

Tale attività è iniziata il 31 maggio 1999 ed è terminata il 15 ottobre 1999 e durante la quale sono stati eseguiti: a) 2.089 carotaggi; b) prelievo di 5.976 campioni (3.586 prelievi per analisi di elementi metallici e 2.390 prelievi per analisi di composti organici). Sui campioni prelevati sono state effettuate un totale di 73.219 determinazioni analitiche.

Monitoraggio delle acque sotterranee

Per il monitoraggio delle acque sotterranee sono stati installati 71 piezometri, con il prelievo di 221 campioni di acque, per un totale di 9.463 determinazioni analitiche, i

Sono state eseguite 7 campagne di prelievo di acque sotterranee, sia superficiali che profonde, con analisi di parametri fisico-chimici caratterizzanti pH, Eh, Ossigeno disciolto, Temperatura e Conducibilità) e degli elementi e composti potenzialmente inquinanti (metalli pesanti, idrocarburi, IPA, etc.). Lo studio idrogeologico eseguito dalla Bagnoli S.p.A. in collaborazione con il Prof. P. Celico dell'Università di Napoli è pervenuto alle seguenti conclusioni:

- a) L'acquifero è costituito da livelli a varia litologia e granulometria (e pertanto a diverso grado di permeabilità), a giacitura sub-orizzontale. Per la disomogeneità del sottosuolo e per l'assenza di livelli che possano essere considerati dei veri e propri impermeabili, si ha la tipica circolazione "per falde sovrapposte". A scala più ampia si può ritenere che la falda debba essere unica essendo i corpi idrici locali, tra loro interconnessi.
- b) La superficie piezometrica (Figura 1) può essere divisa in sottozone con caratteristiche differenti fra di loro: la sottozona nord-occidentale è caratterizzata da un asse di drenaggio molto evidente, le cui acque trovano recapito lungo un breve tratto di costa prossimo a Piazza Bagnoli; la sottozona sud-occidentale è interamente collocata all'interno dello stabilimento e trova recapito a mare, lungo il tratto di costa interessato da Via Coroglio; la sottozona sud-orientale è caratterizzata da direttrici di flussi orientate verso sud e sud-est, cioè verso l'asse di drenaggio preferenziale che si configura alla base del versante nord-occidentale della collina di Posillipo.

Figura 1 - Morfologia della superficie piezometrica

- c) La profondità teorica di interfaccia risulta all'incirca di 8,5 m in area PFR, di circa 55 m in area COK, di circa 65 m in area AFO. La morfologia ditale linea è quella tipica, con pendenza all'incirca di 45° e con spessore crescente man mano che ci si allontana dalla costa.

- d) Tre prove di emungimento e sei prove Lefranc indicano valori di permeabilità abbastanza bassi. Le portate maggiori si rilevano lungo gli assi di drenaggio a nord e a sud lungo la fascia detritica sottostante la collina di Posillipo.

Il pH delle acque è estremamente variabile, con punte massime di basicità ($\text{pH} = 9,7$) nelle aree in corrispondenza della colmata a mare e valori prossimi alla neutralità lungo la zona settentrionale (area DIR-AGL). La temperatura varia fra $14,8^{\circ}\text{C}$ nelle aree a monte e $24,3^{\circ}\text{C}$ in corrispondenza della linea di costa. La conducibilità elettrica specifica mediamente è di 1 mS/cm , ad eccezione dell'area di colmata dove raggiunge valori massimi di $16,6 \text{ mS/cm}$ per effetto dell'acqua marina salata.

Valori positivi dell'Eh si registrano nell'area est e nord dell'insediamento industriale, mentre valori negativi si registrano nell'area di colmata (-167.5 mV): queste condizioni chimico-fisiche sono favorevoli alla solubilizzazione di metalli quali ferro e manganese. L'ossigeno disciolto risulta carente in tutta l'area ($< 1 \text{ mg/l}$); solo nell'area nord-occidentale si hanno valori che superano 3 mg/l . La situazione si correla bene con quella dell'Eh: i valori minimi di ossigeno disciolto si hanno in corrispondenza dei valori minimi di Eh.

Le acque analizzate sono caratterizzate da presenza di arsenico, ferro e manganese in concentrazioni superiori ai limiti di riferimento. Gli studi sopra menzionati portano alle seguenti conclusioni:

- a) l'elevato contenuto di manganese non deriva dalla lisciviazione della porzione superficiale dell'acquifero da parte di acque di infiltrazione perché: le acque hanno percorsi troppo brevi per potersene arricchire fino a raggiungere punte di quasi 22.500 ug/l ; 2) non esiste alcuna correlazione tra idrodinamica sotterranea relativamente superficiale e contenuto di manganese nelle acque.
- b) l'elevato contenuto di manganese non deriva da fonti di inquinamento antropico, siano esse puntuali o diffuse, perché: 1) in superficie, nelle zone di potenziale inquinamento, sono state rinvenute concentrazioni sempre inferiori a 50 ug/l ; 2) partendo da queste zone si intravedono zone ad inquinamento decrescente da "monte" verso "valle", allungate secondo il verso di deflusso delle acque; 3) non si intravede alcuna correlazione tra precipitazioni e variazioni delle concentrazioni di manganese nel tempo.
- c) l'elevato contenuto di manganese deriva dalla risalita di fluidi profondi che rappresentano una caratteristica della Piana di Bagnoli-Fuorigrotta, in particolare, e dei Campi Flegrei in generale (e di tutte le aree vulcaniche con diffusa presenza di geotermalismo) perché: 1) i punti di prelievo caratterizzate da acque molto ricche in manganese sono ubicati lungo 4 direttrici, cui sembrano corrispondere faglie o fratture che interessano il substrato tufaceo; lungo gli stessi allineamenti si rinvencono sorgenti termali ed antichi crateri; 2) le variazioni delle concentrazioni di manganese nel tempo seguono leggi non correlabili con le precipitazioni e, pertanto, non necessariamente sono legate a fenomeni di superficie; 3) laddove i punti di prelievo sono sufficientemente fitti, si assiste a fenomeni di diluizione dei

contenuti di manganese, con partenza dai punti di prevedibile risalita e seguendo il verso di deflusso delle acque; 4) anche la conducibilità elettrica è correlata con il contenuto di manganese, a riprova di una mineralizzazione proveniente prevalentemente dal basso. Giova qui ricordare che ci troviamo all'interno di un'area vulcanica attiva, dove sono notoriamente presenti fluidi idrotermali. Questi fluidi geotermici oltre a dare luogo appunto alle ben note manifestazioni termali, sono anche responsabili della deposizione di particolari elementi chimici, quali per esempio As, Cu, Pb, Zn, Hg (processi di arricchimento). Questo aspetto è di primaria importanza nella interpretazione delle "anomalie" geochimiche che si riscontrano nell'area di Bagnoli.

Tutto quanto sopra è valido anche per le concentrazioni del ferro che dell'arsenico, essendo questi elementi chiaramente correlati con il comportamento del manganese.

La distribuzione di idrocarburi totali risulta sempre superiore, sia nei piezometri all'interno del sito in esame che nei piezometri ubicati ai margini dello stesso, al limite di 10 ug/l, previsto dalla normativa vigente. Si rilevano peraltro valori elevati di idrocarburi anche nei piezometri esterni, indicando la presenza diffusa di tali composti in tutta la falda dell'area urbana napoletana.

Più complessa è la distribuzione di Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) all'interno dell'area industriale. La presenza di tali composti nelle acque superficiali risulta discontinua nel tempo e generalmente non raggiunge valori elevati ad eccezione di alcuni focolai (hot spots) localizzati in corrispondenza dei piezometri VAR6R, al margine del sito industriale con Via Diocleziano, LAMN4 e PFRN18, a valle del sito

Analisi chimiche

Sui campioni prelevati attraverso sondaggi sono state effettuate le seguenti analisi chimiche: Generali e Anioni (*Conducibilità ms/cm; Solfuri; Fluoruri; Cianuri liberi; Cianuri complessi; Zolfo elementare; Solfati; Amianto*); Metalli (*As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cr (VI), Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, Th, U, V, Zn*); Idrocarburi totali come n-eptano(7); Solventi Alifatici Alogenati (*1.2 Dicloroetano, 1.1.1 Tricloroetano (Trielina)*);

Solventi Aromatici Non Alogenati (*Benzene; Fenoli volatili espressi come fenolo; BTX (benzolo - toluolo - xiloli)*); Solventi Aromatici Alogenati (*Monocloro benzene; Clorofenoli*); Idrocarburi Policiclici Aromatici (*IPA più tossici: benzo(a)antracene, benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene, benzo(j)fluorantene, benzo(k)fluorantene, pirene; IPA meno tossici (naftalene, andracene, fenantrene, fluorantene, pirene)*); Microinquinanti Organici Policlorurati (*PCB; Diossine; Pesticidi fitofarmaci - DDT*)

Controlli di qualità dei risultati analitici

I risultati delle analisi prodotti dalla Bagnoli SpA sono stati sottoposti a Controlli di Qualità dalla Commissione di Esperti, attraverso sottomissione al laboratorio prescelto dalla Bagnoli SpA di campioni standards internazionali - a composizione nota - ignoti al laboratorio prescelto e la sottomissione del 5 % dei campioni in duplicato -scelti a caso - presso i laboratori del British Geological Survey.

La Commissione di Esperti ha ritenuto di dovere annullare i risultati analitici prodotti in prima istanza dai laboratori prescelti dalla Bagnoli SpA in quanto assolutamente non rispondenti e soddisfacenti i Controlli di Qualità. I risultati analitici errati portavano, per esempio, a far considerare come inquinato da presenza di cadmio il 90% dei siti investigati.

In seguito alle decisioni della Commissione di Esperti, la Bagnoli SpA ha risottoposto ad analisi i campioni presso un nuovo laboratorio, che ha superato i Controlli di Qualità facendo ritenere come definitive le risultanze analitiche prodotte.

Analisi statistica dei dati

Nella Tabella 1 vengono mostrati tutti i parametri statistici ottenuti attraverso l'analisi statistica univariata di tutti gli elementi analizzati, sia metallici che organici.

Tabella 1 - Parametri statistici dei dati analitici della I^a Fase con maglia 100 mx100 m.

Il Decreto del Ministero Ambiente (DM471/99) che fissa i valori limiti di intervento per l'uso residenziale/ricreativo e commerciale/industriale stabilisce anche - correttamente - che detti limiti vanno modificati in funzione dei valori naturali di fondo (valori background). La Commissione Esperti si è appunto attenuto a questa norma, dando indicazione per il prelievo di campioni di suoli in aree esterne a quella siderurgica di Bagnoli, ma assolutamente con le stesse caratteristiche geo-litologiche. La Bagnoli SpA ha quindi effettuato il prelievo dei campioni restando all'interno dell'apparato vulcanico dei Campi Flegrei

Sulla base della distribuzione cumulativa di frequenza, si è fissato il valore background di soglia da utilizzare poi come limite di intervento all'interno dell'area siderurgica. Come da procedura codificata internazionale la soglia di background è stata fissata mediamente in corrispondenza dei percentili 85 e 90.

Analisi fattoriale

Oltre all'indagine di statistica univariata i dati analitici sono stati elaborati dalla Commissione di Esperti attraverso analisi statistica multivariata. Si è utilizzata in particolare l'Analisi Fattoriale in R-mode che è utile soprattutto ai fini

XIV LEGISLATURA - DISEGNI DI LEGGE E RELAZIONI - DOCUMENTI

PARAMETRI STATISTICI DEI CAMPIONI RELATIVI A TUTTI I LITOTIPI											
	Parametri	Legge 1898 uso residenziale	Valori di background	Numero analisi	Limite di rilevabilità strumentale	Min	Max	Media	Mediana	Deviazione standard	
		mg/kg	mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg				
COMPOSTI INORGANICI	pH	-	-	578	-	5,5	12,8	9,39	9,15	1,38	
	Conducibilità (µS/cm)	-	-	578	-	5,2	23500	639,39	369,59	1039,83	
	Solfuri	-	-	578	-	10	4920	95,36	10,00	300,48	
	Solfati	-	-	575	-	5	22318	856,86	133,00	1567,19	
	Fluoruri	-	-	575	1	1	182	11,34	9,75	11,81	
	Cianuri liberi	1	-	574	1	1	3	1,00	1,00	0,08	
	Cianuri complessi	-	-	574	1	1	10,8	1,03	1,00	0,43	
	Zolfo elementare	-	-	525	100	100	812	103,38	100,00	33,82	
	Ammonio	100	-	398	-	-	-	sempre assente			
	METALLI	Argento	20	38	365	0,04	1,4	292,2	29,28	19,80	32,32
Bario		-	-	365	0,07	10	1579	874,07	715,00	342,05	
Berillio		2	12	365	0,03	0,2	12	4,53	4,80	2,07	
Cadmio		2	2	368	0,02	0,02	12,8	0,57	0,20	1,20	
Cobalto		20	35	364	0,05	0,3	102	10,10	7,20	10,40	
Cromo totale		150	160	365	0,1	2	1380	68,88	25,00	134,97	
Cromo esavalente		2	-	365	5	5	8	5,00	5,00	0,00	
Mercurio		1	1	364	0,04	0,02	20	0,54	0,20	1,02	
Nickel		-	-	365	0,05	0,1	14,4	3,27	3,20	1,40	
Nichel		120	120	364	0,1	1,3	904	24,28	12,00	60,43	
Piombo		100	110	365	0,3	1	1440	87,79	82,00	154,52	
Rame		120	120	365	0,1	4	844	88,58	33,00	69,18	
Stagno		1	15	365	0,04	0,8	140,7	9,46	6,80	12,84	
Vanadio		80	100	362	0,05	0,7	2910	123,03	68,00	184,79	
Zinco		150	158	364	0,15	2	8159	245,37	116,00	355,52	
BTX	Formoli volatili	0,1	0,1	569	0,01	0,1	2,74	0,15	0,10	0,21	
	Benzene	0,1	0,1	575	0,005	0,05	0,7	0,07	0,05	0,40	
	Toluene	0,5	0,5	575	0,01	0,1	1,25	0,11	0,10	0,07	
	Xilene	0,5	0,5	574	0,01	0,1	1,85	0,11	0,10	0,09	
SOLVENTI AROMATICI ALCOLENATI	Idrocarburi totali	20	100	578	2	5	88800	310,30	11,80	3249,35	
	Monoclorobenzene	0,5	0,5	546	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,000	
	2-clorobenzolo	0,5	0,5	545	0,005	0,005	0,038	0,0055	0,005	0,003	
	2,4-diclorobenzolo	0,5	0,5	547	0,005	0,005	0,05	0,0058	0,005	0,004	
	2,6-diclorobenzolo	n.r.	n.r.	547	0,005	0,005	0,05	0,0056	0,005	0,004	
	2,4,6-triclorobenzolo	0,01	0,01	547	0,005	0,005	0,05	0,0053	0,005	0,003	
	2,3,4,6-tetraclorobenzolo	n.r.	n.r.	547	0,005	0,005	0,05	0,0054	0,005	0,004	
	perclorobenzolo	0,01	0,01	547	0,005	0,005	0,05	0,0054	0,005	0,004	

Tabella 1 - Parametri statistici dei dati analitici della campionatura della I Fase con maglia 100 m x 100 m

dell'interpretazione delle possibili sorgenti delle anomalie, ma che non è assolutamente risolutiva per la definizione delle soglie di intervento sulla base dei valori limiti fissati dal Decreto del Ministero Ambiente.

L'analisi fattoriale raggruppa le anomalie per associazioni geochimiche fra di loro compatibili da un punto di vista geologico-mineralogico, presenza di processi mineralizzanti, processi di concentrazioni legate all'ambiente superficiale. Sulla base quindi di quest'analisi sono state identificate 6 associazioni chimiche fattoriali, illustrate nello schema della figura 2.

Figura 2 - Modelli fattoriali dei risultati analitici dei campioni della maglia 100 m x 100 m.

L'incidenza di ogni associazione fattoriale viene quantizzata per ogni sito campionato attraverso la distribuzione dei *factor scores*. Associando la distribuzione dei *factor scores* con la distribuzione nota delle litologie si stabilisce una relazione fra l'associazione stessa e la possibile sorgente responsabile di quella associazione.

Contaminazione delle acque di falda

I monitoraggi delle acque hanno evidenziato una contaminazione delle acque profonde stesse per presenza di As e Idrocarburi Policiclici Aromatici (Fluorantene in particolare), fondamentalmente in due aree: Colmata e zona denominata LAM (Laminatoi). Inoltre viene registrata una contaminazione diffusa da Mn nelle aree denominate: Acciaieria, Cockeria e Laminatoi.

La Commissione di Esperti, per minimizzare la migrazione dei contaminati dal sito all'ambiente circostante, ha prescritto alla Bagnoli SpA di mettere in atto sistemi idonei a bloccare il deflusso dei contaminanti nell'ambiente circostante ed in particolare nell'area marina antistante (vedi Messa in sicurezza del sito).

Va comunque fatto notare che una fonte di inquinamento di As nelle acque è rappresentata dai fluidi idrotermali delle sorgenti termali. Studi di monitoraggio effettuati sulle acque termali flegree evidenziano infatti concentrazioni di As nell'intervallo 12 -5600 ppb. Tra l'altro proprio nelle Terme Puteolane (Dazio Bagnoli) sono rilevate concentrazioni fino a 2600 ppb. Questo dato rappresenta un'ulteriore evidenza dell'arricchimento delle concentrazioni metalliche determinate dalla presenza di fluidi geotermici.

Le risultanze analitiche sulle acque fanno inoltre rilevare contaminazioni di Idrocarburi Totali a monte dell'area siderurgica di Bagnoli; all'interno dell'area siderurgica si hanno mediamente le stesse concentrazioni dell'area a monte, quindi tale contaminazione non è ascrivibile all'attività svolta nell'area, bensì a contaminazione diffusa.

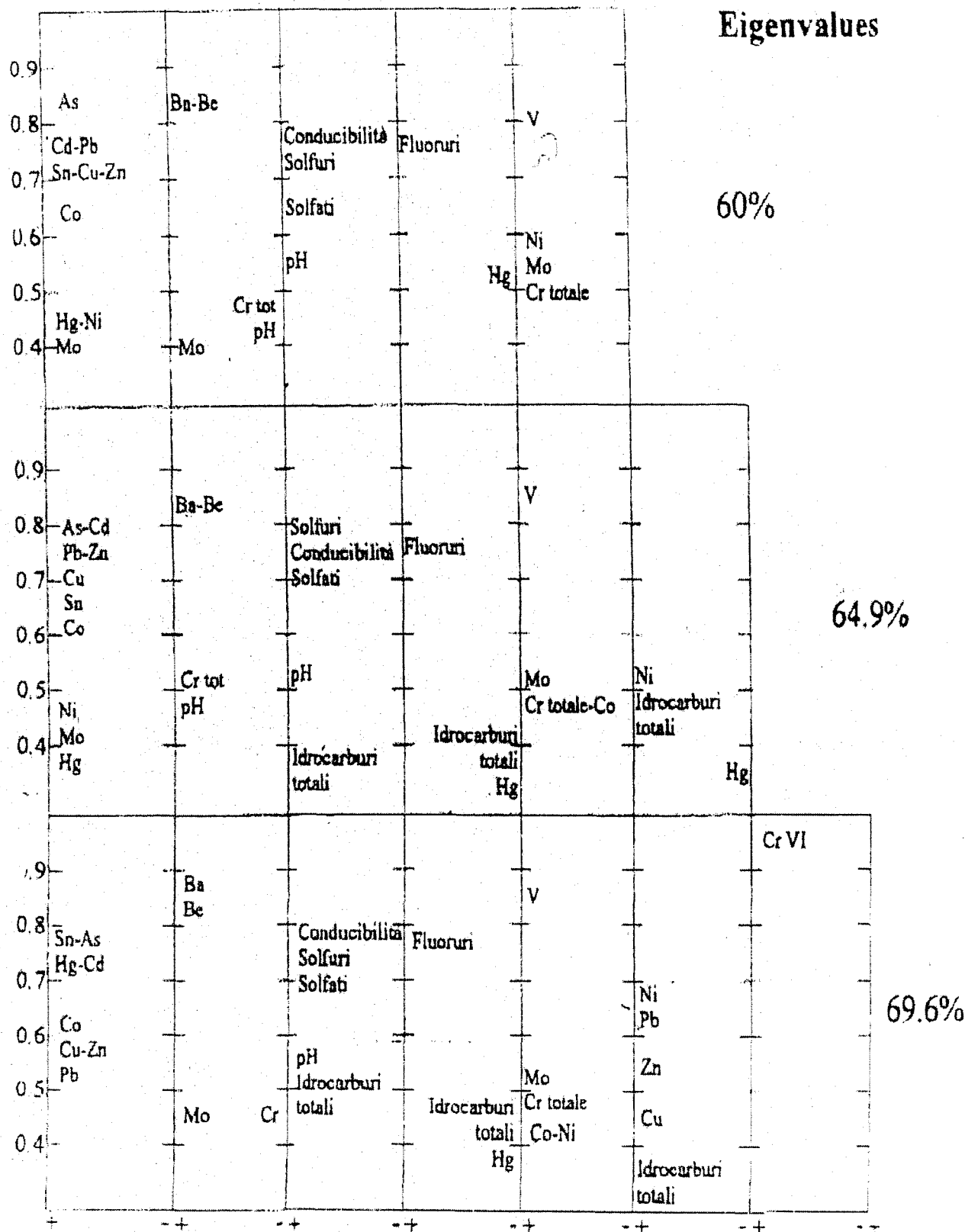


Figura 2 - Modelli fattoriali dei risultati analitici dei campioni della maglia 100 m x 100 m

Caratterizzazione chimico-strutturale dei materiali costituente i riporti e test di cessione

Allo scopo di caratterizzare e misurare la stabilità chimica degli elementi metallici nei materiali componenti il riporto, sono state effettuate analisi chimico-strutturali e test di cessione su loppe di altoforno, scorie di acciaieria, minerali di ferro, fossile e fanghi di acciaieria. Il programma di studio è stato finalizzato a: a) valutare le problematiche ambientali associate ai riporti; b) definire i criteri e le modalità per il recupero dei sottoprodotti presenti nell'area ex Italsider. L'obiettivo primario è stato quello di valutare la tendenza al rilascio dei componenti inquinanti presenti nei materiali in questione verso l'ambiente esterno, avendo come risolto la valutazione del potenziale rischio associato ai materiali del riporto nei confronti della falda acquifera. Per raggiungere questo obiettivo i materiali del riporto sono stati sottoposti a diverse tipologie di test di cessione.

I test di cessione e le relative analisi dell'eluato sono state condotte su loppe, scorie, minerali, fossile e fanghi di acciaieria. I test utilizzati sono: NEN 7343 — Column test; NEN 7349 — Serial batch test; Normativa Italiana All. 3 D.M. 05/02/98. Il materiale prima indicato è stato inoltre sottoposto alle seguenti analisi strutturali qualitative: a) analisi chimiche; b) analisi di microscopia elettronica a scansione (SEM-EDS); c) diffrazione a raggi X (DRX); d) analisi di microscopia ottica (MOP).

Risultati delle analisi strutturali qualitative: I risultati delle analisi microscopica e diffrattometrica su campioni di loppa e scoria di acciaieria hanno evidenziato che la loppa ha una struttura essenzialmente vetrosa costituita da silico-alluminati di calcio; la scoria di acciaieria invece presenta una struttura complessa caratterizzata da silicati e ossidi complessi di calcio e ferro, in cui si riscontra la presenza, subordinata, di manganese e magnesio. L'analisi EDS mostra presenza di ferro, magnesio, manganese, calcio e silicio, ma non di metalli a maggiore impatto ambientale quali arsenico, piombo, vanadio e zinco evidenziati dalle analisi chimiche. Questo dovrebbe essere giustificato dal fatto che tali elementi non sono presenti sotto forma di composti semplici ma piuttosto essi sono presenti all'interno di quelle strutture complesse che costituiscono appunto i materiali in oggetto (fasi silicatiche e ossidi complessi). Queste ipotesi sono avallate sia dai risultati ottenuti dai test di cessione che dalle analisi microscopiche effettuate sui campioni prima e dopo i suddetti test. Infatti in riferimento alla loppa e alla scoria non si sono riscontrati rilasci al di sopra dei limiti imposti per nessuno dei metalli inquinanti sopra menzionati e per nessuno dei test eseguiti. Inoltre le analisi microscopiche condotte su questi materiali dopo il test di eluizione oltre a non aver evidenziato la presenza di metalli in questione, hanno rilevato le stesse strutture complesse riscontrate prima dei test a conferma della stabilità chimica ad esse associate.

Quanto sopra esposto viene accreditato dai risultati ottenute dalle mappature di Raggi X che hanno altresì rilevato la distribuzione spaziale dei soli elementi ferro e manganese senza evidenziare la presenza dei metalli pesanti inquinanti. Di conseguenza in accordo con le analisi SEM-EDS puntuali si può ipotizzare che gli stessi elementi non danno luogo a fasi isolate ma sono diffusi e legati nelle microstrutture di silicati e ossidi dei materiali esaminati.

Le analisi condotte sui minerali di ferro prima e dopo i test di eluizione non hanno evidenziato significative variazioni morfologico-strutturali.

Si può quindi concludere che ragionevolmente da un punto di vista strutturale i materiali costituenti il riporto sono composti da fasi altamente stabili.

Risultati dei test di cessione: Il test NEN 7343 è stato effettuato su loppa, scoria e minerale. L'analisi degli eluati ha evidenziato che l'unico elemento ad essere rilasciato in concentrazioni rilevabile è il ferro e che la tendenza al rilascio esibita dai materiali in esame segue l'ordine: scoria >minerale>loppa. Infatti i valori cumulativi ottenuti come somma delle concentrazioni misurate in ognuna delle frazioni eluite è pari rispettivamente a 0.358 per la scoria, a 0.29 per il minerale e a 0.147 per la loppa. Il test NEN 7349 è stato eseguito su loppa, scoria, minerale, fossile e fango. In riferimento alla loppa, scoria e minerale si hanno risultati simili al test NEN 7343, anche se il ferro negli eluati è in concentrazioni superiori rispetto a quest'ultimo. I valori cumulativi del test 7349 sono di 1.18 per la scoria, 0.443 per il minerale e 0.185 per la loppa. Solo negli eluati relativi al minerale di ferro si è riscontrato un modestissimo rilascio di arsenico (fra 0,007 e 0,011 mg/l). Anche per il test NEN 7349 la tendenza al rilascio segue l'ordine: scoria>minerale>loppa. Le analisi sugli eluati relativi ai campioni di fossile e fango di acciaieria hanno evidenziato la presenza in entrambi di ferro seppure a concentrazioni decisamente diverse.

Infatti il fango esibisce un valore di concentrazione cumulativo su 5 estrazioni pari a 3.66 mg/l mentre il fossile è pari a 0.188 mg/l. Gli eluati relativi al fango di acciaieria sono interessati dalla presenza di nickel, piombo e rame (valore cumulativo, rispettivamente, 0.052, 1.936 e 0.154 mg/l).

Il test previsto dalla Normativa italiana è stato effettuato sulle stesse tipologie di materiali sottoposti al test NEN 7349. I risultati mettono in evidenza che l'unico elemento rilasciato per loppe, scorie e minerali è il ferro. I valori cumulativi sono però decisamente inferiori rispetto ai test NEN 7343 e 7349: per le scorie è 0,19 (contro 1.18 per NEN 7349 e 0.358 per NEN7343). L'eluato relativo al fango di acciaieria evidenzia presenza di nickel, piombo e rame (0.045, 0.65 e 0.12 mg/l rispettivamente).

Dal confronto dei dati cumulativi degli eluati si può definire il seguente ordine di gravosità in relazione ai test eseguiti: NEN 7349>NEN 7343>Test Normativa Italiana.

Valutazione del potenziale impatto ambientale sulle acque di falda: Dall'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine microscopica e dai test di cessione si può concludere che i materiali analizzati (loppa, scoria, minerale e fossile) sono costituiti da configurazioni microstrutturali stabili, non solo rispetto ai tempi ed alle condizioni ambientali di attacco simulati dai test di cessione selezionati, ma soprattutto per l'effettiva assenza di microstrutture isolate costituite da elementi pesanti, i quali si possono ragionevolmente pensare, intrappolati nei reticoli delle fasi microstrutturali individuate. Ne consegue, quindi, che una eventuale eluizione di questi elementi è da considerarsi quanto mai improbabile e che i materiali siderurgici residui (loppa, scoria, minerale e fossile), giacenti nel sito industriale ex-Italsider di Bagnoli, non possono avere alcuna influenza sulla qualità delle acque di falda.

Alle stesse conclusioni in merito all'impatto ambientale di materiale residui delle lavorazioni siderurgiche, sono peraltro pervenute numerose ricerche effettuate nell'ambito della Comunità Europea.

Bonifica da amianto: Il Piano CIPE prevedeva di bonificare i materiali contenenti amianto nei siti della Fabbrica Eternit e nel centro siderurgico ex ILVA. Al 4.3.2000 è stata completata la bonifica da amianto per il 90% degli edifici, dei depositi e dei piazzali dei siti.

Nel corso delle attività di bonifica, in accordo con le ASL competenti si sono effettuati: 915 campionamenti ed analisi per la valutazione delle fibre aero-disperse nelle aree limitrofe ai siti da bonificare, senza mai rilevare concentrazioni superiori ai valori limite considerati come accettabili dall'Organizzazione Mondiale della Sanità; 1044 campionamenti ed analisi nelle aree del sito ex Eternit e 56 campionamenti ed analisi nell'area ex ILVA, per il controllo in tempo reale della dispersione delle fibre all'interno dei cantieri di lavoro.

Messa in sicurezza del sito: Come prima detto nel corso della caratterizzazione del sito è stata riscontrata una contaminazione delle acque sotterranee e dei suoli da parte di composti organici (Idrocarburi Totali e IPA - Idrocarburi Policiclici Aromatici). Per quanto riguarda i suoli, come illustrato nelle pagine precedenti le operazioni di bonifica previste all'interno del sito industriale porteranno al risanamento dell'area ed al suo riutilizzo secondo le destinazioni previste. Per quanto riguarda le acque è individuata una contaminazione diffusa da IPA dell'ordine di 1 ug/l, accompagnata da *hot spots* in cui le concentrazioni salgono a qualche unità di ug/l, come ad esempio nel settore nord (VAR6) e in quello sud (LAM N4).

Per la messa in sicurezza si sono esaminate 3 ipotesi progettuali: a) barriera mediante pozzi di emungimento; b) diaframma plastico cemento - bentonite; c) sbarramento con *jet grouting* (iniezione aggiuntiva di acque).

E' stata prescelta la soluzione che prevede la costruzione di una barriera idraulica (pozzi di emungimento da collegare ad un impianto di trattamento delle acque), per impedire che i contaminanti organici, riscontrati nelle acque sotterranee e nei suoli, si trasferiscano, mediante deflusso idrico superficiale o sotterraneo all'esterno del sito (in particolare nel mare antistante)

La barriera è costituita da 29 pozzi con interasse pari a 50 m, disposti lungo un allineamento della lunghezza complessiva di circa 1500 m. In base ai dati preliminari a disposizione, tale assetto consente da un lato il completo sbarramento del fronte inquinante e dall'altro l'ottimizzazione delle portate emunte in modo tale da minimizzare gli abbassamenti e quindi di ostacolare, per quanto possibile, l'ingressione di acqua salata.

L'efficacia del sistema opererà sia nei confronti dell'arresto della migrazione di inquinanti verso il mare sia, parzialmente, nei riguardi della colmata a mare dove risiedono altri suoli contaminati. E' stato inoltre dimensionato preliminarmente l'impianto di trattamento delle acque provenienti dalla barriera idraulica tenendo presente che la sua realizzazione potrà supportare anche probabili esigenze legate alle operazioni di bonifica dei terreni. La necessità di supporto del trattamento delle acque alle operazioni di bonifica può essere in questa fase solo ipotizzata e si potrà farvi fronte solo realizzando una vasca di equalizzazione in testa all'impianto.

Analisi area “colmata”: Nel corso del 2001 sono stati effettuati ulteriori accertamenti finalizzati alla caratterizzazione dei materiali saturi (sedimenti) presenti in “area di colmata”. Nelle Tabelle 2, 3, 4 e 5 si riportano rispettivamente le percentuali di superamenti della colonna A e colonna B dell’Allegato 1 del DM 471/99 riscontrati per i vari parametri sia nei “riporti” che nei “sedimenti” nell’area di colmata. L’esame di tali dati evidenzia che i terreni saturi (sedimenti), relativamente agli elementi inorganici, risultano inquinanti essenzialmente da : Arsenico, Berillio, Mercurio, Vanadio e Zinco (colonna B DM 471/99). Si evidenzia come questo gruppo di elementi è notoriamente associato alla presenza di fluidi idrotermali (sorgenti termali) legati al vulcanismo attivo dei campi Flegrei. Infatti molte sorgenti termali sono diffusamente presenti nell’area marina antistante al colmata. Pertanto una volta bonificati, i terreni saturi tenderebbero ad assumere la concentrazione di equilibrio con i liquidi con i quali sono a contatto, raggiungendo di nuovo valori presumibilmente pari a quelli attuali. In conseguenza di ciò i valori di riferimento assunti per i suoli non sono applicabili ai sedimenti marini in questione. Tale considerazione potrebbe portare a ridurre sensibilmente le quantità di terreni saturi (in particolare sedimenti) da assoggettare a bonifica. Per quanto concerne i parametri organici, come è possibile desumere dalle Tabelle 2-5, si evidenzia che non si ha alcun superamento della colonna B (uso industriale/commerciale) sia per i sedimenti (suolo saturo) che per i riporti (suolo insaturo), mentre tutti i valori sono attestati, tra i valori della colonna A (uso abitativo/ricreativo) e della colonna B del DM 471/99. Per tali parametri, in funzione della destinazione d’uso dell’area, occorrerebbe, quindi, procedere, ad una operazione di bonifica.

D.L. 471/99					
RIPORTI					
	< col A	colonna A	< Col B	col B	> Col B
As	17,60%	29	30,20%	50	43,10%
Be					
Cd	74,50%	2	23,50%	15	2,00%
Co					
Cr	98,10%	150	3,8	800	0,00%
Hg	82,40%	1	13,70%	5	3,80%
Ni	88,00%	120	2,00%	500	0,00%
Pb	31,40%	103	88,60%	1000	0,00%
Cu	86,30%	120	13,70%	600	0,00%
Sn	64,70%	14	36,30%	350	0,00%
V	33,30%	100	51,00%	250	
Zn	29,40%	158	70,80%	1500	0,00%

TAB. 2

D.L. 471/99

RIPORTI

	< col A	colonna A	< Col B	col B	> Col B
Hc	90,20%	105	9,80%	750	0,00%
Pirene	92,20%	5	7,80%	50	0,00%
Benzo(a)antracene	47,10%	0,5	52,80%	10	0,00%
Crisene	90,20%	5	9,80%	50	0,00%
Benzo(i)fluorentene	64,80%	0,5	45,10%	10	0,00%
Benzo(b)fluorentene	64,80%	0,5	45,10%	10	0,00%
Benzo(k)fluorentene	64,70%	0,5	35,30%	10	0,00%
Benzo(a)pirene	19,80%	0,1	80,40%	10	0,00%
Dibenzo(a,h)antracene	37,30%	0,1	62,70%	10	0,00%
Benzo(g,h,i)perilene	25,50%	0,1	74,50%	10	0,00%
Indeno(1,2,3-c,d)pirene	64,70%	0,5	36,30%		
Dibenzo(a,i)pirene	54,90%	0,1	45,10%	10	0,00%
PCB	21,60%	0,001	78,40%	5	0,00%
Somma IPA	68,80%	10	31,40%	100	0,00%

TAB. 3

		D.L. 471/99				
SEDIMENTI		< col A	colonna A	< Col B	col B	> Col B
As		6,30%	29	12,60%	50	31,30%
Be						
Cd		68,30%	2	31,30%	15	2,50%
Co						
Cr		100,00%	150	0,00%	800	0,00%
Hg		82,50%	1	15,00%	5	2,50%
Ni		100,00%	120	0,00%	500	0,00%
Pb		45,00%	103	55,00%	1000	0,00%
Cu		85,00%	120	5,00%	600	0,00%
Sn		65,00%	14	35,00%	350	0,00%
V		25,00%	100	88,80%	250	8,30%
Zn		48,30%	158	38,30%	1500	17,50%

TAB.4

D.L. 471/99

SEDIMENTI

	< col A	colonna A	< Col B	col B	> Col B
Hc	97,50%	105	2,50%	750	0,00%
Pirene	97,50%	5	2,50%	50	0,00%
Benzo(a)antracene	60,00%	0,5	40,00%	10	0,00%
Crisene	87,50%	5	2,50%	50	0,00%
Benzo(i)fluorentene	62,50%	0,5	37,50%	10	0,00%
Benzo(b)fluorentene	62,50%	0,5	37,50%	10	0,00%
Benzo(k)fluorentene	70,00%	0,5	30,00%	10	0,00%
Benzo(a)pirene	40,00%	0,1	60,00%	10	0,00%
Dibenzo(a,h)antracene	50,00%	0,1	50,00%	10	0,00%
Benzo(g,h,i)perilene	45,00%	0,1	55,00%	10	0,00%
Indeno(1,2,3-c,d)pirene	87,50%	0,5	32,80%		
Dibenzo(a,i)pirene	65,00%	0,1	36,00%	10	0,00%
PCB	47,50%	0,001	62,50%	5	0,00%
Somma IPA	75,00%	10	25,00%	100	0,00%

TAB. 5