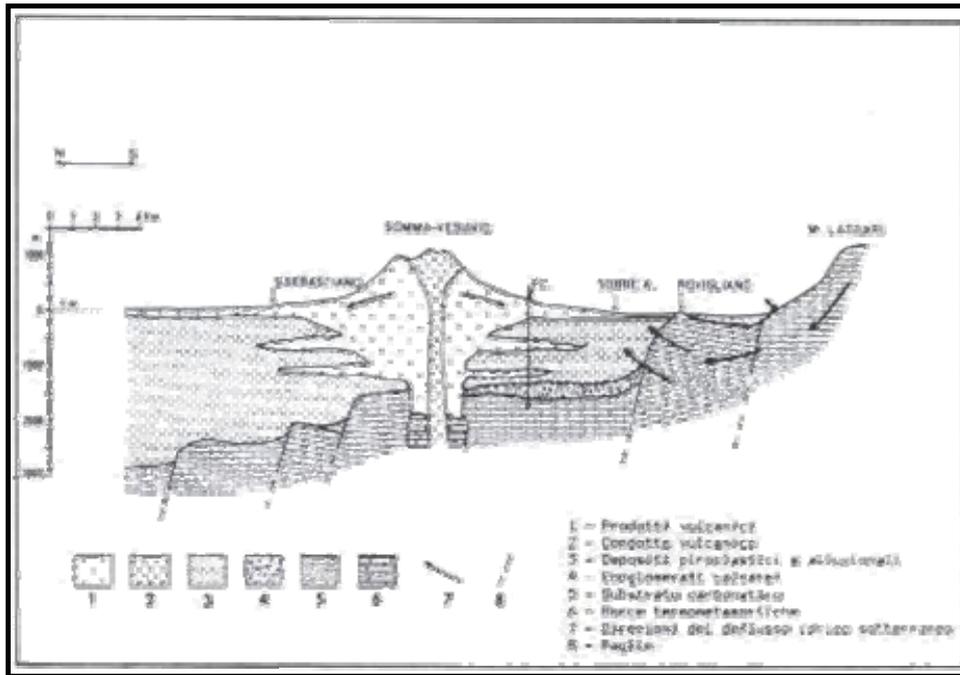


Fig.2 Sezione schematica del modello di circolazione idrica sotterranea dell'area Somma - Vesuvio. (da Celico P., Celico N. Ghiara R., Piscopo V., Stanzone D., Equino S., 1994).

Questi complessi sono disposti in più blocchi monoclinatici diversamente ruotati e dislocati dalla tettonica miocenica e da quella, più recente, plio – pleistocenica e degradano verso la piana sotto l'edificio vulcanico.

L'attuale assetto geologico – strutturale dell'area è riconducibile alla dislocazione di una potente successione mesozoica (circa 3000 metri di spessore) con a tetto, talora, una copertura mio-pliocenica costituita prevalentemente da depositi clastici e terrigeni (alcune centinaia di migliaia di metri di spessore) il tutto affiorante nei rilievi che delimitano, a est ed a sud, la piana.

La successione carbonatica è ribassata da importanti discontinuità tettoniche verso il centro della piana dove è ricoperta da rilevanti spessori di depositi sedimentari e vulcanici quaternari (Aprile & Ortolani, 1979).

## 2.1 Idrogeologia dell'Area Campana.

Nell'ambito dell'area in esame è possibile evidenziare più strutture idrogeologiche di cui le più importanti sono:

- I massicci carbonatici che bordano la piana e che costituiscono gli acquiferi molto permeabili sia per fratturazione che per carsismo. Questi acquiferi alimentano le ricche sorgenti basali (circa  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ ).
- Il complesso vulcanico che rappresenta un'altra importante struttura idrogeologica la cui infiltrazione è assicurata dalla notevole ricettività dei prodotti eruttivi affioranti e il

deflusso sotterraneo dalla elevata permeabilità degli orizzonti lavici fessurati e dalle piroclastiti a granulometria grossolana (Bellucci et alii, 1993; Celico et alii, 1994).

Le unità idrogeologiche dei Monti di Avella – Monte Vergine- Pizzo Alvano e dei Monti Lattari (Civita *et alii*, 1973) rappresentano i principali acquiferi che cingono la piana del settore Nord-Est e Sud-Est e sono costituiti da litologie prevalentemente calcaree, fratturate e carsificate il cui grado di permeabilità è molto elevato.

Le discontinuità strutturali sono responsabili dell'approfondimento dei circuiti di alimentazione, mentre le lineazioni tettoniche di carattere regionale e l'assetto giaciturale delle formazioni carbonatiche sono i responsabili del preferenziale deflusso delle acque sotterranee da Sud verso Nord a cui si associa una componente da SE verso NW (Celico & Corniello, 1979; Celico *et alii*, 1986).

Il settore della “Piana Campana” posto a valle delle suddette dorsali carbonatiche e che racchiude l'edificio vulcanico, comprende più litotipi a permeabilità differente.

Gli orizzonti più permeabili, costituiti da pomici, brecce e sabbie vulcaniche, depositi detritici calcarei e sabbie marine sono intervallati da livelli poco permeabili attraverso passaggi laterali e verticali rappresentati da limi ed argille palustri, depositi tufacei e livelli piroclastici argillificati.

La circolazione idrica che ne consegue è caratterizzata da falde idriche sovrapposte avente localmente una certa pressione.

A grande scala, la circolazione idrica si può considerare unica ed a falda libera a causa delle frequenti soluzioni di continuità degli orizzonti impermeabili e dell'esistenza dei “flussi di drenanza” in quelli “semipermeabili” (Celico *et alii*, 1991).

La relativa scarsa permeabilità dei terreni della piana e la loro collocazione marginale rispetto i rilievi montuosi sono la causa di un “effetto tampone” che essi svolgono nei confronti delle falde di base degli acquiferi carbonatici; tamponamento non totale poiché esiste un'alimentazione laterale verso la piana soprattutto dove è più potente la coltre detritico – piroclastica che raccorda i rilievi montuosi e la piana (Celico e de Riso, 1978).

Nella pianura, la morfologia piezometrica indica che le direttrici di deflusso della falda si sviluppano secondo due principali direzioni: una convergente verso l'asse di drenaggio rappresentato dal corso del fiume Sebeto e l'altra parallela alla valle del Sebeto.

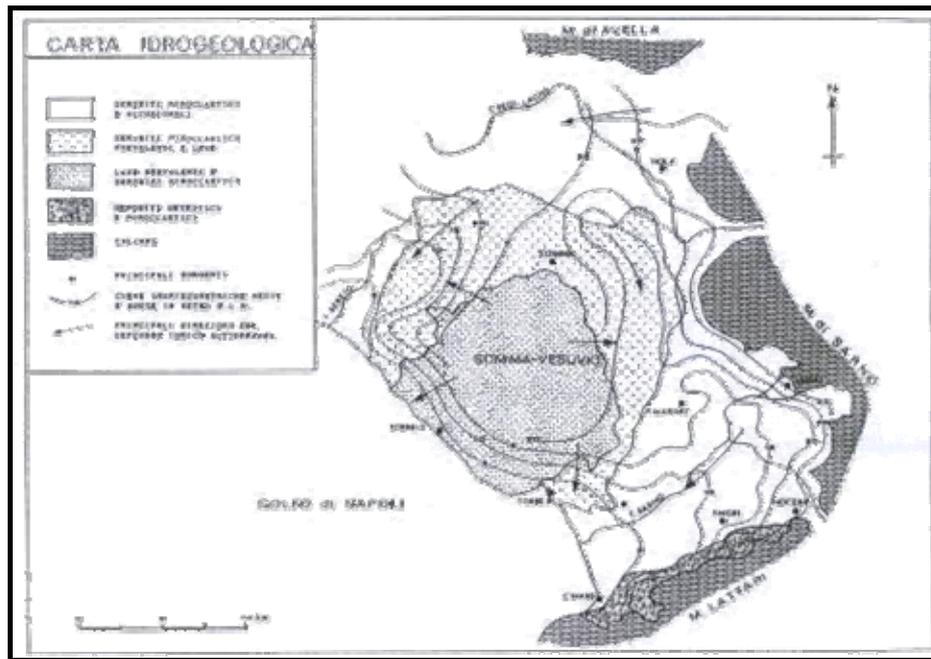


Fig. 3 Carta idrogeologica dell'area campana (da Celico, 1983).

L'edificio vulcanico del Somma – Vesuvio infine, costituisce una struttura idrogeologica differenziata dalla piana circostante composta da colate laviche sovrapposte intercanalate da livelli di pomici, lapilli e ceneri.

I principali orizzonti acquiferi sono costituiti dalle colate laviche fratturate e dai livelli di scorie, pomici e lapilli.

Le prime, caratterizzate dalla tipica fratturazione ad andamento normale all'asse della colata, sono responsabili soprattutto della permeabilità verticale dell'acquifero; la componente orizzontale della stessa permeabilità diventa sempre più elevata alla base delle singole colate ove la roccia è sempre più consistente e poggia su livelli di lapilli e pomici particolarmente permeabili (Civita *et alii*, 1973).

La circolazione idrica sotterranea si sviluppa anche qui per falde sovrapposte tra loro interconnesse.

A grande scala, dallo studio della morfologia piezometrica si può individuare un deflusso radiale di base che si adatta alla morfologia del vulcano.

I rapporti idrogeologici con la piana circostante sono, in generale, di interscambio idrico sotterraneo lì dove ci sono litotipi a granulometria più grossolana.

Emergenze di modesta entità si rinvengono invece, lì dove prevalgono depositi sottili a bassa permeabilità.

In base a questi studi è stato possibile individuare due acquiferi principali: “un acquifero superficiale” e “un acquifero profondo”.

## **2.2 Acquifero Superficiale.**

L'acquifero superficiale corrisponde all'area strettamente vulcanica che costituisce una struttura idrogeologica differenziale dalla circostante piana campana dovuta alla tipica morfologia del vulcano strato e della elevata permeabilità delle rocce affioranti ( Celico, 1983; Bellucci et alii,1993; Celico et alii, 1994).

L'acquifero risulta essere eterogeneo ed anisotropo costituito da termini molto permeabili quali orizzonti lavici fessurati e piroclastici grossolani alternati a termini poco permeabili quali tufi, lave compatte cineriti e paleosuoli.

Nonostante questa alternanza dia luogo localmente a più falde sovrapposte, si assiste ad una intercomunicazione a grande scala dovuta alle frequenti soluzioni di continuità degli impermeabili relativi.

La ricostruzione della morfologia piezometrica evidenzia la presenza di un'unica falda di base a deflusso prevalentemente radiale; in sostanza, la morfologia della falda di base si adatta, sia pure a grandi linee, a quella del vulcano delimitando un alto strutturale rispetto alla piana circostante.

Lo studio piezometrico ha consentito di individuare tre spartiacque sotterranei principali:

1. uno presente a Nord- Ovest lungo l'allineamento S. Sebastiano – Napoli
2. uno presente a sud lungo l'allineamento Terzino – Torre Annunziata
3. uno presente ad est lungo l'allineamento Ottaviano – Palma Campania.

I primi due delimitano in parte il settore dell'acquifero con deflusso sotterraneo verso la fascia costiera; tra il secondo e il terzo le acque sotterranee defluiscono verso l'acquifero piroclastico ed alluvionale della piana di Sarno; tra il terzo ed il primo, infine, l'acquifero vulcanico alimenta la piana ad est di Napoli (solo nella zona di Ottaviano).

## **2.3 Acquifero profondo.**

Per l'acquifero profondo bisogna considerare l'assetto geologico – strutturale dell'area vulcanica a grande scala.

Il Somma – Vesuvio occupa la parte meridionale della depressione strutturale della Piana Campana, delimitata ad est ed a sud da alti strutturali coincidenti con i massicci carbonatici dei Monti di Sarno e dei Monti Lattari.

Questi rilievi costituiscono acquiferi fratturati e carsificati caratterizzati da un grande grado di permeabilità.

I Monti di Sarno alimentano le cospicue sorgenti basali dei rilievi e le falde superficiali della piana (Celico, 1978).

I monti Lattari sono i responsabili dell'elevato grado di mineralizzazione delle acque che alimentano alcune delle sorgenti poste alla base degli stessi massicci (Celico *et alii*, 1980). In base alla schematizzazione idrogeologica dell'area vesuviana, nell'acquifero fratturato sepolto il flusso idrico sotterraneo si sviluppa secondo direzioni prevalentemente orizzontali orientate dai rilievi dei Monti di Sarno e dei Monti Lattari, dove avviene la ricarica verso l'area vulcanica.

In corrispondenza delle principali faglie, il flusso idrico si può sviluppare secondo direzioni anche verticali con flusso dal basso verso l'alto; questo si può verificare sia a causa del locale aumento della conducibilità idraulica, sia a causa delle differenze di carico idraulico tra le zone di ricarica e quelle di recapito.

#### 2.4 Caratteristiche chimico –fisiche delle acque.

Dagli studi è stato possibile realizzare una prima suddivisione delle acque indicando più aree coerenti con lo schema di circolazione idrica sotterranea.

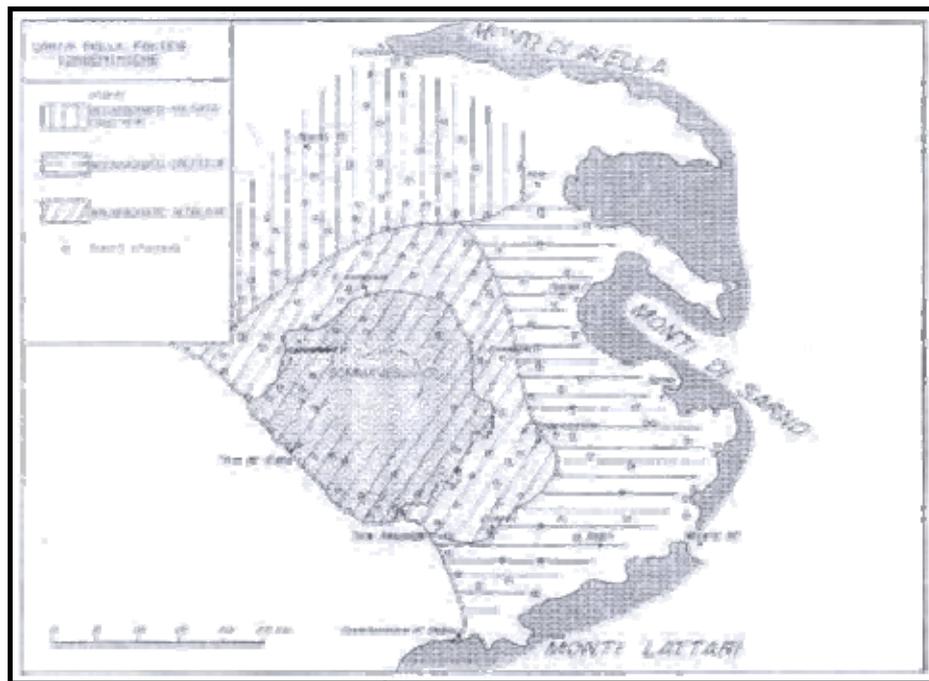


Fig.4 Carta delle facies idrochimiche.(da Celico N. et alii,1994).

Nelle acque relative al settore di piana posto a Nord ed a Nord – Ovest del vulcano prevalgono tra i cationi il  $\text{Ca}^+$  e, tra gli anioni,  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{SO}_4^-$ ; la salinità totale è compresa tra 1000 e 2000 ppm, mentre la temperatura è omogenea e contenuta tra valori di  $14^\circ$ -  $16^\circ$ . Le acque ricadono nel campo delle acque solfato – bicarbonato – calciche e bicarbonato – solfato- calciche.

In chiave idrogeologica, queste caratteristiche dimostrano che le falde idriche di questo settore risentono degli apporti sotterranei provenienti dalla struttura dei Monti di Avella dove è provata l'esistenza di fenomeni di mobilizzazione di acque di fondo del serbatoio carbonatico ricche di solfati (Celico *et alii*, 1980).

Nelle acque relative al settore occupato dal vulcano invece, si riscontra una facies generalmente bicarbonato – alcalina con prevalenza di  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  tra i cationi e  $\text{HCO}_3^-$  tra gli anioni; la salinità totale è superiore a 1500 ppm con punte di oltre 3000 ppm nel settore più a sud del vulcano; è la più elevata tra quelle rilevate in tutta la piana.

Le temperature sono in genere comprese tra i  $16^\circ$  e i  $20^\circ$  con valori massimi di  $35^\circ$ .

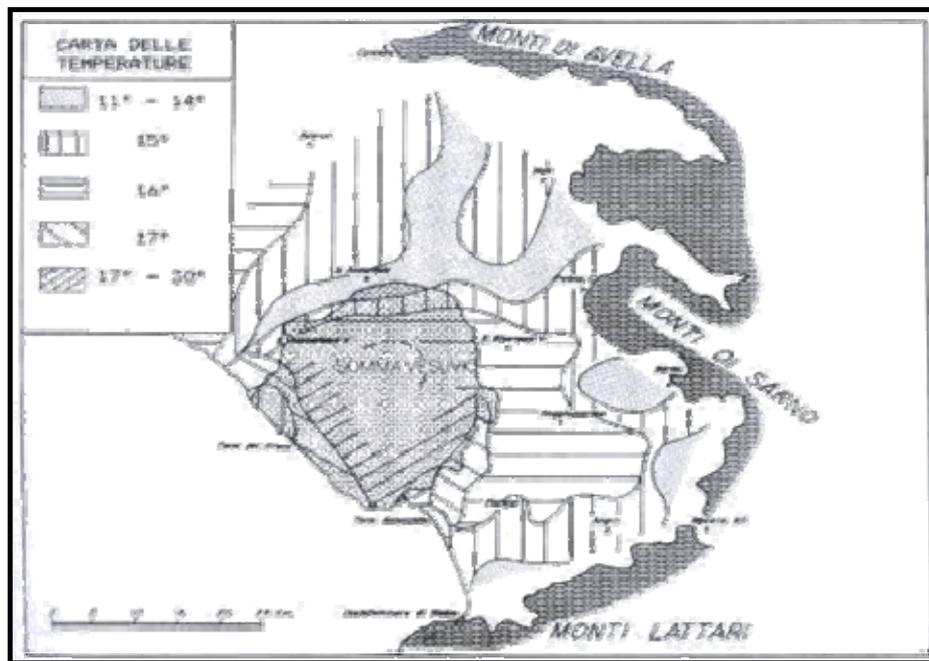


Fig.5 Carta delle temperature. (da Celico N. et alii,1994).

L'elevato contenuto di ioni  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  conferma la presenza di circuiti in rocce vulcaniche del Somma – Vesuvio, l'alto tenore di  $\text{HCO}_3^-$ , gli elevati valori di temperatura e salinità delle acque possono essere interpretati come la risultante di fluidi di provenienza profonda con diversi tempi di residenza in rocce carbonatiche (Celico *et alii*, 1994).

### **3 SIN - NAPOLI ORIENTALE**

Il sito di interesse nazionale “Napoli Orientale” si estende per circa 830 ettari e comprende le aree dei quartieri orientali della città di Napoli (circoscrizioni di Barra, Ponticelli, Poggioreale – Zona industriale e San Giovanni a Teduccio); nello specifico, racchiude aree industriali dismesse ed attive, zone di attrezzature portuali e di popolosi quartieri.

Come indicato nella figura sottostante (fig.6) sono presenti all’interno del sito sette stabilimenti industriali. In particolare, all’interno di questo lavoro sono stati esaminati e confrontati tra loro solo tre dei sette stabilimenti sopraccitati attraverso i rispettivi piani di caratterizzazione redatti nel tempo.

Gli stabilimenti nello specifico sono:

1. Sito 1 – Area Deposito
2. Sito 2 - Area Stabilimento ed Area Deposito.
3. Sito 3 – Area Stabilimento

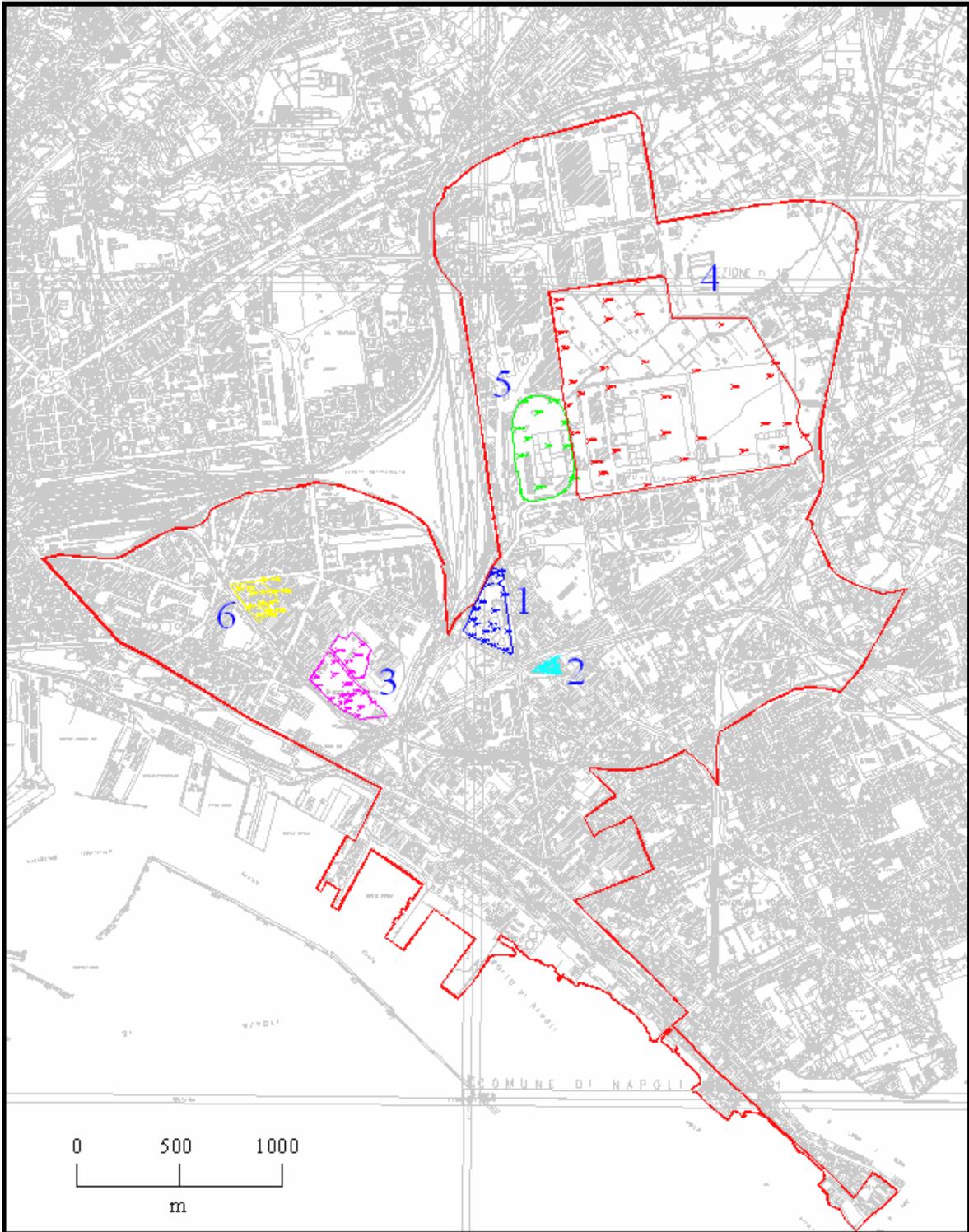


Fig.6. Ubicazione delle aree industriali oggetto di specifici piani di caratterizzazione, con relativo numero di riferimento e rete di monitoraggio

Il Piano di Caratterizzazione del Sito di Interesse Nazionale “Napoli Orientale” che segue, è stato redatto da P. Celico, L. Esposito, S. Fabbrocino e consegnato nel mese di Luglio 2002.

### **3.1 Inquadramento idrogeologico del sito.**

Il sottosuolo presente al di sotto dell'intero sito è composto da depositi piroclastici con frequenti intercanalizzazioni di depositi di origine marina e palustre di notevole spessore.

La giacitura degli strati è sub- orizzontale.

Nel sottosuolo si riscontra la tipica circolazione “per falde sovrapposte” contenute nei livelli a granulometria più grossolana.

A causa dell'estrema variabilità degli spessori, della granulometria e della giacitura dei singoli strati che costituiscono l'acquifero, dette falde idriche sono tra loro interconnesse attraverso i cosiddetti “flussi verticali di drenanza”.

Questi flussi sono così definiti perchè si vengono a creare tra falde intercomunicanti sottoposte a diverso carico piezometrico; tra due falde sovrapposte e a piezometria differente, si instaura dunque un flusso con una componente verticale che segue la legge di Darcy.

I flussi di drenanza verticali consentono alle acque presenti nel complesso tufaceo sottostante la piana Campana di alimentare eventuali falde più superficiali costituite da materiali piroclastici sciolti sovrastanti.

La presenza, nei primi 100 metri di profondità dal piano campagna di uno strato piuttosto continuo di vulcaniti relativamente poco permeabili rappresentate dal tufo giallo napoletano consente di individuare nell'area di Napoli Orientale due livelli idrici sovrapposti:

- uno freatico nei depositi piroclastici ed alluvionali posti al tetto del tufo giallo;
- l'altro più profondo in condizioni di semiconfinamento nelle piroclastiti grossolane sciolte ubicate al letto della formazione tufacea.

Considerando che, l'orizzonte tufaceo non è completamente impermeabile questi livelli idrici sono in comunicazione idraulica attraverso “i flussi verticali di drenanza”, diretti, in condizioni idrogeologiche di equilibrio dal basso verso l'alto attraverso la formazione tufacea (*Celico, 1983; Celico, 1990; Celico et al., 1992; Celico e De Paola, 1992; Celico F. et al., 1995; Esposito, 1996*).

Il livello piezometrico della falda superficiale è più basso di alcuni centimetri rispetto a quello della falda sottostante.

In condizioni indisturbate dunque, la falda profonda è “naturalmente protetta” da eventuali fenomeni di inquinamento dovuti a sostanze idroveicolate: le acque della falda superficiale, più facilmente inquinabili, non dovrebbero raggiungerla.

I numerosi pozzi presenti, invece, condizionati in modo non adeguato o addirittura assorbenti, favoriscono la propagazione alla falda profonda dell'inquinamento.

Questo fenomeno di travaso diventa ancor più importante nelle aree in cui si registra una riduzione degli spessori o addirittura l'assenza dello strato di tufo.

A grande scala dunque, è possibile considerare un unico corpo idrico con deflusso sotterraneo prevalentemente orientato da NE a SW alimentato, oltre che dagli apporti idrici diretti, anche da versamenti sotterranei provenienti dall'acquifero vulcanico del Somma – Vesuvio.

### **3.2 Qualità delle Acque Sotterranee.**

Studi eseguiti in passato sulla qualità delle acque sotterranee del settore sud-orientale della Piana Campana, redatti per alcuni indici di inquinamento antropici e/o naturali (azoto ammoniacale, azoto nitrico, fluoruri, ferro e manganese), hanno evidenziato che la maggior parte dei parametri considerati, all'epoca del rilevamento, superava in vaste aree le concentrazioni massime ammissibili, stabilite dalla normativa vigente sulle acque potabili.

In particolare, nell'area in esame si sono registrate concentrazioni elevate della conducibilità dell'azoto ammoniacale, dei nitrati, dei fluoruri e del manganese (*Esposito et al., 1997*); inoltre, è stato segnalato un inquinamento da metalli pesanti (piombo, cadmio, nichel), idrocarburi e fenoli riconducibile ad attività industriali.

I dati relativi agli aspetti qualitativi delle acque sotterranee vanno accuratamente interpretati in relazione alle problematiche connesse con le attività antropiche, oltre che in relazione all'esistenza di un inquinamento naturale dovuto ad aspetti stratigrafici e vulcanologici.

Soltanto separando i processi naturali da quelli causati dalle attività antropiche, che influiscono sul sistema, è possibile individuare la probabile evoluzione spaziale e temporale dei fenomeni di inquinamento, ed intervenire nei siti più contaminati.

Con i dati a disposizione è stato realizzato un database georeferenziato, su base topografica 1:1000 e si è proceduto alla redazione di carte di isoconcentrazione degli unici parametri, tra quelli disponibili, significativi al fine dell'obiettivo prefissato: fluoruri, ferro e manganese.

I punti di campionamento che ricadono nel settore orientale del Comune di Napoli sono complessivamente (considerando sia quelli monitorati nel 1992, sia quelli monitorati nel 1997) ventisei distribuiti in modo disomogeneo e sparso anche all'esterno dell'area perimetrata e definita di interesse nazionale (*Fig.7*). È pure da sottolineare che non sono

indicate le modalità di esecuzione delle analisi e di prelievo delle acque nei pozzi, dei quali, peraltro, non è nota né la profondità né la stratigrafia ed il condizionamento.

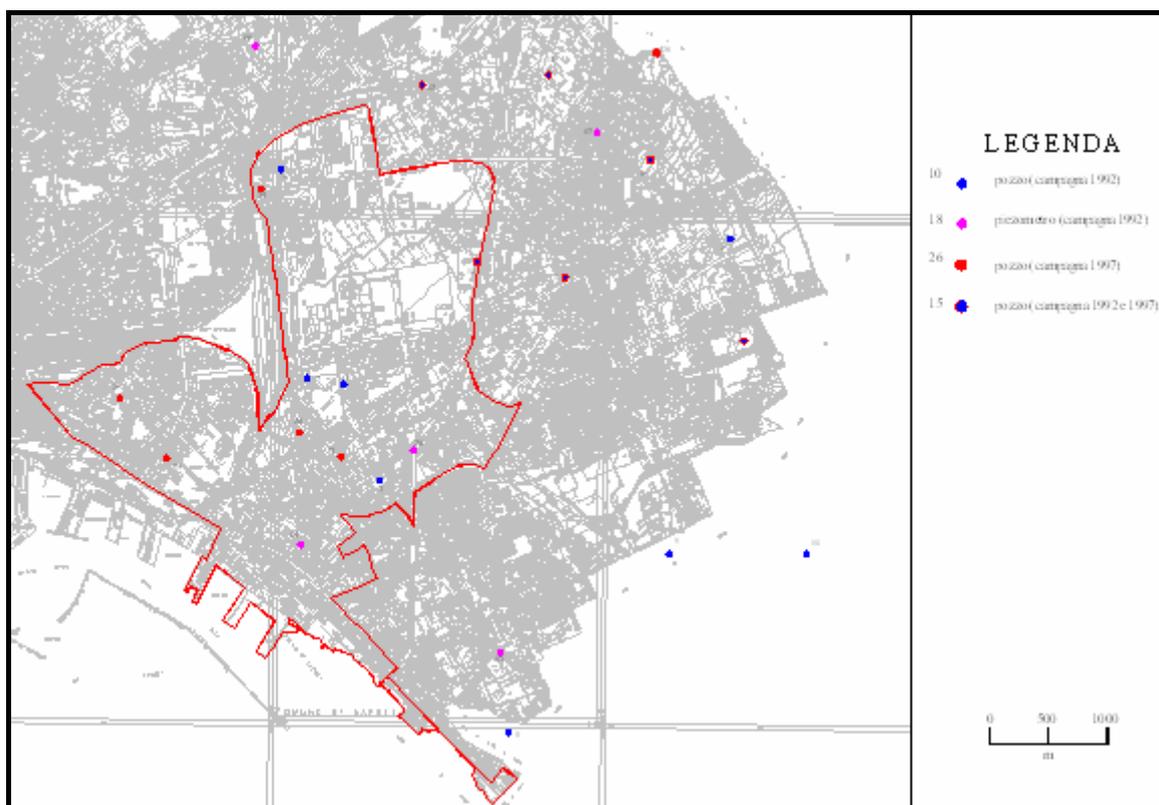


Fig.7 Distribuzione dei punti di campionamento relativi alle campagne di misure effettuate nel 1992 e 1997.(da Piano di caratterizzazione Napoli Orientale- Sito di interesse Nazionale,Luglio 2002).

Si rileva che le concentrazioni dei fluoruri nell'area di interesse superano ovunque la concentrazione massima ammissibile (1.5 mg/l) da D.M. 471/99 ad eccezione delle acque prelevate nel pozzo n. 1 (F = 0.04 mg/l).

Pur nei limiti imposti dalla tipologia e dalla carenza dei dati disponibili, per lo ione fluoruro gli autori (P. Celico, L. Esposito, S. Fabbrocino) propendono per l'ipotesi di una genesi naturale escludendo o comunque minimizzando quella antropica.

Tale considerazione è indotta dalle seguenti osservazioni:

- le concentrazioni dello ione fluoruro non hanno subito variazioni dal 1992 al 1997 ipotizzando una omogeneità nelle metodiche di campionamento;
- la distribuzione delle zone caratterizzate rispettivamente dai maggiori e minori tassi di fluoruri, peraltro pressoché coincidenti con quelle analoghe riferite alle concentrazioni di manganese, corrispondono alla localizzazione dei principali elementi del deflusso idrico sotterraneo (rispettivamente spartiacque e assi di drenaggio preferenziale) desunti dalla specifica bibliografia;

- nell'area perivesuviana, le acque sotterranee contengono fluoro naturale la cui concentrazione tende ad aumentare con la profondità; pertanto pozzi profondi con intercapedine non cementata facilitano la risalita dei fluoruri verso le falde superficiali, che in condizioni naturali, possono presentare concentrazioni minori di quella massima ammissibile (FIG. 8).



Fig.8 -Variazione del contenuto in fluoro con la profondità nell'area di Acerra (da Celico et al., 1999).

Anche le concentrazioni di manganese nell'area esaminata superano i valori massimi ammissibili (0.05 mg/l) riferiti al D.M. 471/99 ad eccezione del pozzo n°1 ove il contenuto di detto parametro nelle acque sotterranee è inferiore ai limiti di legge.

La distribuzione del manganese nel settore orientale del Comune di Napoli rispecchia sostanzialmente l'andamento delle isocone dei fluoruri; questo sembrerebbe confermare l'attribuzione di detti valori di concentrazione all'interazione tra acque di falda e risalita di fluidi profondi di origine vulcanica.

È utile, tuttavia, sottolineare che elevate concentrazioni di ferro e manganese sono tipiche degli acquiferi piroclastici, e quindi della falda in esame e di quelle ad essa adiacenti. Nei depositi piroclastici di riempimento della Piana Campana, il manganese è, in associazione al ferro, un elemento caratterizzante della composizione mineralogica dei litotipi presenti, raggiungendo concentrazioni rispettivamente di poco inferiori all'1% ed al 7-8%; più lento è il ricambio delle acque, maggiore è il contenuto di manganese e di ferro.

A tutto ciò bisogna aggiungere che la contaminazione da manganese, estremamente diffusa nell'area investigata, può essere ricondotta alla mobilizzazione di acque tipiche di un ambiente riducente e caratterizzato da bassi tenori di ossigeno attivo.

Infatti, i depositi palustri presenti nell'area del sito *Napoli Orientale*, sono ricchi di materia organica e favoriscono l'instaurarsi di un ambiente riducente: la mancanza di ossigeno nelle acque determina un aumento del grado di acidità, ovvero un incremento della solubilità dei sali minerali, con conseguente più rapido passaggio in soluzione sia del manganese sia del ferro.

Per il manganese inoltre, non è da escludere che le elevate concentrazioni possano essere indotte da concomitanti cause artificiali: nei punti in comune alle due maglie di campionamento (1992 e 1997) si registra un marcato decremento dei valori di manganese dal 1992 al 1997. Tale anomalia potrebbe essere correlata con la minore mobilitazione di acque di fondo, dovuta alla riduzione degli emungimenti in atto nell'area di interesse, registrata negli ultimi anni.

Le concentrazioni di ferro nell'area esaminata superano la concentrazione massima ammissibile (0.2 mg/l) riferita al D.M. 471/99 ad eccezione di alcuni punti variamente distribuiti nell'area, laddove è presente solo in tracce.

L'analisi dell'andamento delle isocone del ferro rende palese la discordanza esistente con la distribuzione del manganese. Eppure, da quanto sopra riportato, il comportamento in falda dei due ioni considerati dovrebbe essere analogo: la messa in soluzione del manganese e del ferro nelle acque sotterranee è controllata dagli stessi fattori, ovvero ossigeno disciolto, pH, potenziale di ossidoriduzione e presenza di sostanze organiche nel sottosuolo; inoltre, nei depositi piroclastici di riempimento della Piana Campana, il manganese, associato al ferro, è un elemento caratterizzante della composizione mineralogica dei litotipi presenti.

Tale situazione induce a considerare, in questo caso, preponderanti gli effetti connessi con le attività antropiche, tali da mascherare gli apporti dovuti a cause naturali.

Basti considerare che, nella zona occidentale del sito *Napoli Orientale*, l'alta concentrazione del ferro (8.58 mg/l) è localizzata in una zona ove molto probabili sono o sono stati detti fenomeni di contaminazione delle acque sotterranee. Ci si trova, infatti, in prossimità dell'importante snodo ferroviario della stazione di Napoli Centrale, nelle cui adiacenze, peraltro, storicamente sono state presenti attività concentrate di demolizione delle auto e di vendita all'aperto di materiale ferroso.

### **3.3 Conclusioni.**

Allo stato attuale è possibile tracciare, soltanto a grandi linee, le condizioni di contaminazione del sito d'interesse nazionale *Napoli Orientale* riconducibili a fattori sia naturali sia antropici.

Sulla base dei dati disponibili, gli autori (P. Celico, L. Esposito, S. Fabbrocino) ipotizzano che gli elevati tenori (superiori alle concentrazioni massime tollerabili) di fluoruri nelle acque sotterranee siano connessi a fenomeni d'interazione tra le acque di falda e fluidi profondi d'origine vulcanica.

Le concentrazioni di manganese (anch'esse superiori a quelle massime ammissibili) nelle acque sotterranee, invece, sempre secondo gli autori sono da correlare alla mobilizzazione di acque profonde tipiche di un ambiente riducente e con bassi tenori di ossigeno attivo. Tali condizioni, per la presenza di materia organica nel sottosuolo, individuano una caratteristica propria dell'area di piana in esame. Si ribadisce inoltre, che nei depositi piroclastici di riempimento della Piana Campana, il manganese, associato al ferro, è un elemento caratterizzante della composizione mineralogica dei litotipi presenti.

L'analogia distribuzione delle zone caratterizzate rispettivamente dai maggiori e minori tassi di fluoruri e di manganese corrispondente alla localizzazione dei principali elementi del deflusso idrico sotterraneo è conseguente agli effetti indotti dalle condizioni idrodinamiche sul fenomeno di diluizione.

Per il manganese oltre che per il ferro non è da escludere una componente antropica.

Partendo dalla carenza d'informazioni relative alle caratteristiche delle opere di captazione utilizzate per il campionamento delle acque oltre che alle modalità di prelievo e d'esecuzione delle analisi, è necessario successivamente approntare uno specifico programma d'indagine finalizzato all'affinamento delle conoscenze ed alla modellazione quantitativa dei fenomeni evidenziati circa la localizzazione e le modalità di propagazione degli agenti inquinanti in falda.

È dunque indispensabile, per la valutazione univoca dei caratteri della contaminazione la progettazione e la realizzazione di una adeguata rete di monitoraggio, finalizzata successivamente al controllo, su una maglia regolare di punti, da estendere miratamente anche all'esterno dell'area perimetrata.

Per quanto attiene alla definizione della contaminazione connessa con le attività industriali, i dati esistenti indicano esclusivamente una contaminazione da idrocarburi, fenoli ed oli minerali. Considerata la localizzazione delle aree in esame (adiacenti l'una all'altra e limitate alla parte centrale del sito di interesse nazionale, *FIG. 5*) e la disomogenea ripartizione temporale dei parametri valutati non è possibile estrapolare tali determinazioni a grande scala. Si rinvia pertanto ai piani di caratterizzazione redatti sito per sito.

#### **4 SITO 1.**

Il deposito costiero denominato “Sito 1”, si colloca nell’area urbana della città di Napoli, più specificatamente nella zona industriale di S. Giovanni a Teduccio.

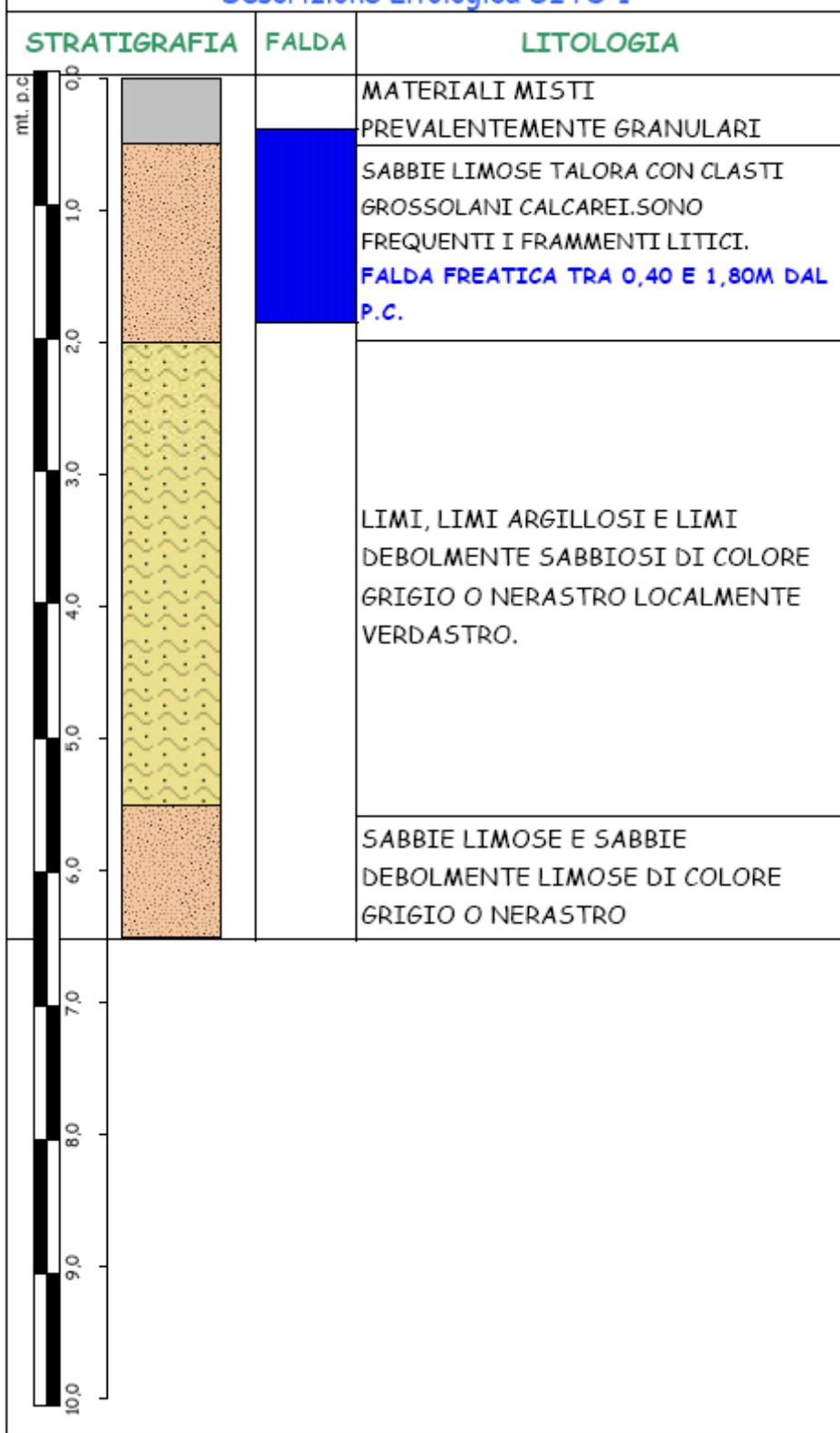
L’attività principale svolta presso questo stabilimento è la ricezione, lo stoccaggio e la distribuzione di prodotti petroliferi finiti (benzina, gasoli ed oli combustibili).

L’approvvigionamento avviene via mare, attraverso un oleodotto proveniente dalla darsena petroli.

Il rapporto tecnico realizzato illustra i risultati delle attività di monitoraggio delle acque di falda eseguite nel mese di maggio 2006.

La successione litostratigrafica locale, nota grazie alle indagini eseguite nel corso del Piano di caratterizzazione, è riportata nella figura seguente. La massima profondità di indagine raggiunta è stata – 6.5m dal p.c. con l’individuazione della falda freatica tra – 0,40 m e 1,80 m dal p.c.

Descrizione Litologica SITO 1



scala 1:50

#### 4.1 Falda.

Nella tabella 1 sono riportate le misure di soggiacenza della falda effettuata dal boccapozzo e le relative quote sul livello del mare.

Piezometro	Quota assoluta bocca pozzo (m s.l.m.)	Soggiacenza falda (m. da b.p.)												Quota assoluta falda (m s.l.m.) mag-06
		feb-99	nov-00	mag-01	nov-01	giu-02	mar-03	giu-03	mag-04	nov-04	mag-05	nov-05	mag-06	
F01*	2,770	0,41	0,40	0,40	0,55	0,94	0,45	0,52	0,52	0,40	0,54	0,51	0,56	2,210
F02*	2,570	0,30				0,18	0,34	0,47	0,35	0,10	0,30	0,12	0,64	1,930
F03*	2,600	0,57	0,49		0,67	1,02	0,58	0,64	0,56	0,50	0,83	0,51	0,71	1,890
F04*	4,510	0,71		0,88		0,95	0,95	2,42	2,29	3,20	0,72	1,50		
F06	3,140	1,10	0,98	1,12	1,10	1,46	1,01	1,07	1,02	0,92	1,09	0,78	0,94	2,195
F07	2,770	0,70	0,68	0,69	0,86	1,13	0,68	0,73	0,66	0,61	0,74	0,45	0,59	2,180
F08*	3,680	0,77		0,80		0,98	1,01	1,61	1,48	2,15	1,20	1,35	0,76	2,92
F09	2,550	0,20	0,18	0,30	0,31	0,64	0,28	0,25	0,26	0,25	0,37	0,10	0,27	2,280
F10	3,290	1,06	1,10	1,08	1,23	1,48	1,07	1,10	1,03	0,99	1,10	0,88	1,04	2,250
F11	3,750	1,31	1,28	1,32	1,44	1,72	1,35	1,38	1,37	1,20	1,46	1,12	1,35	2,400
F12*	2,810	0,72	0,63	1,65	0,77	1,13	0,70	0,74	0,70	0,63	0,79	0,65	0,89	1,920
F13	2,970	0,80	0,73		0,86	1,20	0,81	0,83	0,85	0,71	0,90	0,62	0,77	2,200
F14	2,580	0,60	0,57	0,60	0,73	1,01	0,62	0,64	0,61	0,52	0,71	0,44	0,59	2,285
F15*	2,960	0,77	0,63	0,76	0,81	1,19	0,76	0,79	0,77	0,66	0,85	0,72	0,85	2,010
F16	3,390	0,94	0,80	0,80	1,01	1,36	0,89	1,05	1,00	0,86	1,11	0,95	0,83	2,760
F17*	2,920	0,53	0,49	0,50	0,69	0,95	0,92	0,54	0,55	0,40	0,66	0,56	0,59	2,330
F18*	3,960	1,06		1,25	1,13		1,27		1,96	1,96	2,17	1,80	1,39	2,570
F19	3,970	1,54	1,17	1,95	1,58	2,09	1,61	1,71	1,62	1,47	1,73	1,35	1,68	2,365

(\*) : Piezometro attrezzato con sistema di amungimento

Tabella 1. Rilievo freaticometrico fino a Maggio 2006. (Fonte: Rapporto di monitoraggio. Maggio 2006)

Riportando su un grafico (fig.9) i valori delle soggiacenze della falda, misurate nel corso degli anni rispetto al tempo, è possibile osservare una stagionalità dell'andamento del livello di falda. La diminuzione delle precipitazioni nell'ultima stagione primaverile ha portato ad un generale abbassamento del livello di falda.

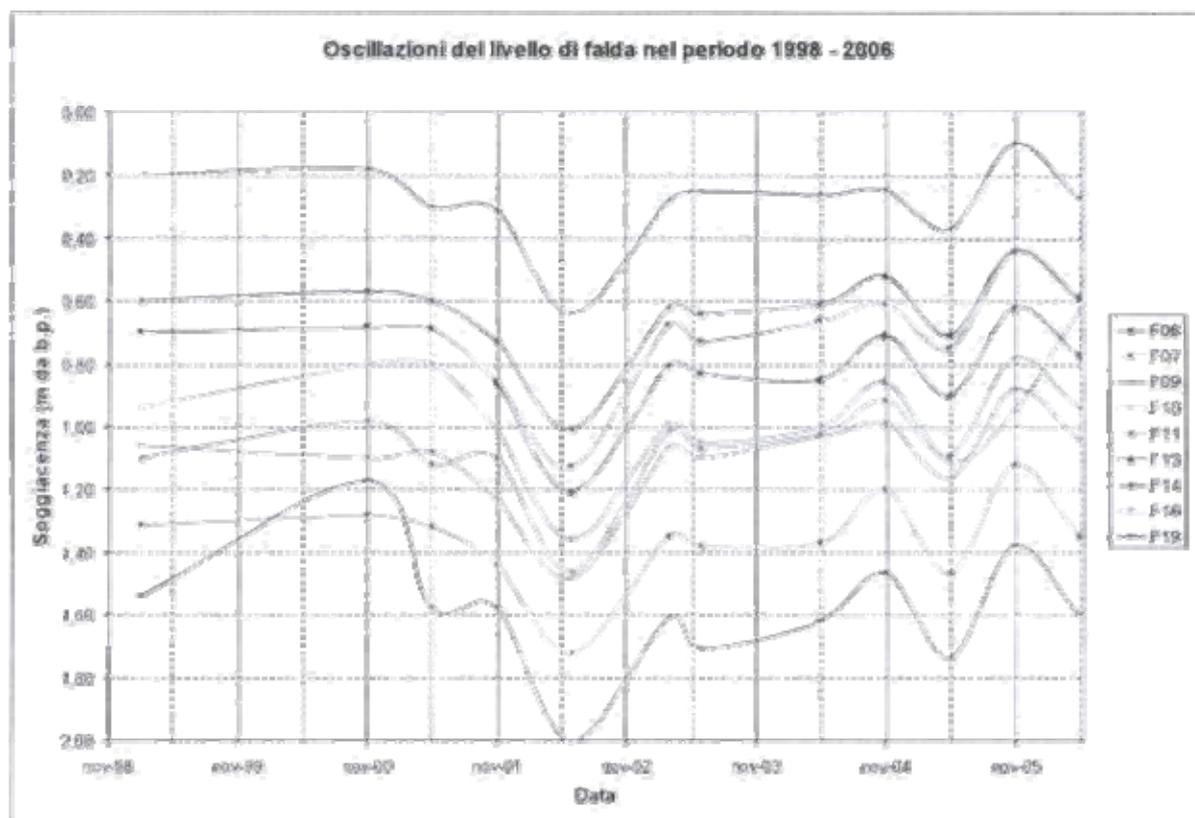


Fig.9 Andamento delle oscillazioni di falda fino a Maggio 2006. (Fonte: Rapporto di monitoraggio. Maggio 2006).

#### 4.2 Qualità delle acque sotterranee.

L'attività di campionamento, svolta da novembre 2005 a maggio 2006, ha previsto l'utilizzo del medesimo numero di punti di monitoraggio della campagna precedentemente realizzata nel sito (gen. 1999 – nov. 2001) ed ha permesso di ricostruire lo stato qualitativo delle acque di falda.

A conclusione delle analisi chimiche effettuate sui 19 campioni d'acqua prelevati dai piezometri nella campagna di monitoraggio, all'interno dell'acquifero superficiale sottostante l'area del deposito, è possibile rilevare che gli elementi che hanno superato le concentrazioni limite sopravanzando i limiti tabellari del D.Lgs. 152/2006 in entrambe le campagne sono i seguenti:

- Idrocarburi totali
- Piombo. I superamenti dei limiti di legge in alcuni dei piezometri posizionati nell'area si possono attribuire a valori di fondo naturale in quanto rilevati solo sotto forma di piombo inorganico mentre, il suo derivato organico, il piombo tetraetile mostra dei limiti inferiori a quelli strumentali.

- Arsenico, ferro, manganese, nichel e mercurio. Le elevate concentrazioni nelle acque di falda di questi elementi sono note esser presenti negli acquiferi del territorio napoletano; pertanto, dette quantità sono da ritenere riconducibili a valori del fondo naturale.

Gli autori, sulla base dei risultati ottenuti, ritengono che non tutti i contaminanti riscontrati nei piezometri analizzati si possano attribuire alle attività produttive svolte nel sito. In particolare, gli alifatici clorurati e i metalli sarebbero da ricondurre ad una contaminazione “regionale” della falda; quest’ultima risulterebbe danneggiata sia perchè rappresenta un orizzonte saturo molto prossimo ad una superficie topografica fortemente antropizzata e sia perchè è strettamente collegata ad un reticolo idrografico superficiale già compromesso.

## **SITO 2.**

### **5.1 Sito 2: Area Stabilimento ed Area Deposito.**

Il piano di caratterizzazione del “Sito 2” descrive in modo unitario lo stato del sottosuolo dell’area sulla base dei dati acquisiti in seguito a:

1. la campagna di investigazione effettuata tra l’agosto ed il dicembre 2002
2. la campagna di investigazione eseguita dal settembre al dicembre 2004.

Il sito è ubicato nel polo petrolifero di Napoli Orientale e si estende su una superficie complessiva di circa 95 ettari in un’area pianeggiante e leggermente degradante verso ovest, in direzione del mare; le aree sono ubicate a circa tre chilometri dal centro della città e a due chilometri dal porto.

Le aree sono suddivise in Area Stabilimento ed Area Deposito.

L’Area Stabilimento ha un’estensione di circa 90 ettari ed è suddivisa in una parte dismessa costituita dall’Area Raffineria e dall’Area Chimica, ed in una parte operativa, costituita dall’Area Depositi.

- ✓ Nell’*Area Raffineria* sono localizzati gli impianti di raffinazione del petrolio.
- ✓ Nell’*Area Chimica* sono localizzati gli impianti per la produzione di prodotti petrolchimici (prevalentemente monoaromatici e cicloesano);
- ✓ L’*Area Depositi* è l’area attualmente operativa e occupa una superficie di circa 45 ettari nella parte orientale dello stabilimento.

Il Deposito, di circa 5 ettari di estensione, è ubicato a circa 1 km a sud –ovest dell’area stabilimento; l’area è utilizzata per la ricezione, lo stoccaggio e la distribuzione dei prodotti neri (olio combustibile e prodotti per il bunkeraggio).

### **5.2 Il piano di caratterizzazione.**

I punti di campionamento sono stati scelti in modo tale da raggiungere una densità di sondaggi equivalente a quelli di una maglia 50x50. L’ubicazione dei sondaggi geognostici e dei pozzi di monitoraggio è stata stabilita considerando la distribuzione dei contaminanti e la collocazione degli impianti.

I carotaggi sono stati spinti ad una profondità pari a 8 metri dal piano campagna; lì dove era evidente la contaminazione la perforazione è stata spinta fino a raggiungere porzione di terreno non contaminata.

I pozzi di monitoraggio sono stati realizzati ad una profondità tale da intercettare lo strato saturo per almeno 7-8 metri ad una profondità media pari a 12 metri dal piano campagna.

Il monitoraggio delle acque di falda è stato eseguito attraverso il campionamento di 72 pozzi ubicati presso l'area Stabilimento (*fig.10*) e 14 presso il Deposito (*fig.11*).

Il dettaglio dei pozzi di monitoraggio campionati nell'area stabilimento è il seguente:

- 35 piezometri installati nella caratterizzazione precedente (anno 2002)
- 18 piezometri preesistenti già utilizzati nella caratterizzazione precedente (anno 2002)
- 15 piezometri installati nella caratterizzazione dell'anno 2004
- 4 piezometri preesistenti utilizzati nella caratterizzazione precedente dell'anno 2004.

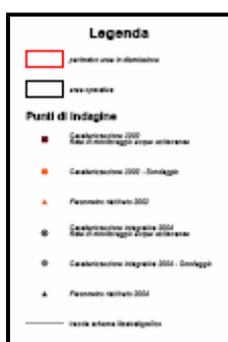
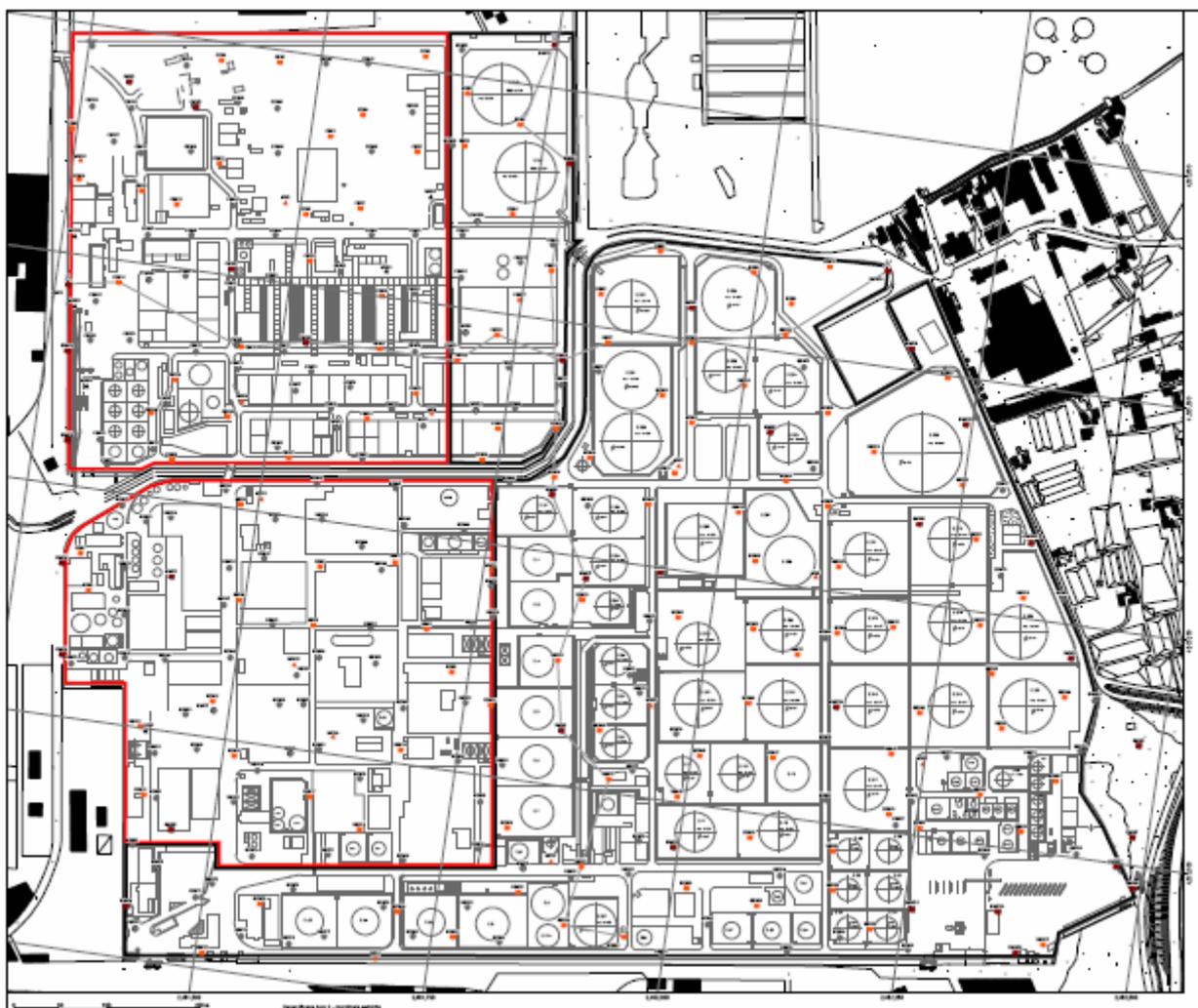


Fig. 10. Stabilimento. Ubicazione punti indagine e traccia degli schemi litostatigrafici. (Fonte: Relazione tecnica sito 2, Dicembre 2004)

Il dettaglio dei pozzi di monitoraggio campionati nell'area del Deposito è il seguente:

- 10 piezometri installati nella caratterizzazione del 2002
- 2 piezometri installati nel mese di Febbraio 2004
- 2 piezometri installati nella caratterizzazione del 2004.

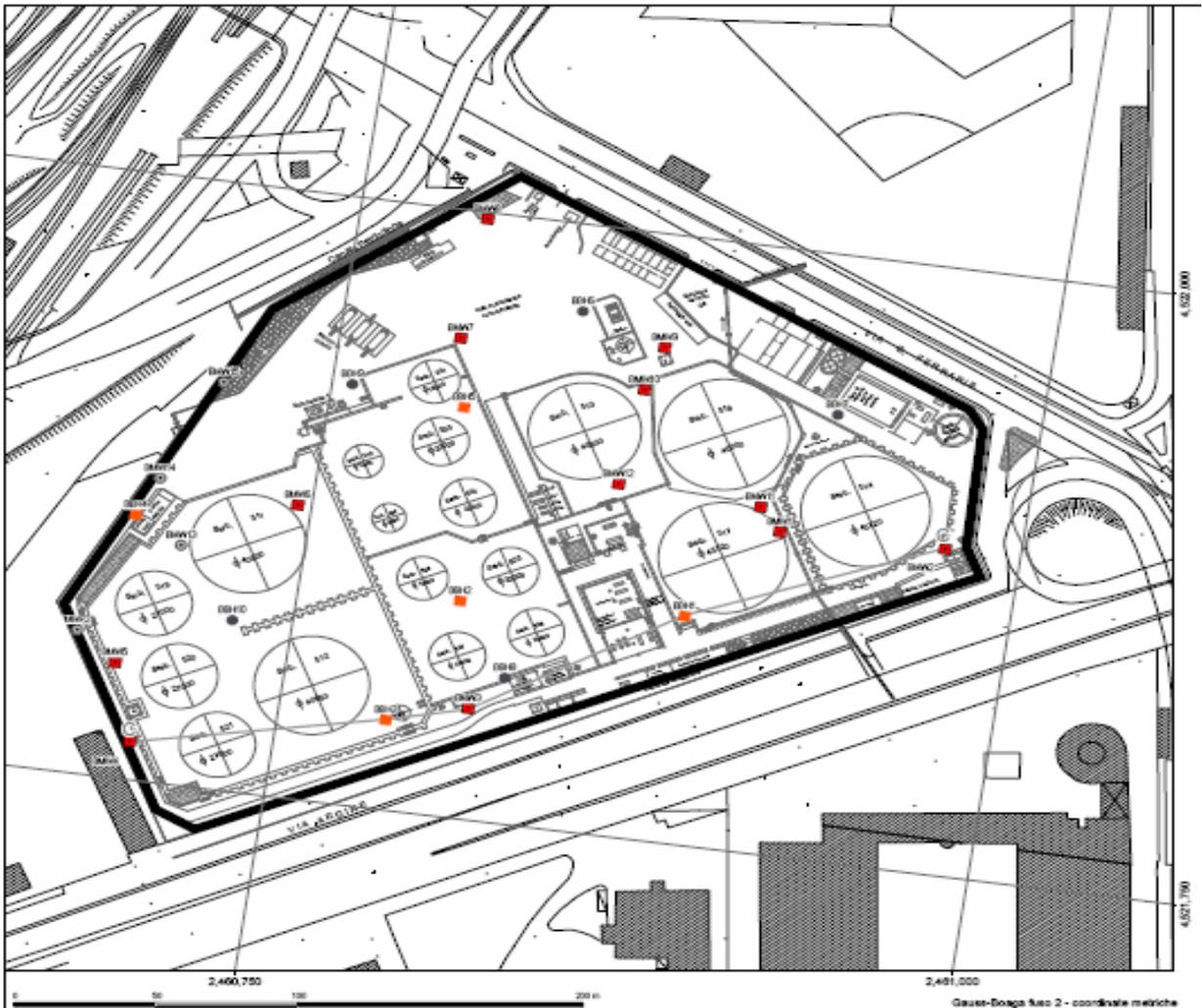
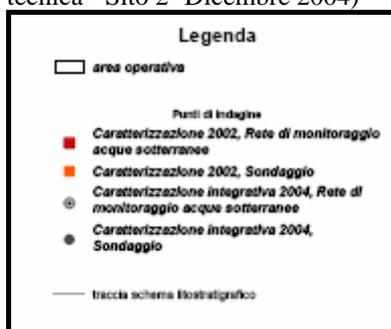


Fig.11. Area Deposito .Ubicazione punti indagine e traccia degli schemi litostratigrafici. (Fonte: Relazione tecnica - Sito 2- Dicembre 2004)



Sono di seguito riportate, nello specifico, le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area Stabilimento e dell'area Deposito.

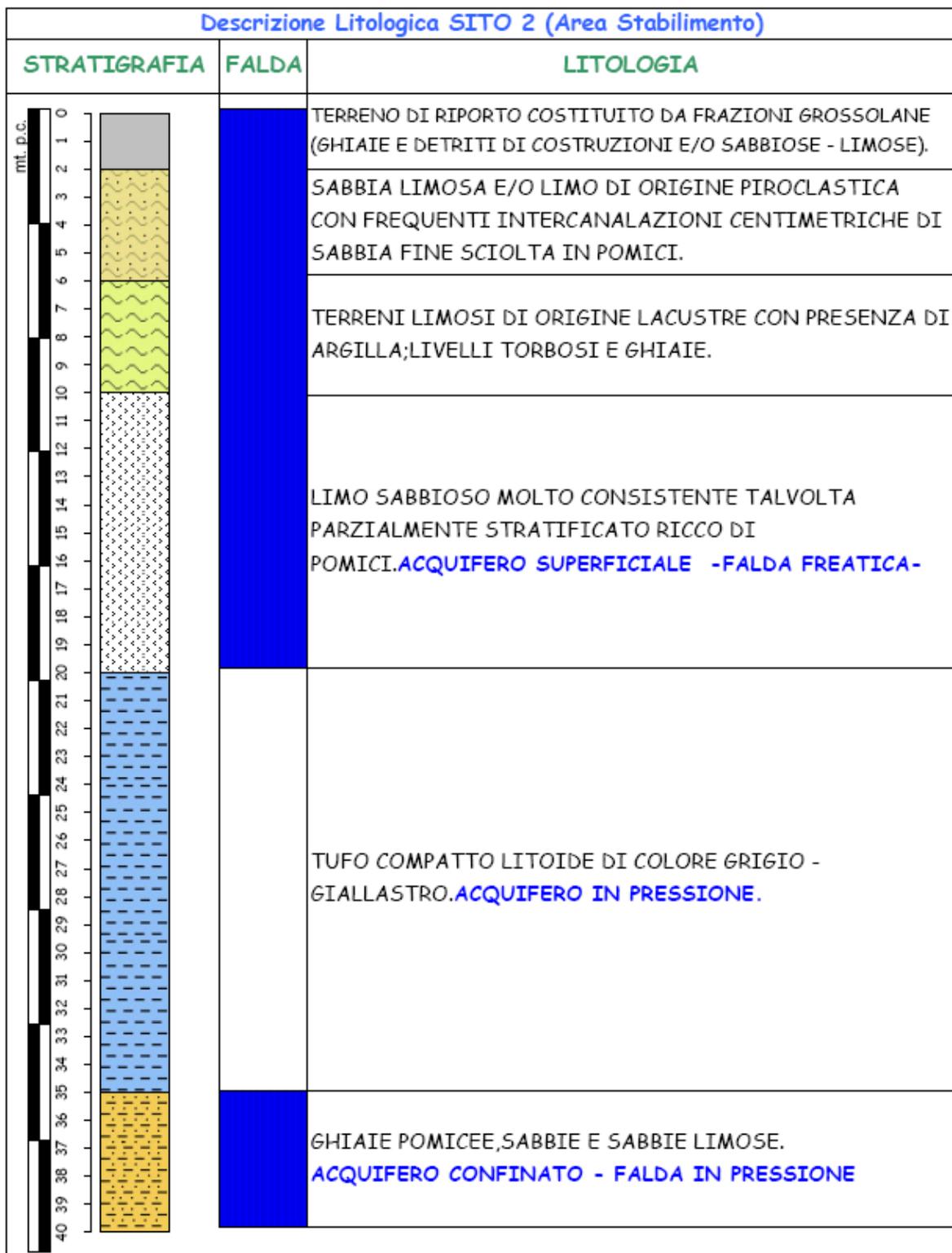
### **5.2.1 Area stabilimento**

L'Area Stabilimento è caratterizzata da una morfologia pianeggiante e debolmente degradante da est verso ovest (compresa tra gli 11 e i 4 metri sul livello del mare), occupa una superficie complessiva di circa 90 ettari.

I sondaggi effettuati per la realizzazione di alcuni pozzi industriali hanno evidenziato la presenza di un sistema multifalda costituito da tre corpi idrici principali.

1. Fino alla profondità di 20-25 metri si incontrano formazioni limose e sabbiose, localmente argillose, di origine prevalentemente piroclastica che costituiscono l'acquifero superficiale delimitato inferiormente da un livello di tufo grigiastro a bassa permeabilità di spessore compreso tra 5 e 10 metri; quest'acquifero contiene la falda freatica.
2. Al di sotto si osserva l'alternanza d'orizzonti costituiti da argilla sabbiosa e da sabbia limosa che costituiscono il secondo acquifero, in pressione, delimitato alla base da un corpo di tufo e lava compatta.
3. Alla profondità di 60-70 metri si rinviene un ulteriore livello di sabbia fine argillosa compatta, di spessore variabile dai 20 ai 40 metri, che costituisce la porzione superiore del terzo acquifero confinato contenente una falda in pressione.

La ricostruzione dell'assetto stratigrafico dell'Area Stabilimento è schematizzata nella figura seguente.



scala 1:50

I rapporti stratigrafici sono evidenziati in due profili (*figure 12 e 13*) costruiti sulla base dei sondaggi e dei pozzi selezionati lungo due direttrici perpendicolari che corrono in direzione nord-sud e est-ovest. I profili evidenziano una buona continuità areale dei principali corpi idrici, pur essendo presenti, a scala minore, variazioni litologiche che possono comportare variazioni locali della permeabilità dell'acquifero.

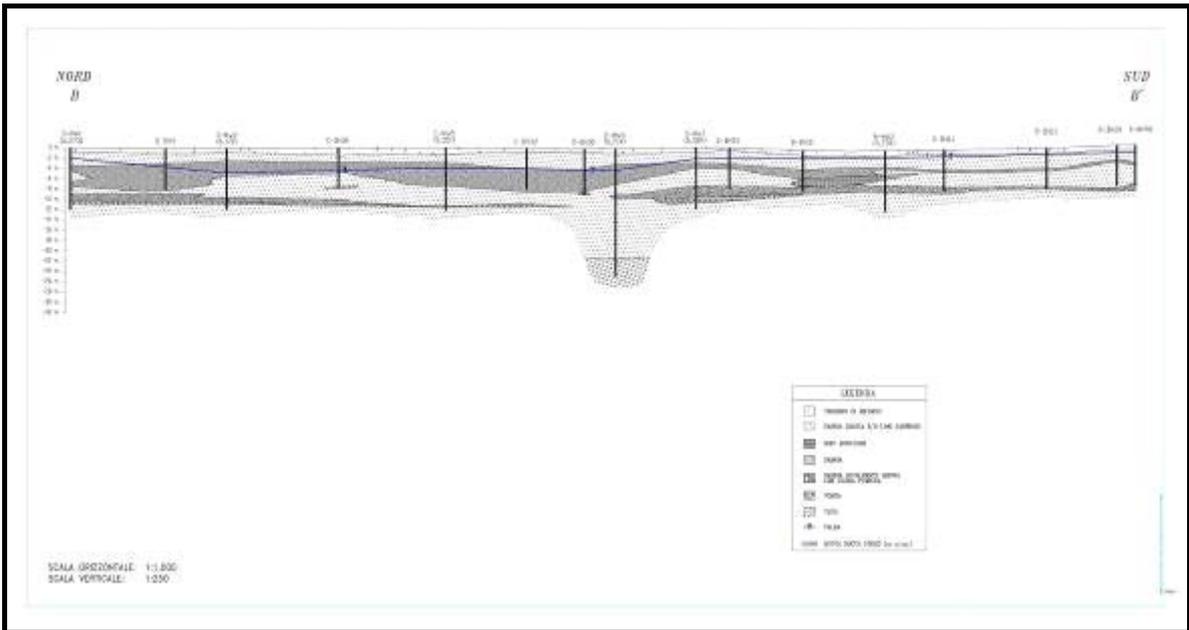


Fig. 12 Area stabilimento. Schema litostratigrafico del settore centrale. (Fonte: Relazione tecnica -Sito 2-Dicembre 2004)

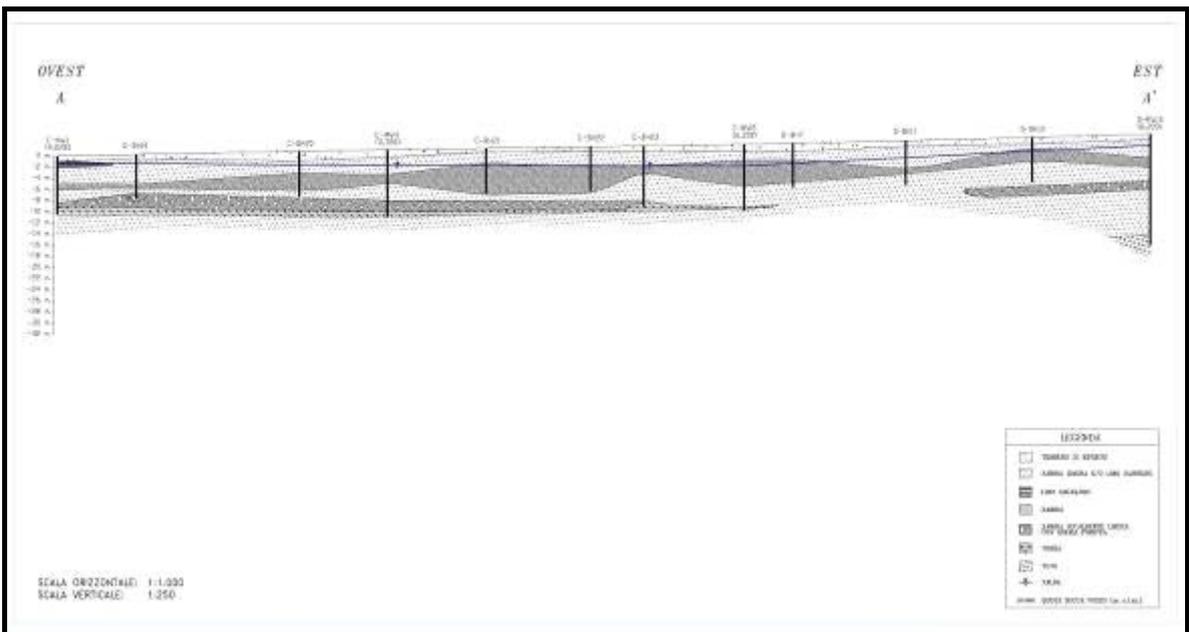


Fig.13 Area Stabilimento. Schema litostratigrafico del settore settentrionale. (Fonte: Relazione tecnica -Sito 2-Dicembre 2004).

La separazione idraulica tra l'acquifero superficiale e quelli profondi è confermata dal livello piezometrico dei pozzi profondi presenti nell'area della raffineria (che presentano i tratti fessurati a circa a 40-50, 70-80 e 90-100 metri di profondità dal piano campagna) più elevato rispetto a quello freatico. La separazione è confermata inoltre, dai caratteri chimici delle acque emunte a differenti quote.

La falda superficiale ha soggiacenza variabile da circa 1 metro (lungo il confine occidentale) a 3-4 metri (in corrispondenza del settore orientale); la direzione di deflusso

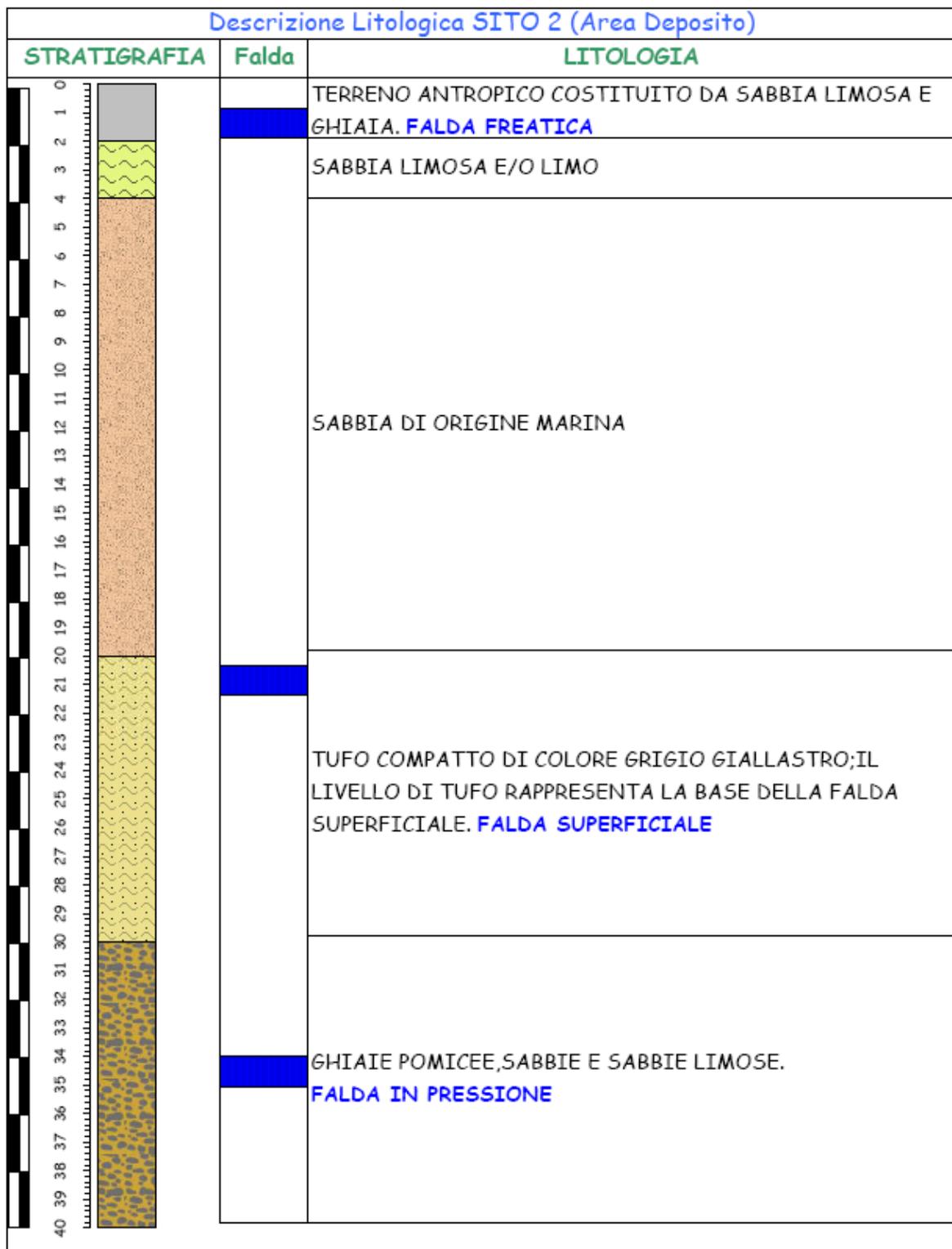
delle acque di falda è mediamente est-ovest, con una spiccata componente verso ovest sud-ovest nella parte occidentale dello stabilimento; il gradiente idraulico è compreso tra 0,3 e 0,5 %.

La permeabilità dei terreni che ospitano la falda superficiale è medio-bassa (compresa tra  $10^{-5}$  e  $10^{-6}$  m/sec) con locali variazioni, anche considerevoli, dovute alla discontinuità areale dei corpi acquiferi.

### **5.2.2 Area Deposito.**

La morfologia dell'Area Deposito mostra un andamento subpianeggiante con locali dislivelli di circa 3 metri.

La ricostruzione dell'assetto stratigrafico è schematizzata nella figura seguente.



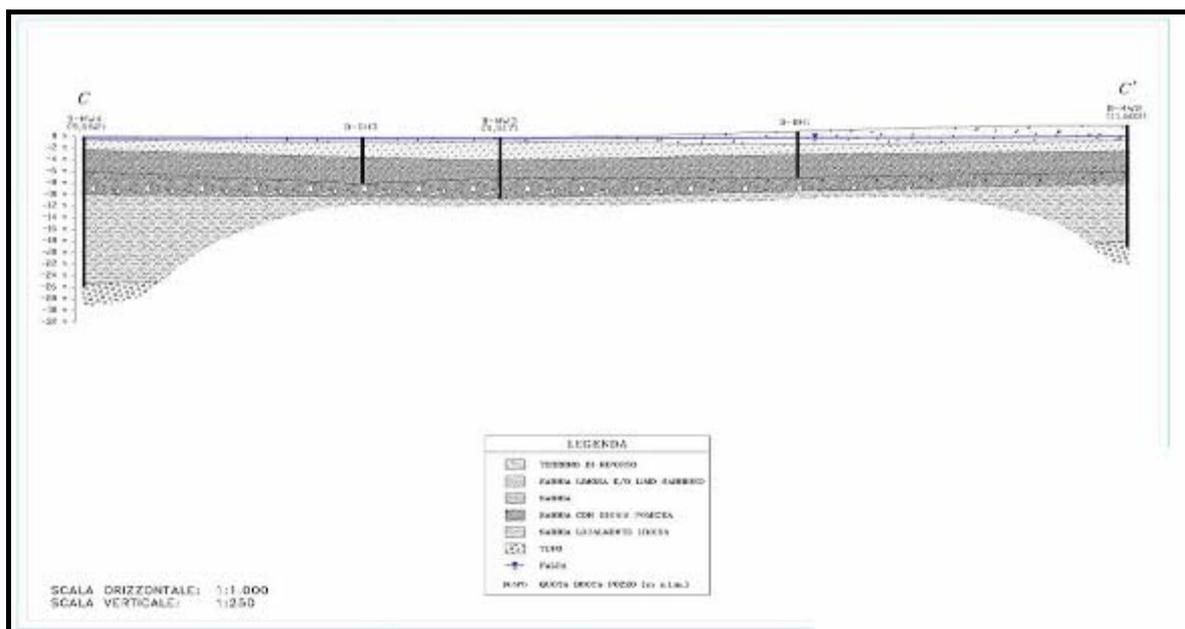


Fig.14 Area Deposito. Schema litostratigrafico.(Fonte: Relazione tecnica -Sito 2-Dicembre 2004).

La litologia prevalentemente sabbiosa dell'acquifero superficiale deriva dalla maggiore vicinanza al mare rispetto all'Area dello Stabilimento; l'area in origine ha fatto parte infatti, di una fascia di sistemi di dune costiere che ne hanno determinato il ristagno delle acque provenienti dal Bacino del fiume Sebeto.

Alla profondità di circa 70 metri (come si evince dai dati derivati dalla perforazione di un pozzo ad uso antincendio) si registra la presenza di un acquifero confinato contenente una falda in pressione avente livello piezometrico circa 1 metro al di sopra del piano campagna.

La soggiacenza della superficie della falda freatica è compresa tra 0,5 e 2 metri di profondità dal piano campagna; la direzione di deflusso delle acque sotterranee, coerentemente con la direzione di deflusso regionale è complessivamente verso sud-est in direzione del mare.

### 5.2.3 Sintesi dei risultati acquisiti dalla caratterizzazione del 2002.

I risultati acquisiti nell'ambito della prima campagna di investigazione presso l'area Stabilimento e l'area Deposito (Tabella 2) hanno permesso di delineare un quadro diffuso di alterazione delle componenti ambientali del sottosuolo (terreno, acque di falda e gas interstiziale) associato generalmente alla presenza di idrocarburi.

Area	Chimica	Raffineria	Depositi	Area Deposito	Aree esterne	TOTALE
<b>Sondaggi geognostici realizzati</b>	32	26	61	5	0	124
<b>Pozzi di monitoraggio realizzati</b>	5	4	18	8	8	43
<b>Pozzi di monitoraggio preesistenti</b>	5	7	6	0	0	18
<b>Punti di campionamento di soil gas</b>	101	0	0	0	0	101
<b>Campioni di terreno analizzati in laboratorio</b>	119	102	274	48	25	568
<b>Campioni di acqua di falda analizzati in laboratorio</b>	10	11	24	7	8	60
<b>Campioni di soil gas analizzati in laboratorio</b>	10	0	0	0	0	10

Tabella 2. Elenco attività di caratterizzazione anno 2002.

I settori centrali e meridionali della raffineria e del deposito sono risultati essere le aree maggiormente impattate da idrocarburi totali e MTBE, mentre il settore meridionale dell'area chimica è stato impattato dalla presenza d'idrocarburi aromatici.

La distribuzione degli idrocarburi nel sottosuolo ha interessato generalmente la fascia d'oscillazione della superficie freatica.

E' stata identificata la presenza di manganese, ferro e fluoruri nelle acque di falda e nelle acque superficiali in tutte le aree investigate in valori di concentrazione superiori ai limiti di riferimento di probabile origine naturale e comunque non correlabile alle attività del sito in questione (Sito 2).

Di seguito è riportata una sintesi dei fenomeni di contaminazione rilevati nelle diverse aree:

✓ Area Chimica.

La distribuzione degli idrocarburi nelle acque di falda riflette quanto riscontrato nel terreno; le concentrazioni più elevate, dell'ordine delle centinaia di migliaia di microgrammi per litro, sono state misurate nei pozzi di monitoraggio ubicati nel settore meridionale dell'area.

✓ Area Raffineria.

La distribuzione dei contaminanti nelle acque sotterranee riflette lo stato di contaminazione del terreno: nei pozzi ubicati in corrispondenza della parte centrale e orientale dell'area sono stati osservati valori di concentrazione di idrocarburi (totali e aromatici) e MTBE dell'ordine delle migliaia di microgrammi per litro; nel settore occidentale dell'area le concentrazioni osservate sono dell'ordine di qualche centinaio di microgrammi litro.

✓ Area Depositi.

La distribuzione dei contaminanti disciolti nelle acque di falda è pressoché omogenea in tutta l'area investigata, dove sono state misurate concentrazioni di idrocarburi (aromatici e totali) e MTBE dell'ordine delle migliaia di microgrammi per litro; i valori più elevati di

MTBE sono stati registrati in corrispondenza del settore centro-occidentale, in prossimità del confine con l'area raffineria.

✓ Area Deposito

L'area deposito è caratterizzata da un quadro diffuso di distribuzione di idrocarburi nel sottosuolo. Alcuni campioni di terreno analizzati sono risultati interessati dalla presenza di IPA in concentrazioni in eccesso rispetto ai limiti di riferimento. La presenza di prodotto in galleggiamento è stata osservata in un solo pozzo di monitoraggio (spessore apparente pari a circa 50 cm).

### **5.3 Conclusioni. Possibile Origine dei Fenomeni di Contaminazione.**

Il complesso delle investigazioni eseguite nel 2002 e nel 2004 ha essenzialmente confermato la presenza di fenomeni diffusi di contaminazione principalmente causati dalla presenza di idrocarburi nel sottosuolo delle aree investigate.

La natura delle non conformità individuate e la storia produttiva dei siti investigati hanno portato gli autori della Relazione Tecnica Descrittiva delle attività di caratterizzazione del sottosuolo del "Sito 2" a ritenere che tali fenomeni siano da attribuirsi a sorgenti localizzate, prevalentemente riconducibili agli eventi bellici trascorsi, a sversamenti accidentali o a pratiche operative risalenti al passato, tipicamente nei primi decenni di funzionamento dello stabilimento.

In base ai risultati dell'indagine di caratterizzazione, sono state identificate le aree risultate maggiormente indicative sotto il profilo ambientale in termini di contaminazione del terreno e delle acque di falda.

Nel seguito sono descritte le principali sorgenti dei fenomeni di contaminazione individuati e le conclusioni tratte dagli autori della Relazione Tecnica Descrittiva:

Area Raffineria: l'origine dei fenomeni di contaminazione, concentrati prevalentemente nel settore centrale e meridionale, è da ascrivere alla presenza d'impianti di raffinazione ora dismessi.

Area Depositi: l'origine dei fenomeni di contaminazione è da collegare a pratiche, oggi non più in corso, di gestione e manutenzione degli impianti di movimentazione e stoccaggio d'idrocarburi; attualmente questi impianti non determinano rilasci d'idrocarburi nel sottosuolo.

Area Chimica: l'origine della contaminazione del sottosuolo del settore meridionale, sempre secondo gli autori, è da attribuire alla presenza d'impianti di produzione, di stoccaggio e movimentazioni di prodotti ora in gran parte dismessi e smantellati.

Nell'Area Deposito, la distribuzione dei contaminanti è risultata omogenea in tutta l'area investigata; l'origine dei fenomeni di contaminazione è pertanto da ascrivere ad una situazione generalizzata di contaminazione dello strato di terreno corrispondente alla fascia d'oscillazione della superficie freatica, particolarmente marcata nel settore centro-meridionale.

## 5 SITO 3.

Il sito, ubicato nel quartiere di San Giovanni a Teduccio, è costituito da un'area industriale dismessa (fig.15).

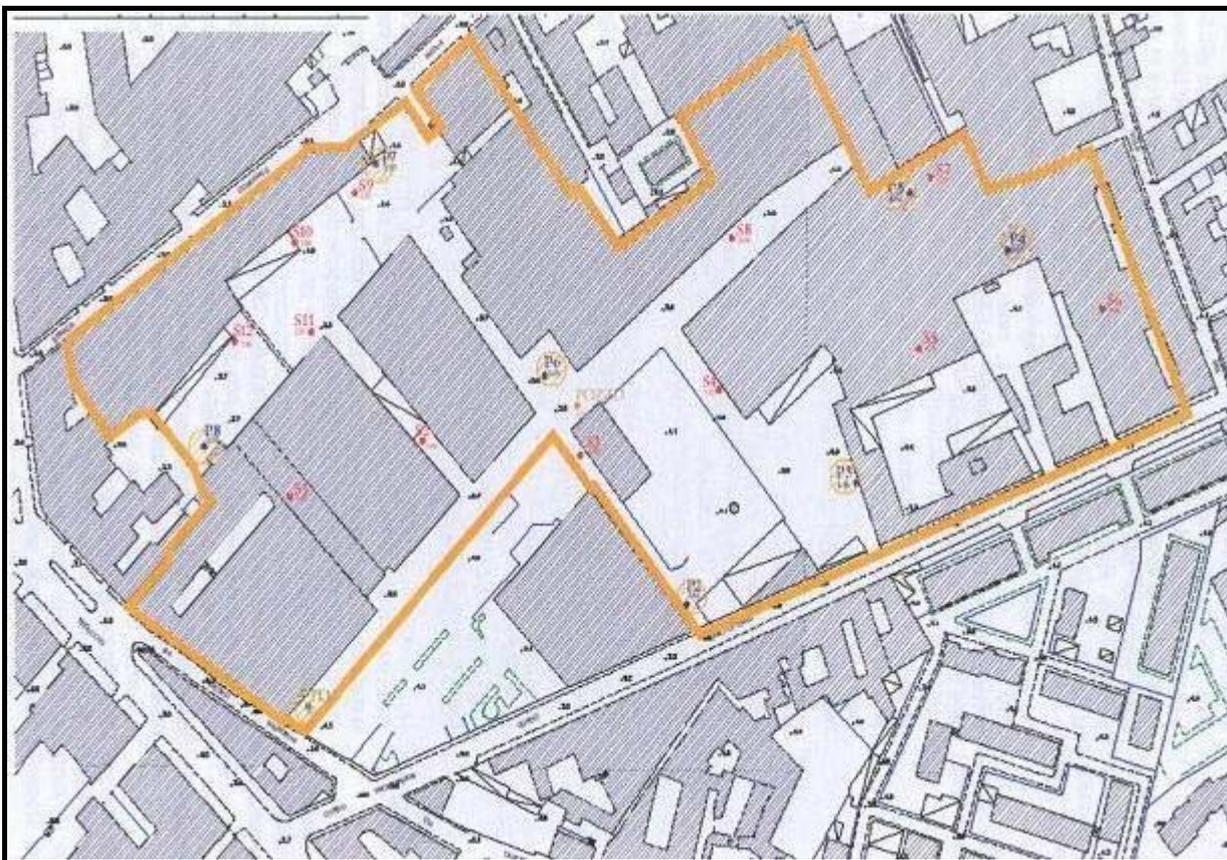


Fig.15.Ubicazione dei sondaggi e dei pozzi (campagna 2005) nell'area di intervento. (da: Relazione tecnica descrittiva. Revisione 20/2/2006).

Lo stabilimento ha operato nel settore agroalimentare ed, in particolare, nella lavorazione dei derivati del pomodoro, nella conserva degli ortaggi, nella preparazione di confetture, marmellate e succhi di frutta e nella preparazione di latte fresco e a lunga conservazione. In unione a queste attività, prettamente agroindustriali, si è sviluppato un comparto per la produzione dei contenitori di vetro.

Relativamente a questo sito sono stati realizzati:

- il piano di caratterizzazione presentato nel dicembre 2002 che è stato principalmente progettato con riferimento a tali aree ed ha previsto la realizzazione di 20 sondaggi a carotaggio continuo, 8 pozzi di monitoraggio della falda superficiale e 1 pozzo di monitoraggio profondo.

- la revisione della relazione tecnica presentata in data 20 febbraio 2006 che costituisce la prosecuzione logica degli elaborati “Piano di caratterizzazione di Napoli Orientale” .

La ricostruzione dell’assetto stratigrafico del sito è schematizzata nella figura seguente.

### Descrizione Litologica SITO 3

STRATIGRAFIA	FALDA	LITOLOGIA
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: 8px; margin-right: 5px;">mt. p.c.</div> </div>		<p>TERRENI DI RIPORTO ESTREMAMENTE VARIABILI PER GRANULOMETRIA E TIPOLOGIA</p>
		<p>PIROCLASTITI DI PROVENIENZA FLEGREA E VESUVIANA RIMANEGGIATE IN AMBIENTE FLUVIALE, PALUSTRE E COSTIERO. <b>ACQUIFERO PRINCIPALE</b></p>
		<p>LAVE DEL VESUVIO DI EPOCA STORICA. LAVE MOLTO PERMEABILI PER FRATURAZIONE.</p>
		<p>TUFI DELL'ATTIVITA' DEL SOMMA - VESUVIO (MESSA IN POSTO CIRCA 5.800 - 12.000 ANNI FA): SONO CARATTERIZZATI DALLA PRESENZA DI INCLUSI CARBONATICI E LAVICI CON LEUCITE.</p>
		<p>TUFO GIALLO NAPOLETANO (TGN) (MESSA IN POSTO CIRCA 5.800 - 12.000 ANNI FA): SI PRESENTA SIA IN FACIES LITOIDE (TUFO S.S.) CHE INCOERENTE (POZZOLANE). GLI SPESSORI MEDI SONO DI CIRCA 30 M.</p>
	<p>LAVE DEL SOMMA (MESSA IN POSTO TRA 14.000 E I 25.000 ANNI FA) CON SPESSORI FINO AI 30 M DI PROFONDITA'.</p>	

scala 1:50

La zonazione idrogeologica del territorio in esame può essere riassunta attraverso i seguenti rapporti stratigrafici:

- A. settore occidentale: con presenza di uno spessore del TGN superiore a 10 m, ove si ritiene che la falda freatica superficiale possa essere sufficientemente autonoma rispetto ad una circolazione idrica sotterranea più profonda ed a carattere regionale;
- B. settore orientale: in cui il TGN è assente e il livello di riferimento è costituito dai Tufi Vesuviani con spessore maggiore di 3-5 m. Dai dati di una prova di emungimento in questi materiali tufacei si evince una modesta permeabilità ( $1,3 \times 10^{-4}$  m/s) e quindi una possibilità di interscambio tra falda superficiale e falde profonde;
- C. settore centrale: caratterizzato dall'assenza di formazioni tufacee fino a una profondità accertata di 80-90 m. In questo settore la falda è quasi certamente unica, sia pure localmente frazionata nei livelli a maggiore permeabilità.

Il "Sito 3" è ubicato in corrispondenza del settore "B" in cui il Tufo Giallo Napoletano è assente e il livello di riferimento è costituito dai Tufi Vesuviani (*fig.16*). E' possibile ipotizzare quindi che, nell'area d'interesse, vi sia uno scambio tra la falda superficiale e quella profonda.

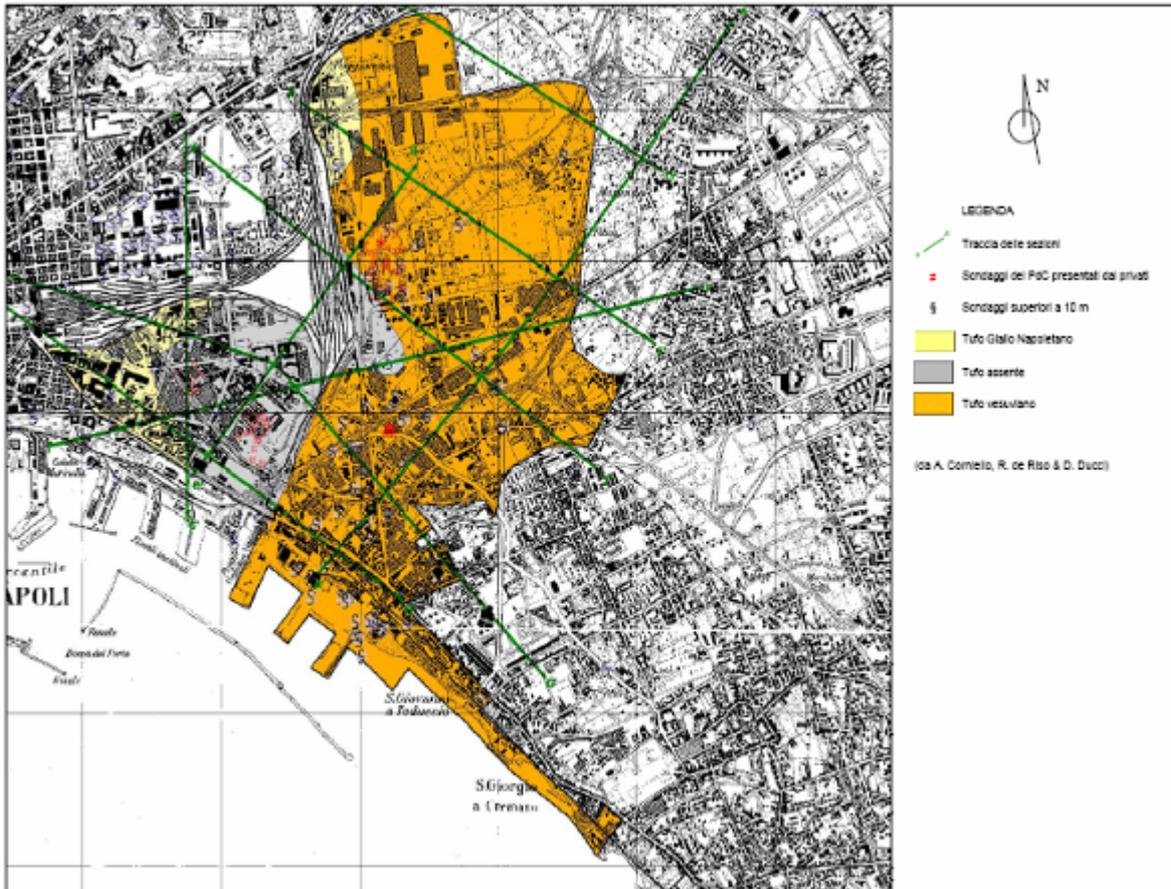


Fig.16 Sin “Napoli Orientale”. Inquadramento geologico. (da: Relazione Tecnica Descrittiva, agosto 2002).

Nel sottosuolo dell’area è presente un’attiva circolazione idrica sotterranea. La struttura dell’acquifero è assai articolata: i materiali piroclastici e sedimentari che lo costituiscono presentano, infatti, continue variazioni granulometriche sia in senso orizzontale che verticale.

Conseguenza dell’eterogeneità granulometrica e delle caratteristiche di permeabilità dei terreni presenti è la difficile individuazione dei livelli a bassa permeabilità con una continuità sufficiente a frazionare l’acquifero in più strati distinti. La falda tende pertanto a digitarsi in più livelli, corrispondenti ai materiali grossolani e variamente interconnessi, ma conservando sempre carattere d’unicità.

La soggiacenza attuale, nella maggior parte del territorio in esame è inferiore ai 3-5 m dal piano campagna e quindi la falda è in grado di interagire fortemente con le opere in sottoterraneo. In *Figura 17* è riportata la mappa della soggiacenza della falda in base alle rilevazioni effettuate nel periodo 1999-2000. Il confronto tra la media dei dati acquisiti dall’Ufficio Difesa del Suolo e precedenti valori piezometrici ha evidenziato un innalzamento delle quote piezometriche registrato negli ultimi anni, soprattutto nell’area

intorno della Stazione Centrale. Tale innalzamento è dovuto probabilmente alla diminuzione dei prelievi legata alla riduzione delle attività industriali locali.

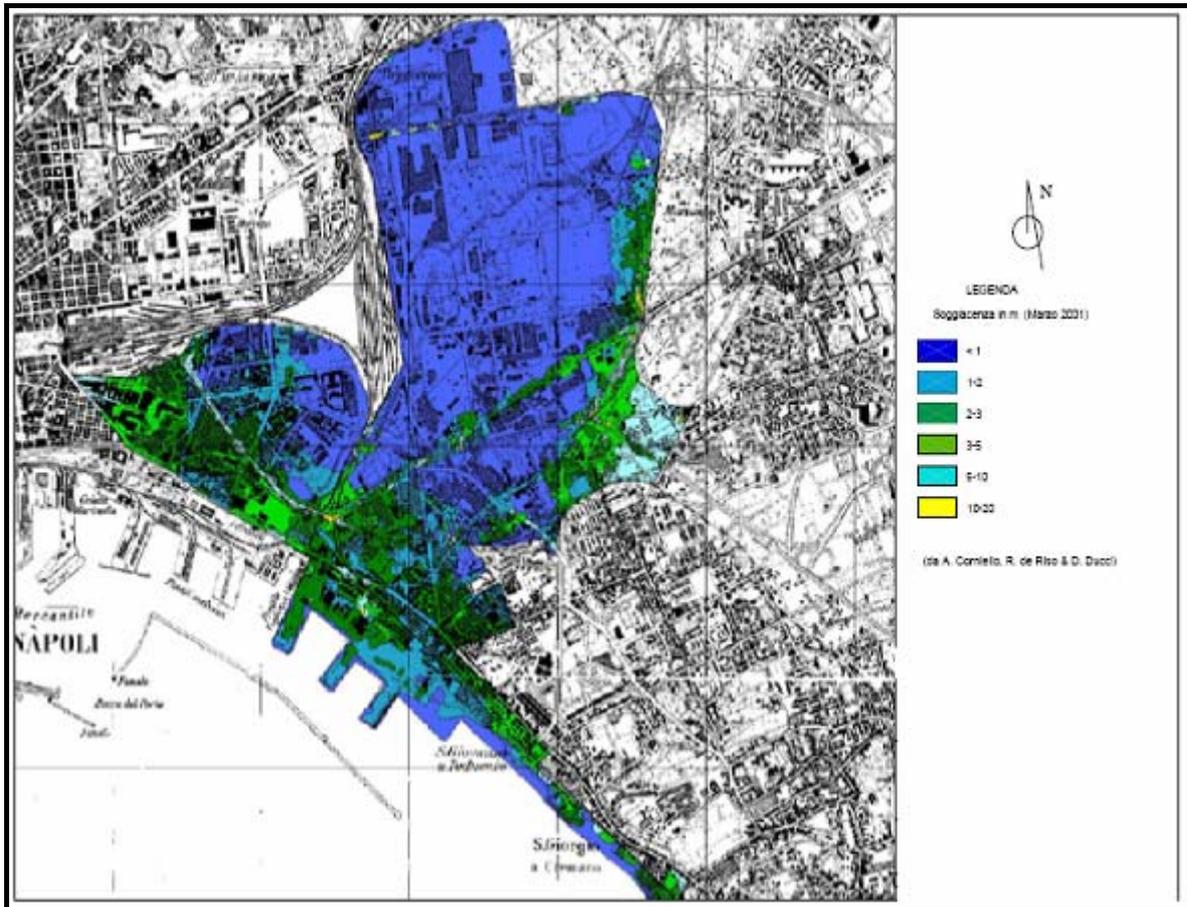


Fig.17 Sin “Napoli Orientale”. Soggiacenza della falda. (da: Relazione Tecnica Descrittiva, agosto 2002).

Il deflusso sotterraneo è, a grande scala, prevalentemente orientato da NE verso SO; in *Figura 18* è riportata una planimetria dell’area con la piezometria massima ricavata dalle misurazioni effettuate nel periodo 1999-2000. Nella zona dello stabilimento i valori della piezometria massima sono compresi tra 3 e 5 m s.l.m.

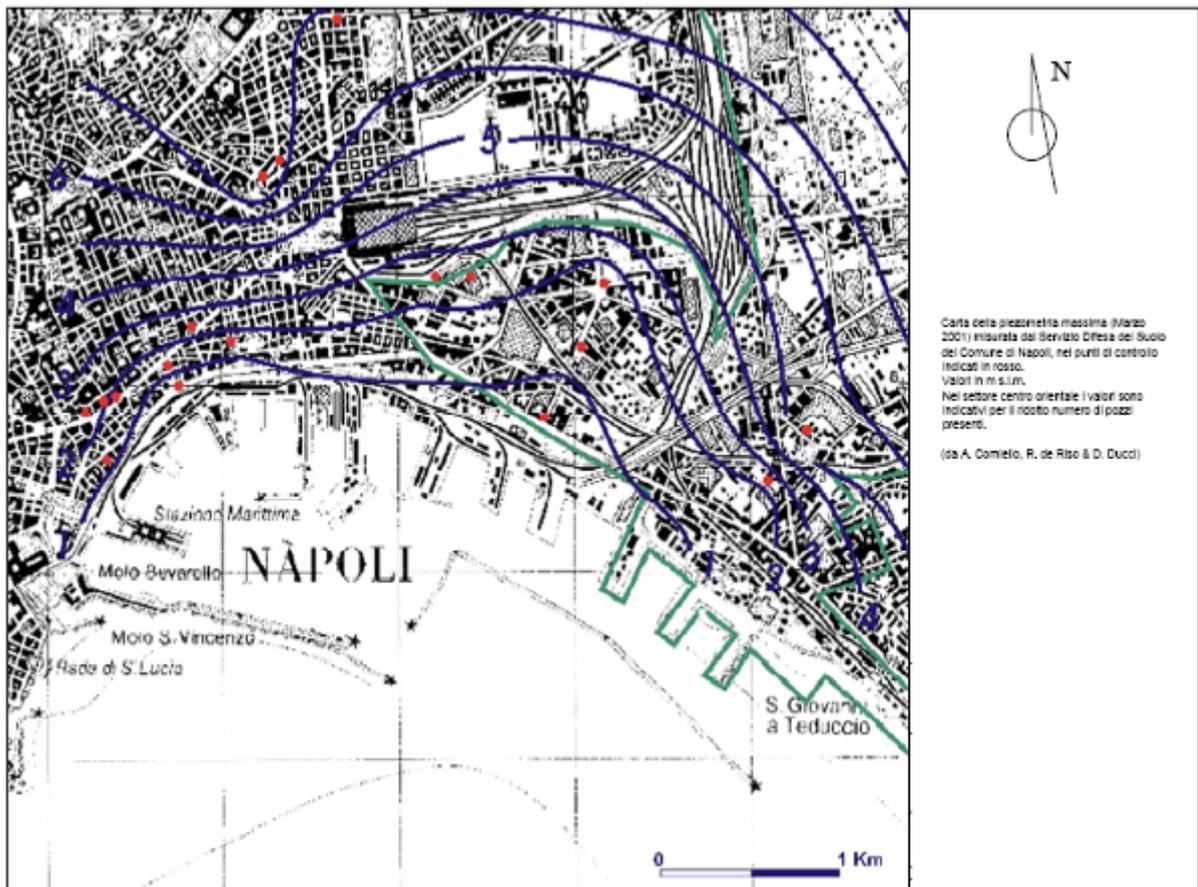


Fig. 18. Sin “Napoli Orientale”. Carta della piezometria. (da Relazione Tecnica Descrittiva, agosto 2002).

Le informazioni desunte dal piano di caratterizzazione riguardano principalmente la falda e la qualità delle acque.

### 6.1 Falda.

Per quel che riguarda la posizione della falda, in base ai dati ottenuti nella campagna di monitoraggio tra il 1999 ed il 2000 riguardanti l’assetto stratigrafico del sottosuolo del sito, quella più superficiale sembra localizzata a profondità prossime ai 3-5 metri rispetto al piano campagna.

### 6.2 Qualità delle acque sotterranee.

Per la qualità delle acque sotterranee invece, in relazione ai caratteri idrogeochimici, è da evidenziare che l’acquifero dell’area presenta frequentemente elevate concentrazioni di ferro e manganese nelle acque dei pozzi profondi. La causa di questo fenomeno è da ricercare in primo luogo nella bassa velocità di filtrazione nell’acquifero e nella struttura dello stesso (terreni porosi, suddivisi in livelli discontinui a diversa permeabilità, frequentemente sovrastati da terreni tufacei poco permeabili e diffusa presenza di materiale

organico del tipo paleosuoli e torbe). In tali condizioni le acque, d'infiltrazione e/o legate ai travasi dai rilievi carbonatici, pervengono pressoché prive d'ossigeno ai livelli acquiferi più profondi. S'instaura qui un ambiente anaerobico nel quale un ulteriore consumo di sostanza organica può avvenire, ad esempio, a spese d'ossidi di Fe e Mn presenti nel terreno con successivo passaggio in soluzione degli elementi stessi.

Il fenomeno naturale, così come delineato, può localmente essere accentuato dall'immissione di reflui organici nel sottosuolo (ad esempio per mezzo di pozzi disperdenti): in tal modo l'acquifero è rifornito di sostanze che accelerano il consumo di ossigeno. In alcuni settori, poi, sono elevati i tenori di F dovuti ad apporti d'origine profonda.

### 6.3 Relazione Tecnica (revisione del 20/2/2006).

In data 20 febbraio 2006 è stata presentata una revisione della relazione tecnica che costituisce la prosecuzione logica degli elaborati "Piano di caratterizzazione di Napoli Orientale" – Piano di Caratterizzazione ai sensi del D.M. 471/99 del Sito 3 e "Attuazione del Piano di Caratterizzazione – Indagini Ambientali del settembre 2005.

La campagna di indagine è stata completata con la realizzazione di 12 sondaggi e la messa in posto di 8 piezometri; inoltre, sono stati prelevati dei campioni di terreno e di acque a profondità comprese tra 3 m e 10m dal p.c. (ad eccezione di un sondaggio profondo P1T1 effettuato a -70m dal p.c.)

Nelle *tabelle 3 e 4* che seguono sono riportate le specifiche di ogni sondaggio effettuato accompagnate dalle coordinate piano – altimetriche , la tipologia del campione prelevato, la quantità di campioni per ciascun sondaggio e la profondità del prelievo.

<i>Sondaggio</i>	<i>Est</i>	<i>Nord</i>	<i>Quota p.c. (m.s.l.m.)</i>
S1	2 461 319,46	4 520 859,97	3,60
S2	2 461 325,94	4 520 880,11	3,84
S3	2 461 442,89	4 520 874,85	3,48
S4	2 461 501,71	4 520 898,52	3,92
S5	2 461 586,86	4 520 913,27	4,51
S6	2 461 664,96	4 520 927,76	4,68
S7	2 461 591,95	4 520 925,36	4,57
S8	2 461 507,28	4 520 953,34	3,94
S9	2 461 347,30	4 520 969,77	3,82
S10	2 461 321,74	4 520 951,96	3,83
S11	2 461 328,72	4 520 919,53	3,80
S12	2 461 296,06	4 520 916,24	3,80
P1T1	2 461 327,81	4 520 783,91	4,04
P2	2 461 488,06	4 520 820,69	3,46
P3	2 461 569,13	4 520 864,82	4,18
P4	2 461 624,68	4 520 949,10	4,69
P5	2 461 582,98	4 520 969,79	4,46
P6	2 461 427,69	4 520 903,69	3,65
P7	2 461 356,10	4 520 980,51	3,69
P8	2 461 282,92	4 520 828,25	3,58

Tabella 3. Coordinate piano-altimetriche e quota dei sondaggi. (da Relazione Tecnica Descrittiva. Revisione del 20/02/2006 – Sito 3 -).

<b>Sondaggio</b>	<b>Profondità da p.c. (m)</b>	<b>Campioni terreno</b>	<b>Campioni acque</b>
S1	3	2	-
S2	3	2	-
S3	5	4	-
S4	3	2	-
S5	3	2	-
S6	3	2	-
S7	3	2	-
S8	3	2	-
S9	3	2	-
S10	3	2	-
S11	3	2	-
S12	3	2	-
P1T1	70	3	1
P2	10	3	1
P3	10	3	1
P4	10	3	1
P5	10	3	1
P6	10	3	1
P7	10	3	1
P8	10	3	1

Tabella 4. Profondità da p.c., campioni di terreno, campioni delle acque. (da Relazione Tecnica Descrittiva. Revisione del 20/02/2006– Sito 3 - ).

L'analisi effettuata attraverso la comparazione dei valori rilevati nel sito in esame e considerando i limiti tabellari di cui al D.M.A. 471/99 evidenzia, per i terreni, una sostanziale conformità ai limiti sopracitati.

Ben diversa è risultata essere la situazione relativa alle acque profonde per cui sono state riscontrate concentrazioni di inquinanti superiori ai rispettivi valori limite di cui al D.M.A. 471/99 come si evince dalla *tabella 5*:

<b>Campione</b>	<b>Contaminante</b>
P1T1	As, Fe, Mn.
P2	Al, Mn, Tricloroetilene
P3A1	Fluoruri, Al, As, Fe, Mn, Pb, Benzo (g,h,i)perilene, IPA <sub>tot</sub> , Cloroformio
P4A1	Fluoruri, Al, As, Fe, Mn, Pb, Tricloroetilene
P5	As, Mn, Tricloroetilene
P6A1	Al, As, Fe
P7	Mn
P8A1	Fluoruri, Al, Fe, Mn, Pb,

Tabella 5. Ubicazione dei campioni e tipologia del contaminante (da Relazione Tecnica Descrittiva. Revisione del 20/02/2006 – Sito 3 -).

In relazione alla presenza di contaminanti si richiama quanto già riportato nel “Piano di caratterizzazione di Napoli Orientale – Piano di Caratterizzazione ai sensi del D.M. 471/99 del “ Sito 3 “ del Dicembre 2002, ed in particolare alla già riscontrata presenza, negli

acquiferi della macroarea, di elevate concentrazioni di ferro e manganese fluoruri che, secondo gli autori del Piano di Caratterizzazione non sono attribuibili né ai cicli lavorativi effettuati nello stabilimento, né ad attività localizzate esternamente all'area in esame.

Considerando, infatti, che le materie prime utilizzate nei cicli lavorativi dello stabilimento sono rappresentate da ortaggi, frutta, sabbia silicea (per la produzione del vetro) è difficile ipotizzare che le sostanze inquinanti si siano originate in seguito ai cicli lavorativi.

Analogamente a quanto detto nel documento di caratterizzazione presentato nel Dicembre 2002, “la causa di questo fenomeno, sempre secondo gli autori che hanno redatto il Piano, è da ricercare in primo luogo nella bassa velocità di filtrazione nell'acquifero e nella struttura dello stesso (terreni porosi, suddivisi in livelli discontinui a diversa permeabilità, frequentemente sovrastati da terreni tufacei poco permeabili e diffusa presenza di materiale organico del tipo paleosuoli e torbe). In tali condizioni le acque d'infiltrazione e/o legate ai travasi dai rilievi carbonatici pervengono pressoché prive d'ossigeno ai livelli acquiferi più profondi; s'instaura qui un ambiente anaerobico nel quale un ulteriore consumo di sostanza organica può avvenire, ad esempio, a spese d'ossidi di ferro e manganese presenti nel terreno con successivo passaggio in soluzione degli elementi stessi”.

Le campagne di campionamento effettuate nell'estate 2005 hanno evidenziato dunque, la presenza limitatamente alle acque sotterranee, di metalli pesanti, fluoruri e sostanze complesse.

L'estensione della contaminazione è di circa 59.000 m<sup>2</sup> e la porzione dell'acquifero contaminato è dell'ordine di 1.000.000 m<sup>3</sup> considerato uno spessore medio di 17,00 metri, definito dalla quota media della falda (sita a circa -1,00 metro dal p.c.) e dall'orizzonte basale di tufo (mediamente rinvenibile a -18,00 m dal p.c.); tali volumetrie non tengono conto delle eventuali porzioni contaminate della falda profonda perché per quest'ultima si dispone solo dei dati relativi ad un solo campione (P1T1) che non è rappresentativo.

Con particolare riguardo alle matrici ambientali quali acque superficiali, sotterranee e suolo, di seguito sono elencati i risultati delle analisi effettuate nel sito:

- Per quel che concerne le acque superficiali nell'area di pertinenza del “Sito 3” non sono stati rinvenuti corpi idrici superficiali se si esclude ovviamente il mare che dista circa 500 m dall'area; quest'ultimo rappresenta il ricettore finale d'eventuali contaminanti presenti nelle acque di falda trovandosi a valle della direzione di deflusso della falda.

- Le acque sotterranee a differenza di quelle superficiali, dell'atmosfera e del suolo, rappresentano la componente ambientale maggiormente compromessa.

Dall'analisi delle indagini geochimiche effettuate, le acque di falda soggiacenti l'area mostrano significative concentrazioni di ferro e manganese e fluoruri non attribuibili però alle attività lavorative effettuate nello stabilimento o al rilascio di percolati da parte dei rifiuti ancora presenti nell'area, mentre è riconoscibile un'origine solo in parte "esogena" per i metalli pesanti ed assimilabili (Al,As,Pb) , idrocarburi (Cloroformio, Tricloroetilene, IPA), rilevati in concentrazioni superiori ai rispettivi limiti tabellari di cui al D.M.A. 471/99.

Le concentrazioni riscontrate hanno valori massimi di concentrazione di qualche microgrammo/litro per i composti organici in alcuni campioni per salire poi a qualche mg/l per il ferro, l'alluminio e i fluoruri come riportato per i parametri più significativi nella seguente tabella:

Analita	Limiti Tab. "A" D.M.471/99	P1T1	P2	P3A1	P4A1	P5	P6A1	P7	P8A1
FLUORURI	1500	<100	<100	1800	2600	<100	500 < 100		2400
ALLUMINIO	200	<10	440	7000	6000	<10	3700 < 10		2500
ARSENICO	10	11,6	7,7	10,5	16	12	14,7	5	7,2
FERRO	200	210	140	3400	2500	<5	910	190	740
MANGANESE	50	410	260	230	380	120	40	650	150
PIOMBO	10	0,3	1,2	22	17	0,4	5,5	0,3	12
RAME	1000	<0,1	2,1	17	14,5	0,8	15	1,3	5,1
BENZO (g.k.l.)	0,01	<0,005	<0,005	0,029	<0,005	<0,00		<0,005	<0,00
PERILENE						5		<0,005	5
IPA TOTALI	0,1	<0,03	<0,03	0,18	<0,03	<0,03		<0,03	<0,03
CLOROFORMIO	0,15	<0,04	<0,04	1,24	<0,04	<0,04		<0,04	<0,04
TRICLOROETILENE	1,5	<0,02	2,96	0,68	2,16	2,31		0,4	0,58

Tabella 6. Concentrazioni degli analiti presenti nelle acque. (da – Sito 3 -Relazione Tecnica Descrittiva. Revisione del 20/02/2006).

- Solo la diffusione dei percolati negli strati di fondo proporzionalmente alla permeabilità degli strati può costituire l'unica via di potenziale contaminazione; la notevole variabilità litologica verticale dell'area napoletana e del sito di conseguenza, non escluderebbe questa ipotesi.

## 7 CONCLUSIONI.

Lo studio e la determinazione dello stato qualitativo delle risorse idriche sotterranee del sito Napoli Orientale non può prescindere dalla caratterizzazione della contaminazione di fondo delle matrici ambientali. Soltanto separando i processi naturali da quelli causati dalle attività antropiche che influiscono sul sistema, è possibile individuare la probabile evoluzione spaziale e temporale dei fenomeni d'inquinamento. A tal proposito, è nata la necessità di paragonare i piani di caratterizzazione dei principali siti per poter tracciare, qualora possibile, una distribuzione spaziale della fonte di inquinamento.

Dal confronto dei quattro piani di caratterizzazione esaminati (Sito SIN -Napoli Orientale-, Sito 1, Sito 2 e Sito 3) è emerso che le metodologie di analisi e campionamento e il grado di approfondimento delle indagini sono stati differenti per ciascun sito.

A differenza del piano di caratterizzazione redatto da P.Celico, L. Esposito, S. Fabbrocino (Sito SIN -Napoli Orientale) in cui sono stati indicati solo i punti di monitoraggio (26 punti) e non le modalità di esecuzione delle analisi e di prelievo delle acque nei pozzi, dei quali, peraltro, non è nota né la profondità, né la stratigrafia, né il condizionamento, nei piani di ciascun sito sono fornite tutte le informazioni necessarie a ricostruire la cronistoria delle indagini.

A tal proposito, il programma d'indagini che si è spinto a maggiore profondità è stato quello realizzato per il "Sito 3" in cui si sono raggiunti i 100 m di profondità, seguito dal "Sito 2" in cui si è raggiunta la massima profondità d'indagine pari a 70 m dal p.c.

Nel deposito del "Sito 1" invece, si è raggiunta la minima profondità d'indagine pari a 6,5 m dal p.c.

Anche per quel che riguarda la maglia del campionamento realizzata per ciascun sito ci sono state delle differenze; per la caratterizzazione del "Sito 1" in entrambe le campagne di indagini ( gen.1999 – nov.2001; 2005 – 2006) sono stati effettuati 19 punti di monitoraggio in cui è stata individuata la falda freatica ad una profondità variabile tra i 0,40 e 1,80 m dal p.c.

Per il "Sito 2" i campioni raccolti sono stati 32 di acqua superficiale e 3 di acqua profonda con il posizionamento dei piezometri fessurati a -40/-50, -70/-80, -90/-100m di profondità dal p.c.

Per il “Sito 3” infine, sono stati realizzati 20 sondaggi a carotaggio continuo di cui 8 attrezzati con piezometri per il monitoraggio della falda superficiale individuata ad una quota di -3/-4 m dal p.c.

Gli analiti esaminati nei campioni di acque raccolti, sia superficiali che profonde, sono riassunti nella tabella seguente (*tabella 7*).

I dati ottenuti hanno consentito di stabilire se i tenori dei principali contaminanti esaminati quali fluoruro, manganese, ferro ed idrocarburi totali superassero i limiti tabellari stabiliti dal D.M. 471/99 prima e dal D.Lgs 152/06 poi.

Quello che è emerso dallo studio condotto è che per ciascun sito viene superato il limite di concentrazione massima ammissibile per tutti i contaminanti suddetti (ovvero per il ferro e manganese, i fluoruri e gli idrocarburi totali).

Come si evince dalla tabella, inoltre, sono stati analizzati molti altri composti sia nelle acque superficiali che profonde; il grado di approfondimento delle indagini, per quel che concerne i contaminanti, è stato dunque discrezionale per ogni sito.

<b>Sito</b>	<b>Analiti</b>
<b>SIN relazione di Celico et alii. (luglio 2002)</b>	Azoto ammoniacale, Fluoruri, Mn, Fe, Nitrati, Pb, Cd, Ni, Idrocarburi e Fenoli.
<b>“Sito 1” Deposito (campagna gen.1999- nov. 2001)</b>	Idrocarburi totali, Pb, As, Fe Mn, Nichel, Hg.
<b>“Sito 1” Deposito (campagna semestre 2005 e semestre 2006)</b>	As, Fe, Mn, Hg, Pb, idrocarburi totali, cloroformio e cloruro di vinile
<b>“Sito2” (campagna 1990-2000)</b>	Idrocarburi totali (TPH), composti organici volatili (VOC), composti BTEX, composti organici semi volatili (SVOC), idrocarburi policiclici aromatici (IPA), metalli.
<b>“Sito2” Stabilimento Relazione 12/2004</b>	Idrocarburi (totali e aromatici) e MTBE
<b>“Sito2” Deposito Relazione 12/2004</b>	Mn, Fe, fluoruri nelle acque di falda e superficiali.
<b>“Sito3” (Piano di caratterizzazione del dicembre 2002)</b>	Composti inorganici: Al, Antimonio, Ag, Arsenico, Be, Cd, Co, Cr Totale, Cr VI, Fe, Hg, Nichel, Pb, Cu, Selenio, Mn, Tallio, Zn, Composti Organici Aromatici Benzene, Etilbenzene, Toluene, para-Xilene, Stirene Policiclici Aromatici, Fenoli e clorofenoli Idrocarburi Totali, MTBE Alifatici clorurati Alifatici alogenati, PCB (due campioni sulla stessa ubicazione di quelli da quali sono stati prelevati per la matrice suolo)
<b>“Sito3” (Revisione del 22/02/2006)</b>	Analiti: fluoruri, Al, As, Fe, Mn, Pb, Cu, Benzo terilene, Ipa Totali, Cloroformio, Tricloroetilene. (di tutti questi, il rame è l’unico a rientrare nei limiti tabellari del D.M.471/99)

Tabella 7. Analiti campionati ed analizzati in ciascun sito.

Per poter fornire indicazioni di massima sullo stato di contaminazione di ciascun sito è necessario dunque, che i dati relativi agli aspetti qualitativi delle acque sotterranee siano accuratamente interpretati in relazione alle problematiche connesse con le attività antropiche, oltre che in relazione all'esistenza di un inquinamento naturale dovuto ad aspetti stratigrafici e vulcanologici.

Le caratteristiche chimico-fisiche della matrice acque sotterranee non si possono correlare solo a fattori e tematiche locali, ma rappresentano la risultante di tutta una serie di fenomeni legati alle condizioni idrodinamiche presenti nell'acquifero.

L'interazione acqua roccia, i tempi di residenza delle acque nel sottosuolo e l'immissione in falda di contaminanti sono solo alcuni dei fattori che condizionano le proprietà chimico – fisiche dell'acquifero.

Gli autori dei piani di caratterizzazione esaminati, attribuiscono una notevole importanza alla componente naturale della contaminazione.

Gli autori P. Celico, L. Esposito e S. Fabbrocino infatti, propendono per l'ipotesi di una genesi naturale, escludendo o comunque minimizzando quella antropica.

Tale considerazione deriva dal fatto che nell'area perivesuviana, le acque sotterranee interagiscono con i fluidi profondi di origine vulcanica naturalmente ricchi di elementi quali ferro, manganese e fluoruri; l'analoga distribuzione delle zone caratterizzate rispettivamente dai maggiori e minori tassi di fluoruri e di manganese, infatti, sembra corrispondere alla localizzazione dei principali elementi del deflusso idrico sotterraneo.

Tuttavia per il manganese, oltre che per il ferro, non è da escludere una componente antropica legata alle attività industriali, alle quali peraltro si riconduce una certa contaminazione da idrocarburi, fenoli ed oli minerali.

In accordo con questa teoria ci sono gli autori del "Sito 1" secondo cui i contaminanti riscontrati nei piezometri analizzati (idrocarburi totali, Pb, As, Fe, Mn, Ni, Hg) non si possono attribuire alle attività produttive svolte nel sito bensì a valori di fondo presenti naturalmente negli acquiferi del territorio napoletano. Inoltre, gli alifatici clorurati e i metalli rinvenuti nelle acque sono da ricondurre alla contaminazione "regionale" della falda; tale contaminazione sarebbe da collegare sia ad un reticolo idrografico superficiale già largamente compromesso sia all'interazione con la superficie topografica fortemente antropizzata.

Per quanto riguarda il "Sito2", gli autori del piano di caratterizzazione, ritengono che i diffusi fenomeni di contaminazione causati prevalentemente dalla presenza di idrocarburi,

siano attribuibili a sorgenti localizzate prodotte da sversamenti accidentali verificatisi nei primi anni di attività dello stabilimento o dai lontani eventi bellici.

In particolare, la distribuzione degli idrocarburi nel sottosuolo ha interessato generalmente la fascia d'oscillazione della superficie freatica.

La presenza di manganese, ferro e fluoruri nelle acque di falda e nelle acque superficiali in tutte le aree investigate in valori di concentrazione superiori ai limiti di riferimento è stata ritenuta di probabile origine naturale e comunque non correlabile alle attività del "Sito 2".

Per ciascun'area inoltre, sono state descritte le principali sorgenti dei fenomeni di contaminazione individuati.

Per quanto riguarda l'Area Stabilimento che comprende le Aree Raffineria, l'Area Depositi e l'Area Chimica, l'origine dei fenomeni di contaminazione è da ascrivere, secondo gli autori, alla presenza di impianti di raffinazione, ora dimessi ed a pratiche di gestione e manutenzione degli impianti di movimentazione e stoccaggio di idrocarburi oggi non più in corso. Nell'area Deposito invece, considerando che la distribuzione dei contaminanti è risultata omogenea in tutta l'area investigata, l'origine dei fenomeni di inquinamento è stata attribuita ad una situazione generalizzata di contaminazione dello strato di terreno corrispondente alla fascia di oscillazione della superficie freatica.

Gli autori della redazione del Piano di Caratterizzazione del "Sito 3" traggono le medesime conclusioni circa l'origine della contaminazione delle acque presente nel sito studiato.

Anche qui le acque sotterranee a differenza di quelle superficiali rappresentano la componente ambientale maggiormente compromessa.

Dall'analisi delle indagini geochimiche effettuate, le elevate concentrazioni di ferro, manganese e fluoruri non sono attribuibili alle attività lavorative effettuate nello stabilimento o al rilascio di percolati da parte dei rifiuti ancora presenti nell'area poiché, tra le materie prime impiegate nei cicli lavorativi dello stabilimento non ci sono sostanze che contengono questi elementi..

La causa sarebbe da ricercare, in primo luogo, nella bassa velocità di filtrazione nell'acquifero e nella struttura dello stesso costituita da terreni porosi suddivisi in livelli discontinui a diversa permeabilità, frequentemente sovrastati da terreni tufacei poco permeabili e con diffusa presenza di materiale organico del tipo paleosuoli e torbe.

Gli autori infine, riconoscono un'origine solo in parte "esogena" per i metalli pesanti (Al,As,Pb) e gli idrocarburi (Cloroformio, Tricloroetilene, IPA) rilevati in concentrazioni superiori ai rispettivi limiti tabellari di cui al D.Lgs 152/06 poi .

In conclusione, appare evidente che tutti gli autori che hanno realizzato i diversi Piani di Caratterizzazione esaminati siano concordi ad attribuire una genesi naturale per i fenomeni di contaminazione legati alle elevate concentrazioni di ferro, manganese e fluoruri.

Il ferro insieme al manganese infatti, nei depositi piroclastici della Piana Campana rappresenta un elemento caratterizzante delle composizione mineralogica dei litotipi presenti; pertanto quantità elevate di questi elementi sono riconducibili a valori di fondo naturali. Per quanto riguarda i fluoruri inoltre, nell'area perivesuviana, le acque sotterranee contengono fluoro naturale la cui concentrazione tende ad aumentare con la profondità; le elevate concentrazioni sarebbero da ricollegare a fenomeni di interazione tra le acque di falda e fluidi profondi di origine vulcanica.

Se si considera invece, la contaminazione delle acque dovuta alla presenza di metalli pesanti ed idrocarburi totali, l'origine esogena legata ad una componente antropica rappresenta la spiegazione più plausibile. Le attività industriali svolte nel Sito SIN, la superficie topografica fortemente antropizzata e la nota contaminazione "regionale" della falda, rappresentano le cause determinanti della presenza di questi contaminanti nelle acque profonde campionate.

## **BIBLIOGRAFIA.**

**ANPA Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente** - Piano della Caratterizzazione ai sensi del D.M. 471/99 dello Stabilimento ex Cirio di Via Signorini, S. Giovanni a Teduccio – Napoli, 2002.

**Celico P.& Stanzione D., Esposito L., Ghiara M.R., Piscopo V., Caliro S.& La Gioia P.**– Caratterizzazione Idrogeologica e Idrogeochimica dell'Area Vesuviana; Boll.Soc. Geol. It., 117 (1998), 3-20, 10 ff., 2 tabb.

**Celico P., Esposito L., De Gennaro M., Mastrangelo E.**– La falda ad oriente della Città di Napoli: Idrodinamica e qualità delle acque; Geologica Romana,30:653 -660, 11 fig, Roma (1994).

**Celico P., Esposito L., De Paola P., Mastrangelo E.**– Aspetti idrogeologici del Testa Unico sulle acque (D.L.11.5.99, n° 152)considerazioni critiche; Geologia Tecnica e ambientale,Ottobre /Dicembre 1999.

**Celico P., Esposito L., Fabbrocino S.** – Piano di caratterizzazione Napoli Orientale – Sito di Interesse Nazionale, 2002.

**N.Celico, P.Celico, M.R. Ghiara, V.Piscopo, D.Stanzione, S.Aquino** – Caratteristiche geochimiche delle acque sotterranee dell'area del Somma – Vesuvio (Campania, Italia); Geologica Romana,30:709 -724, 19 fig, Roma (1994).

**Scherillo A.** – Sulla Revisione del foglio “Napoli” della Carta Geologica d'Italia; 1954.

**Sito 1** – Rapporto di Monitoraggio Deposito Costiero di Napoli, 2006.

**Sito 2** – Relazione tecnica descrittiva delle attività di caratterizzazione del sito: Aree stabilimento e Deposito, 2004.

**Sito 3** - Progettazione preliminare e definitiva delle opere civili e degli impianti per gli interventi di realizzazione di strutture universitarie (Facoltà di Ingegneria e Giurisprudenza) nell'area del complesso industriale a S.Giovanni a Teduccio – Napoli, con redazione di studio di fattibilità e Piano di sicurezza preliminare. Relazione Tecnica, 2006.