



\* \* \*

**“Progetto per la determinazione dei valori di fondo nei terreni”**

\* \* \*

**Sito di Interesse Nazionale Napoli Orientale**

*Luglio 2009*

Relazione Tecnico Descrittiva  
**Progetto per la determinazione dei valori di Fondo nei terreni  
SIN "Napoli Orientale"**

---

ARPAC – Agenzia Regionale Protezione Ambientale Campania  
Centro Regionale Siti Contaminati

Maria Daro  
Annalisa Giordano  
Gianluca Ragone  
Gianluca Scoppa  
Marinella Vito  
.....

ISPRA – Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione dell’Ambiente  
Settore Siti Contaminati  
Servizio Interdipartimentale per le Emergenze Ambientali

Federico Araneo  
Nicoletta Calace  
Laura D’Aprile  
Maurizio Guerra  
.....

Relazione Tecnico Descrittiva  
**Progetto per la determinazione dei valori di Fondo nei terreni  
SIN “Napoli Orientale”**

---

**INDICE**

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>INDAGINE ESEGUITA.....</b>	<b>6</b>
2.1	<i>Attività preliminari.....</i>	8
2.1.1	Ricerca sottoservizi e Bonifica da Ordigni Bellici (BOB).....	8
2.2	<i>Indagini dirette .....</i>	10
2.2.1	Esecuzione carotaggi.....	10
2.2.2	Campionamento, confezionamento, stratigrafie .....	11
2.3	<i>Modalità di gestione e conservazione dei campioni .....</i>	13
2.4	<i>Analisi chimiche .....</i>	13
<b>3</b>	<b>RISULTATI.....</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>ELABORAZIONE STATISTICA.....</b>	<b>14</b>
4.1	<i>Dati di input.....</i>	14
4.2	<i>Numero di campioni.....</i>	14
4.3	<i>Dati chimici.....</i>	15
4.4	<i>Risultati analitici .....</i>	15
4.5	<i>Elaborazione dei dati .....</i>	16
4.5.1	Analisi preliminare e identificazione degli outliers .....	16
4.5.2	Distribuzione dei dati e loro rappresentazione (descrittori numerici).....	16
4.5.3	Determinazione dei valori di fondo.....	17
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>18</b>

Relazione Tecnico Descrittiva  
**Progetto per la determinazione dei valori di Fondo nei terreni  
SIN “Napoli Orientale”**

---

**Elenco delle figure**

Figura 1        Ubicazione punti di campionamento – Suolo

**Allegati**

Allegato 1     Stratigrafie Sondaggi

Allegato 2     Rappresentazione tabellare dei risultati analitici SUOLO:

Tabella 1       Composti Inorganici

Tabella 2       Prova di lisciviazione in soluzione acquosa

Tabella 3       Indice di disponibilità per le piante di Metalli pesanti

Tabella 4       Parametri fisici

## **1 PREMESSA**

L' "Accordo di Programma per la Definizione degli Interventi di Messa in Sicurezza e Bonifica delle aree comprese nel SIN di Napoli Orientale" è stato sottoscritto nel novembre del 2007 tra Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Commissario di Governo per l'Emergenza Bonifiche e Tutela delle Acque nella Regione Campania, Regione Campania, Provincia di Napoli, Comune di Napoli ed Autorità Portuale di Napoli.

L'Accordo prevedeva, tra l'altro, che ARPAC ed ISPRA procedessero alla definizione dei valori di fondo nei suoli per gli elementi inorganici.

Il Progetto per la determinazione del fondo dei suoli di "Napoli Orientale" è stato redatto da ARPAC sulla base delle indicazioni contenute nel "Protocollo Operativo per la determinazione dei valori di fondo di metalli/metalloidi nei suoli dei siti d'interesse nazionale", elaborato da APAT-ISS nel 2006 ed è stato approvato con prescrizioni dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) in sede di Conferenza dei Servizi decisoria del 30 Gennaio 2008.

Le attività connesse alla esecuzione dei sondaggi e le determinazioni analitiche sono state effettuate da ARPAC, le elaborazioni statistiche sui risultati e la conseguente determinazione dei valori di fondo sono state effettuate dall'ISPRA.

Nella presente relazione, elaborata congiuntamente da ARPAC ed ISPRA, sono riportate la descrizione delle attività di campo, i risultati analitici ed i risultati delle elaborazioni statistiche finali.

Relazione Tecnico Descrittiva  
**Progetto per la determinazione dei valori di Fondo nei terreni  
SIN “Napoli Orientale”**

---

## 2 INDAGINE ESEGUITA

L'indagine è stata condotta sulla base di quanto previsto dal “Progetto per la determinazione dei valori di Fondo nei suoli”, relativo al Sito di Interesse Nazionale “Napoli Orientale”, approvato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) in Conferenza dei Servizi Decisoria del 30 Gennaio 2008.

Sulla base delle prescrizioni della CdS il numero di carotaggi è passato dai 20 del Progetto iniziale ai 30 richiesti. Tutti i sondaggi sono stati ubicati in aree di proprietà pubblica ricadenti all'esterno della perimetrazione del SIN, nelle circoscrizioni comunali di Ponticelli (a nord), di San Giovanni a Teduccio (a sud-est) e di Barra (ad est).

L'ubicazione dei punti di campionamento è stata definita sulla base di informazioni sull'uso del suolo, sulla morfologia, ed in riferimento a cartografie storiche disponibili che evidenziano l'assenza di precedenti insediamenti industriali, allo scopo di:

1. individuare aree su cui non insistono attualmente sorgenti di contaminazione puntuale;
2. investigare terreni con caratteristiche geologiche-stratigrafiche simili a quelli interni al SIN;
3. analizzare aree prive di contaminazione derivante dal SIN stesso e/o da attività antropiche anche pregresse.

Sebbene il Protocollo APAT-ISS non preveda il campionamento del terreno di riporto, le indagini hanno interessato anche questa matrice; tale scelta è dettata sia nel rispetto di investigare terreni con caratteristiche geologiche-stratigrafiche simili a quelli interni al SIN, sia in considerazione di campionare un “suolo indigeno”, in virtù del fatto che tali materiali derivano da attività antropiche iniziate all'inizio del secolo scorso, in un periodo precedente allo sviluppo industriale dell'area in esame.

Le attività di campo, consistenti in bonifica da ordigni bellici e successiva esecuzione di carotaggi e prelievi di campioni di suolo, sono state condotte dal mese di gennaio 2009 al mese di marzo 2009.

In ogni area di investigazione si è proceduto ad effettuare il campionamento rispettando, per quanto possibile, l'ubicazione prevista dal Progetto; laddove si sono riscontrate difficoltà operative, legate alla inaccessibilità delle aree prescelte, si è proceduto ad individuare un nuovo punto di campionamento prossimo a quello sostituito, utilizzando i criteri stabiliti per la individuazione dei punti stessi nell'ambito del progetto. L'ubicazione finale dei punti di indagine è riportata nella Figura 1.

Nella Tabella 1, di seguito riportata, si elencano tutti i campioni prelevati, identificati dal codice campione, Quartiere, Denominazione del Sito e coordinate UTM WGS 84.

Tabella 1 – Campioni di suolo

Codice Campione	Quartiere	Denominazione Sito	Coordinate UTM WGS 84	
			X	Y
SE 01 – A1	Barra	Parco Pubblico	443048	4520170
SE 01 – B1				
SE 01 – C1				
SE 02 – A1	San Giovanni a Teduccio	Parco Troisi	442092	4520250
SE 02 – B1				
SE 02 – C1				
SE 03 – A1	San Giovanni a Teduccio	Parco Troisi	442405	4520536
SE 03 – B1				
SE 03 – C1				

Relazione Tecnico Descrittiva  
**Progetto per la determinazione dei valori di Fondo nei terreni  
 SIN "Napoli Orientale"**

Codice Campione	Quartiere	Denominazione Sito	Coordinate UTM WGS 84	
			X	Y
SE 04 – A1 SE 04 – B1 SE 04 – C1	San Giovanni a Teduccio	Parco Troisi	442129	4520588
SE 05 – A1 SE 05 – B1 SE 05 – C1	Barra	Piscina Comunale	442421	4520743
SE 06 – A1 SE 06 – B1 SE 06 – C1	Barra	Stadio Signorini	442238	4520906
SE 07 – A1 SE 07 – B1 SE 07 – C1	Barra	Stadio Signorini	442212	4521059
SE 08 – A1 SE 08 – B1 SE 08 – C1	Barra	Stadio G. di Vittorio	442421	4520964
SE 09 – A1 SE 09 – B1 SE 09 – C1	Barra	Piazzetta Comunale	442510	4520766
SE 10 – A1 SE 10 – B1 SE 10 – C1	Barra	Parco pubblico – Villa Letizia	442922	4521069
SE 11 – A1 SE 11 – B1 SE 11 – C1	Barra	Parco pubblico – Villa Letizia	442956	4521204
SE 12 – A1 SE 12 – B1 SE 12 – C1	Barra	Scuola Elementare	443114	4521040
SE 13 – A1 SE 13 – B1 SE 13 – C1	Ponticelli	Villetta Comunale	444189	4522080
SE 14 – A1 SE 14 – B1 SE 14 – C1	Ponticelli	Area incolta	444387	4522566
SE 15 – A1 SE 15 – B1 SE 15 – C1	Ponticelli	Area incolta	444238	4522916
SE 16 – A1 SE 16 – B1 SE 16 – C1	Ponticelli	Area incolta	443989	4523112
SE 17 – A1 SE 17 – B1 SE 17 – C1	Ponticelli	Area incolta	444399	4522915
SE 18 – A1 SE 18 – B1 SE 18 – C1	Ponticelli	Area incolta	444543	4523321
SE 19 – A1 SE 19 – B1 SE 19 – C1	Ponticelli	Case Popolari	444691	4523313
SE 20 – A1 SE 20 – B1 SE 20 – C1	Ponticelli	Parco pubblico	444618	4523407
SE 21 – A1 SE 21 – B1 SE 21 – C1	Ponticelli	Parco pubblico	444393	4523527

Relazione Tecnico Descrittiva  
**Progetto per la determinazione dei valori di Fondo nei terreni  
SIN "Napoli Orientale"**

Codice Campione	Quartiere	Denominazione Sito	Coordinate UTM WGS 84	
			X	Y
SE 22 – A1	Ponticelli	Area incolta	444130	4523241
SE 22 – B1				
SE 22 – C1				
SE 23 – A1	Ponticelli	Parco pubblico	444290	4523219
SE 23 – B1				
SE 23 – C1				
SE 24 – A1	Ponticelli	Area incolta	443987	4523331
SE 24 – B1				
SE 24 – C1				
SE 25 – A1	Ponticelli	Area incolta	443947	4523532
SE 25 – B1				
SE 25 – C1				
SE 26 – A1	Ponticelli	Area incolta	443838	4523842
SE 26 – B1				
SE 26 – C1				
SE 27 – A1	Ponticelli	Area incolta	443875	4524027
SE 27 – B1				
SE 27 – C1				
SE 28 – A1	Ponticelli	Villetta comunale	444320	4524520
SE 28 – B1				
SE 28 – C1				
SE 29 – A1	Ponticelli	Area incolta	444311	4524721
SE 28 – B1				
SE 28 – C1				
SE 30 – A1	Ponticelli	Area incolta	444104	4524749
SE 30 – B1				
SE 30 – C1				

Le sigle A1, B1 e C1 rappresentano rispettivamente le profondità di prelievo dei singoli campioni a 0,5-1,5 m, 4,5-5,5 m e 9-10 m.

## 2.1 Attività preliminari

Prima delle attività di investigazione diretta è stata condotta, nelle aree oggetto di indagine, una serie di attività preliminari, atte a conseguire requisiti di sicurezza minimi nella fase di esecuzione.

Nello specifico le attività preliminari sono consistite, per ciascuno dei trenta punti di indagine previsti, in:

- allestimento di un micro cantiere;
- rilievo con tecnica georadar;
- prescavo manuale per primo accertamento presenza sottoservizi ed ordigni bellici;
- ricerca di eventuali residuati bellici.

L'ubicazione delle indagini in sito è riportata in Figura 1.

### 2.1.1 Ricerca sottoservizi e Bonifica da Ordigni Bellici (BOB)

Al fine di individuare la possibile presenza di servizi interrati in corrispondenza dei punti d'indagine, è stato eseguito un rilievo geofisico, condotto utilizzando metodi d'indagine del sottosuolo indiretti (georadar), in grado di rilevare la presenza nel sottosuolo di serbatoi, linee elettriche in tensione, tubazioni metalliche ecc.



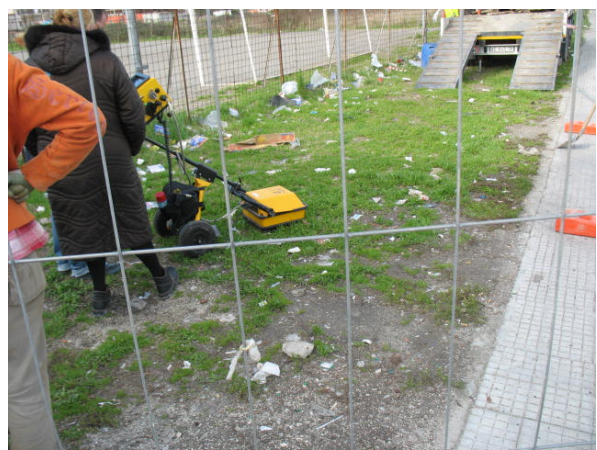
Relazione Tecnico Descrittiva  
**Progetto per la determinazione dei valori di Fondo nei terreni  
SIN "Napoli Orientale"**

La strumentazione utilizzata, Georadar SPRscan della ERA Technology, ha permesso in alcuni casi di rilevare l'assenza di sottoservizi nel sottosuolo; in altri invece si è riscontrata la loro presenza e di conseguenza, in accordo con la direzione lavori, si è proceduto allo spostamento della postazione e conseguentemente del sondaggio.

Successivamente, a valle delle indagini geofisiche ed in corrispondenza di ciascun carotaggio è stato eseguito un prescavo, realizzato allo scopo di accertare ulteriormente l'eventuale assenza di interferenze, nonché la profondità per avviare il primo rilievo della BOB. Lo scavo, profondo circa 0,8 – 1,0 m, di pianta a forma rettangolare (circa 0,5 m x 1,0 m), è stato eseguito utilizzando esclusivamente attrezzature a mano d'uso comune: badili e picconi; il materiale proveniente dallo scavo è stato depositato temporaneamente in un'area apposita individuata internamente al cantiere e successivamente utilizzata per il ripristino della superficie.



Allestimento area di indagine mediante recinzione



Preparazione del punto di prelievo tramite pulizia dell'area nell'intorno del punto prescelto



Esecuzione prescavo mediante con attrezzatura manuale



A seguito dell'autorizzazione n. 210 del 17.11.2008 rilasciata dall'Ispettorato delle Infrastrutture dell'Esercito – X Reparto Infrastrutture, Ufficio B.C.M. sono state eseguite le attività di bonifica da ordigni bellici; a tal fine si è proceduto all'esecuzione, come indicato dall'Ufficio BCM, di n. 3 misurazioni per ogni carotaggio, rispettivamente alla profondità di 1,0 m (in corrispondenza della base del prescavo), 3,00 m e 5,00 m dal p. c., previa terebrazione di apposito foro.

Relazione Tecnico Descrittiva  
**Progetto per la determinazione dei valori di Fondo nei terreni  
SIN "Napoli Orientale"**

---



La bonifica è consistita nella ricerca di eventuali masse metalliche come ordigni, mine ed altri manufatti bellici fino a m 10,00 di profondità dal piano campagna. Dopo l'esecuzione del prescavo è stato effettuato un primo rilevamento, che ha consentito l'esclusione della presenza di masse metalliche fino a 5,0 m dal piano di posa dello strumento. Di seguito è stato realizzato un foro fino a 5,0 m dal suddetto piano di posa, ed a tale profondità è stata effettuata la seconda verifica che ha permesso l'accertamento fino a 10,0 m dal p.c.

L'esito delle attività di bonifica precauzionale da ordigni esplosivi residuati bellici è riportato nel Verbale di Constatazione n. 30 del 12.02.2009 redatto dall'Ufficio BCM dell'Ispettorato delle Infrastrutture dell'Esercito – X Reparto Infrastrutture, con il quale si attesta che il servizio di bonifica, eseguito dal 28.01.2009 a 06.02.2009, è stato compiuto conformemente alle norme contenute nell'autorizzazione sopra indicata, limitatamente alle aree oggetto di campionamento e che nel corso dei lavori non sono stati rinvenuti ordigni bellici.

## 2.2 *Indagini dirette*

### 2.2.1 *Esecuzione carotaggi*

Tutte le operazioni di perforazione sono state effettuate con metodi tali da garantire la massima rappresentatività dei campioni prelevati ed in condizioni rigorosamente controllate in modo da evitare fenomeni di contaminazione ed alterazione delle caratteristiche chimico-fisiche dei campioni; in particolare tutta l'attrezzatura di campionamento è stata sottoposta, tramite lavaggio con acqua distillata, a procedura di decontaminazione prima dell'inizio del prelievo, tra un prelievo e l'altro e prima di lasciare l'area investigata.

I sondaggi sono stati eseguiti con una sonda meccanica a rotazione CMV 600 montata su cingoli, utilizzando un carotiere semplice di diametro pari a 101 mm e spinti fino ad una profondità di 10 metri



Relazione Tecnico Descrittiva  
**Progetto per la determinazione dei valori di Fondo nei terreni  
SIN “Napoli Orientale”**

---

dal p.c.; l'avanzamento del carotiere nei suoli è stato realizzato avendo cura di procedere con basse velocità di rotazione per evitare fenomeni di surriscaldamento del terreno.

Il solo sondaggio SE02 è stato limitato ad una profondità di 7,10 m dal piano campagna; oltre tale profondità, infatti, era presente uno strato sabbioso saturo d'acqua e dunque allo stato semiliquido, non carotabile.



Perforazione, mediante carotiere di diametro pari a 101 mm

### 2.2.2 *Campionamento, confezionamento, stratigrafie*

Le carote relative ai sondaggi sono state raccolte in apposite cassette catalogatrici in PVC, costituite da 5 scompartimenti, di 1 metro di lunghezza ciascuno. Le stratigrafie sono state elaborate con l'ausilio del software “Stratigrafie Sondaggi” prodotto dalla SGEO, (Allegato 1).

Il materiale perforato ed estruso dal carotiere, relativo al singolo sondaggio, è stato deposto nell'apposita cassetta catalogatrice garantendo la conservazione della naturale successione stratigrafica; al fine di minimizzare ogni possibile rischio di contaminazione incrociata, il campionamento è avvenuto a mezzo di una spatola, opportunamente decontaminata a valle di ogni singola operazione.

Le operazioni di campionamento hanno previsto, per ogni verticale di sondaggio, il prelievo a tre differenti profondità stabilite di volta in volta con la direzione lavori e che generalmente hanno rispettato un campionamento nel primo metro e mezzo, un altro a fondo foro ed il terzo nello strato intermedio.

In definitiva il numero totale di campioni risulta essere pari a 90.

Ogni campione di suolo, privato della frazione granulometrica maggiore di 2 cm (scartata in campo), è stato suddiviso in due differenti aliquote, l'una per le analisi di laboratorio e l'altra da conservare per eventuali verifiche; ogni aliquota è stata poi suddivisa in due ulteriori subaliquote, riposte in contenitori

Relazione Tecnico Descrittiva  
**Progetto per la determinazione dei valori di Fondo nei terreni  
SIN "Napoli Orientale"**

---

di vetro rispettivamente del volume di 1000 ml e 500 ml, di cui una per la determinazione analitica dei metalli e l'altra per i metalloidi. Al fine di non compromettere la stima dei valori di fondo con dati relativi a campioni caratterizzati da contaminazione recente non riconducibile a fonti conosciute, sono state escluse, dalla formazione del campione, le porzioni della carota compresa tra 0 e 50 cm dal p.c.



Le aree investigate si possono suddividere in tre sub aree:

- Sub area 1 – Settore relativo ai quartieri di San Giovanni a Teduccio e Barra (sondaggi dal SE-01 ad SE-12): interessato da materiale di riporto o materiale vegetale, da litologie sabbiose debolmente limose nella parte alta e sabbie limose inglobanti pomici o pisoliti di origine vulcanica. In corrispondenza dei sondaggi SE-06, SE-08, SE-10 e SE-11, si rinviene un paleosuolo di colore nerastro inglobante pomici di dimensioni comprese tra 1÷20mm. Nei sondaggi SE-01 e SE-03 si rinvengono depositi cineritici frapposti tra il riporto e le sabbie.
- Sub area 2 – Settore relativo al quartiere di Ponticelli,(sondaggi dal SE-13 ad SE-27): caratterizzato nella parte più superficiale da terreno di riporto o materiale vegetale, da sabbia debolmente limosa e nella parte bassa da un'alternanza di sabbia fine e sabbia grossolana spesso con pomici; nei sondaggi SE-14 ed SE-15 alla base, si rinvengono diversi paleosuoli inglobanti pomici generalmente eterometriche;
- Sub area 3 – Settore relativo al quartiere di Ponticelli a confine con il Comune di Volla (sondaggi compresi tra SE-28 ed SE-30): caratterizzato essenzialmente da materiale di riporto da un'alternanza di sabbia fine e sabbia grossolana entrambi debolmente limose spesso con pomici.

La caratterizzazione dell'area ha permesso di definire la presenza di 5 differenti tipologie di terreno:

- terreno/materiale di riporto, composto essenzialmente da frustoli vegetali in rari casi e da laterizi e pezzame vario (RIP), presente diffusamente si tutta l'area (22 sondaggi) con spessori variabili tra 1 metro e 6 metri;
- sabbie limose con pomici (SP) riscontrate in tutti i sondaggi con spessori compresi tra 1 m e 9 m. Esse sono state raggruppate in un'unica tipologia pur presentando una certa variabilità a livello granulometrico al fine di ottenere una classe omogenea dal punto di vista litologico e rappresentativa ai fini statistici.

Relazione Tecnico Descrittiva  
**Progetto per la determinazione dei valori di Fondo nei terreni  
SIN “Napoli Orientale”**

---

Le altre tipologie di terreno, rinvenute in campioni sporadici e pertanto non sono risultate significative dal punto di vista statistico, sono:

- terreno vegetale misto a pomici (TVP)
- cinerite con ciottoli o pomici (CinP)
- paleosuolo con pomici (Paleo).

### 2.3 *Modalità di gestione e conservazione dei campioni*

I campioni da sottoporre alle analisi di laboratorio, contrassegnati con etichette adesive riportanti il codice del sondaggio, la profondità di prelievo, il codice del campione, la data e l'ora di prelievo, nonché l'identificativo del progetto di riferimento, sono stati conservati ad una temperatura pari a  $4 \pm 2$  °C ed inviati, a fine di ogni operazione giornaliera, unitamente alla documentazione di trasmissione al Laboratorio Multizonale Suolo e Rifiuti (LMSR) presso il Centro Regionale Siti Contaminati dell'ARPAC sito in Via Antiniana n. 55 Pozzuoli (NA).

Tutti i campioni sono stati conservati, presso le strutture laboratoristiche e fino all'apertura del campione, alla temperatura di  $4 \pm 2$  °C.

### 2.4 *Analisi chimiche*

Le analisi chimiche sui campioni di suolo per la determinazione dei parametri ricercati e di seguito elencati sono state effettuate dal Laboratorio Multizonale Suolo e Rifiuti del Centro Regionale Siti Contaminati dell'ARPAC; i limiti di rilevabilità dei metodi utilizzati sono conformi ai requisiti previsti dalla normativa.

I campioni analizzati, ai sensi del D.Lgs. 152/06, sono stati privati della frazione maggiore di 2 cm (scartata in campo) e le determinazioni analitiche in laboratorio sono state eseguite sull'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm. I risultati sono stati espressi riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro.

Di seguito si riporta l'elenco dei parametri ricercati sui campioni di suolo, in relazione agli inquinanti inorganici presenti nella short-list integrata di Napoli Orientale, integrata con i parametri Ferro e Alluminio, in relazione a quanto prescritto dal Protocollo Operativo per la determinazione dei valori di fondo di metalli/metalloidi nei suoli dei siti d'interesse nazionale, redatto da APAT e ISS:

<u>Composti</u>	<i>Alluminio, Antimonio, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo Totale,</i>
<u>inorganici</u>	<i>Cromo VI, Ferro, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Stagno, Tallio, Vanadio, Zinco, Cianuri (liberi), Fluoruri.</i>

Al fine di acquisire il maggior numero di informazioni possibili a supporto della definizione dei valori di fondo, si è ritenuto opportuno stimare non solo il contenuto totale dei singoli elementi ma anche la frazione effettivamente o potenzialmente mobile di ciascun elemento. Tale valutazione è stata eseguita mediante l'applicazione di metodi di estrazione basati sull'utilizzo di differenti soluzioni estraenti in grado di agire su diverse proprietà chimiche. In particolare sono state eseguite analisi del metallo estraibile con acqua demineralizzata in grado di stimare la quantità di metallo “libero” presente nell'acqua interstiziale (forma effettivamente mobile), ed analisi della frazione di metallo estraibile con una soluzione di DTPA/calcio cloruro biidrato/trietanolamina ed attribuibile al metallo potenzialmente

Relazione Tecnico Descrittiva  
**Progetto per la determinazione dei valori di Fondo nei terreni  
SIN “Napoli Orientale”**

mobilizzabile in seguito alle interazioni suolo/pianta. La scelta delle metodiche analitiche da applicare per tali valutazioni è stata fatta conformemente a quanto stabilito nel Protocollo Operativo per la determinazione dei valori di fondo di metalli/metalloidi nei suoli dei siti d'interesse nazionale, redatto da APAT e ISS. Le metodiche analitiche utilizzate sono riportate nel prospetto seguente.

Forma metallo/metalloide	Preparativa	Metodica Analitica
Totale	Dissoluzione completa in HF, successivo attacco con acqua regia e complessazione con H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> [metodo EPA 3052]	ICP – OES / FI-HG-AAS
Pseudo totale	Pretrattamento ossidativo con H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> e successivo attacco acido con acqua regia [metodo EPA 3050 B]	ICP – OES / FI-HG-AAS
Disponibile per le piante	Estrazione con soluzione di DTPA/calcio cloruro biidrato/trietanolammina [D.M. 13 settembre 1999 “Metodi ufficiali di analisi chimica sul suolo” – metodo XII.1]	ICP – OES / ICP Massa / FI-HG-AAS
Solubilità in acqua	Eluizione in acqua demineralizzata [norma UNI 10802]	ICP Massa / FI-HG-AAS

### 3 RISULTATI

I risultati ottenuti dalle analisi chimiche sui campioni di suolo sono riepilogati in Tabella 1 dell'Allegato 2, in cui per ciascun campione si riporta il codice, la relativa profondità di campionamento e le concentrazioni, determinate sia in dissoluzione in acqua regia sia mediante dissoluzione in HF, riscontrate per ciascuno degli analiti ricercati.

In Allegato 2 sono altresì riportate le seguenti tabelle.

- Tabella 2 – Prova di lisciviazione in soluzione acquosa;
- Tabella 3 – Indice di disponibilità per le piante di Metalli Pesanti;
- Tabella 4 – Parametri fisici.

### 4 ELABORAZIONE STATISTICA

#### 4.1 Dati di input

Il set di dati è desunto dai risultati analitici relativi a 90 campioni di suolo prelevati in corrispondenza di n. 30 sondaggi e relativi a tre differenti profondità. In particolare gli spessori campionati dalle carote corrispondono, con alcune eccezioni, agli intervalli di profondità di 0,5-1,5 m, di 4,5-5,5 m e 9-10 m dal p.c.

#### 4.2 Numero di campioni

La numerosità campionaria relativa alle due tipologie di terreno RIP e SP è ritenuta accettabile (22 e 51 dati) mentre le rimanenti classi sono state considerate inadeguate (8, 2, 4 e 3 dati

Relazione Tecnico Descrittiva  
**Progetto per la determinazione dei valori di Fondo nei terreni  
 SIN “Napoli Orientale”**

rispettivamente per TVP, CinP, Paleo, e campioni misti SP/RIP) per elaborazioni statistiche. I set di dati con numerosità campionaria statisticamente accettabile corrispondono anche ad una suddivisione basata sulle profondità, essendo il terreno di riporto caratteristico del primo strato (0,5-1,5 m) e le sabbie limose con pomici caratteristiche degli strati sottostanti (4,5-5,5 m e 9-10 m). La valutazione statistica dei dati è stata quindi effettuata per i terreni di riporto e per le sabbie miste a pomici ritenendo il loro numero sufficiente, dal punto di vista statistico, ai fini della determinazione del valore di fondo.

#### 4.3 Dati chimici

L'analisi di comparazione dei dati relativi ai parametri TOC, CEC, Eh, pH e carbonati (considerati descrittori chimici delle matrici indagate) condotta tra le due tipologie di suolo considerate ha evidenziato l'omogeneità delle proprietà chimiche tra le due classi tranne che per il contenuto in carbonio organico che è risultato significativamente diverso e più alto nel terreno di riporto (Tabella 2). Si evidenzia la presenza di pochi outliers in tutti i set di dati esclusi nella successiva fase di confronto tra le popolazioni. Le evidenze riscontrate per i parametri chimici confermano la bontà della scelta di operare con le due tipologie di suolo prescelte.

Tabella 2- Parametri statistici descrittivi dei set di dati relativi a TOC, Eh, CEC, CO<sub>3</sub>, pH

Tipo di suolo	TOC		Eh		CEC		CO <sub>3</sub>		pH	
	RIP	SP	RIP	SP	RIP	SP	RIP	SP	RIP	SP
N dati	20	47	21	50	22	51	20	49	20	51
media	0,96	0,48	255	246	6,89	6,74	11	9,7	8,2	8,4
mediana	0,895	0,45	260	250	6,85	6,6	11,5	8,7	8,2	8,5
varianza	0,155	0,023	423	525	5,92	4,84	16	20	0,09	0,14
minimo	0,45	0,25	215	196	1,6	3,4	2,2	2,2	7,6	7,5
massimo	1,90	0,84	278	277	11	11,4	18	20	8,8	9,0
simmetria	1,60	2,18	-1,57	-1,45	-0,74	1,57	-0,60	1,24	0,04	-1,84
curtosi (forma)	0,60	0,155	-0,46	-1,34	-0,09	-0,78	-0,29	-0,93	0,34	-0,15

Per quanto si riferisce alle determinazioni analitiche, i metalli sono stati analizzati sia previa dissoluzione in acqua regia che mediante dissoluzione in HF. Tenendo in considerazione che le popolazioni riferite ai due differenti metodi analitici non presentano differenze significative e che in genere il metodo più utilizzato per la determinazione analitica dei metalli per applicazioni ambientali è quello che prevede la dissoluzione in acqua regia si è scelto, almeno in via preliminare, di elaborare i dati ottenuti mediante dissoluzione in acqua regia.

#### 4.4 Risultati analitici

Le concentrazioni di As, Cd, Co, Cr tot, Hg, Ni, Pb, Cu tot, Se, Tl, Zn, Cr<sub>VI</sub> sono risultate sempre inferiori alle CSC per uso residenziale e per alcuni analiti inferiori al limite di rilevabilità del metodo.

Relazione Tecnico Descrittiva  
**Progetto per la determinazione dei valori di Fondo nei terreni  
SIN “Napoli Orientale”**

---

Per tale ragione si è ritenuto necessario procedere alla determinazione dei valori di fondo dei soli analiti Be, Sn, V.

#### 4.5 *Elaborazione dei dati*

I set di dati descritti nelle sezioni precedenti sono stati sottoposti ad elaborazione statistica coerentemente a quanto previsto nel “Protocollo operativo per la determinazione dei valori di fondo di metalli/metalloidi nei suoli dei siti d’interesse nazionale” secondo i 4 step previsti:

1. analisi preliminare e identificazione degli outliers;
2. definizione della distribuzione dei dati;
3. rappresentazione della distribuzione dei dati (descrittori numerici e grafici);
4. definizione dei valori di concentrazione rappresentativi del fondo.

##### 4.5.1 *Analisi preliminare e identificazione degli outliers*

L’identificazione degli outliers è stata effettuata tramite la rappresentazione di diagrammi tipo Box-Whiskers. In tale elaborazione vengono definiti outliers i valori esterni al limite superiore ed al limite inferiore (upper e lower fence), definiti rispettivamente pari al valore 75° percentile più 1,5 volte la distanza interquartile ed al valore 25° percentile meno 1,5 volte la distanza. Si è scelto di procedere all’identificazione degli outliers per via grafica al fine di renderla indipendente dal tipo di distribuzione dei dati. Nella Tabella 3 sono riportati il numero degli outliers identificati per ciascun set di dati.

Tabella 3 – Numero di outliers identificati ed in parentesi i valori degli stessi

	Be	Sn	V
RIP	3 (7,8/0,9/1,7)	no outlier	3 (16/27,8/44,1)
SP	1 (21,8)	4 (10,1/14/7,5/8,95)	1 (189)

##### 4.5.2 *Distribuzione dei dati e loro rappresentazione (descrittori numerici)*

I test sulla normalità (Shapiro-Wilks test, skewness and Kurtosis test) delle distribuzioni dei parametri presi in esame, effettuati dopo l’identificazione e l’eliminazione degli outliers, hanno evidenziato l’andamento gaussiano per tutte le popolazioni.

Sulla base del tipo di distribuzione seguita dai dati delle due popolazioni sono stati definiti alcuni descrittori statistici quali la media, la mediana, la varianza, la skewness, la kurtosi ed il 95° percentile riportati in Tabella 4.



Relazione Tecnico Descrittiva  
**Progetto per la determinazione dei valori di Fondo nei terreni  
 SIN “Napoli Orientale”**

Tabella 4- Parametri statistici descrittivi dei set di dati relativi a Be, Sn, V

Tipo di suolo	Be		Sn		V	
	RIP	SP	RIP	SP	RIP	SP
N dati	19	50	22	47	19	50
media	4,7	5,0	3,4	2,8	70	62
mediana	4,5	4,9	3,4	2,2	69	63
varianza	0,54	1,3	0,91	0,14	54	147
minimo	3,1	2,1	2,08	1,1	58,6	36,4
massimo	6,1	7,1	5,34	3,2	86,4	88,5
skewness	0,17	-0,68	0,80	-0,72	1,4	0,01
kurtosi	0,03	-0,01	-0,58	2,2	0,73	-0,49
95° percentile	6,2	7,0	5,1	2,7	86,4	78,8

Il confronto tra le due popolazioni per ciascun metallo ha messo in evidenza differenze statisticamente significative tra il terreno di riporto e le sabbie miste a pomici nel caso dello stagno e del vanadio, mentre non ha evidenziato differenze statisticamente significative nel caso del berillio. Le valutazioni statistiche sono state eseguite mediante i test di Student (confronto delle medie) e di Kolmogorov-Smirnov (confronto delle mediane) applicati uno o l'altro sulla base dell'uguaglianza o meno della varianza caratteristica delle popolazioni confrontate (test di Fisher). Tutti i test sono stati applicati con il 95% di livello di confidenza.

#### 4.5.3 Determinazione dei valori di fondo

Sulla base dell'elaborazione dei dati effettuata, si è scelto di fissare i valori di fondo per gli elementi in esame al 95° percentile delle distribuzioni relative al terreno di riporto e alle sabbie miste a pomici secondo quanto indicato nel protocollo operativo. I valori ottenuti sono riportati in Tabella 5.

Tabella 5 - Valori 95% percentile

	Be	Sn	V
RIP	6,2	5,1	86
SP	7,0	2,7	79

Si sottolinea che l'utilizzo dei valori di fondo determinati con tale approccio metodologico andrebbe circoscritto a matrici relative ad un contesto ambientale comparabile a quello valutato sulla base dei 30 sondaggi presi in esame.

Nella fattispecie le proprietà litologiche e chimiche rappresentative del contesto considerato per la determinazione dei valori di fondo, sono:

- per i terreni di riporto un contenuto di carbonio organico compreso tra 0,5 e 2%, un contenuto in carbonati tra 2 e 20%, un pH tra 7,5 e 9, una capacità di scambio cationico compresa tra 1 e 11 cmol/kg, ed un potenziale redox compreso tra 200 e 300 mV;

Relazione Tecnico Descrittiva  
**Progetto per la determinazione dei valori di Fondo nei terreni  
SIN "Napoli Orientale"**

---

- per sabbie miste a pomici un contenuto di carbonio organico compreso tra 0,2 e 1 %, un contenuto in carbonati tra 2 e 20 %, un pH tra 7,5 e 9, una capacità di scambio cationico compresa tra 3 e 11 cmol/kg, ed un potenziale redox compreso tra 200 e 300 mV.

Si osserva che nel caso del vanadio il valore statistico del 95° percentile, calcolato per entrambe le tipologie di suolo, risulta inferiore al limite fissato dal D.Lgs. 152/06 per i suoli ad uso residenziale e/o ricreativo (90 mg/Kg) e che, dunque, quest'ultimo valore resta quello di riferimento per la CSC.

In Tabella 6 si propongono i valori di fondo dopo arrotondamento, giustificato anche da un grado di tolleranza legato alla incertezza associata al dato analitico.

Tabella 6 - Valori di Fondo

	Be	Sn
RIP	6	5
SP	7	3

## 5 CONCLUSIONI

Le attività di investigazione condotte sui suoli limitrofi al Sito di Interesse nazionale "Napoli Orientale" ed in particolare in aree, ricadenti nei quartieri di Ponticelli (a nord del SIN), di San Giovanni a Teduccio (a sud-est del SIN) e di Barra (ad est del SIN), con caratteristiche geologico-stratigrafiche similari al SIN in cui sono state evidenziate sorgenti di contaminazione puntuali, hanno consentito di proporre valori rappresentativi del fondo di alcuni composti inorganici.

In particolare la campagna di investigazione ha prodotto un set di dati costituito da n. 90 campioni di suolo prelevati in corrispondenza di n. 30 sondaggi e relativi a tre differenti profondità: 0,5 - 1,5 m, 4,5 - 5,5 m e 9 - 10 m dal p.c. Per ogni campione sono stati analizzati gli inquinanti inorganici presenti nella short-list integrata di Napoli Orientale; in particolare i metalli sono stati analizzati sia previa dissoluzione in acqua regia che mediante dissoluzione in HF. Tenendo in considerazione che le popolazioni riferite ai due differenti metodi analitici non presentano differenze significative e che in genere il metodo più utilizzato per la determinazione analitica dei metalli per applicazioni ambientali è quello che prevede la dissoluzione in acqua regia si è scelto, almeno in via preliminare, di elaborare i dati ottenuti mediante dissoluzione in acqua regia.

Inoltre siccome le concentrazioni dei parametri analizzati risultano sempre inferiori alle CSC per uso residenziale ad eccezione del berillio, stagno e vanadio, si è ritenuto necessario procedere alla determinazione dei valori di fondo dei soli parametri che presentano superamento.

In particolare, per ciò che concerne il parametro vanadio la CSC di riferimento resta quella di cui al limite fissato dal D.Lgs. 152/06 per i suoli ad uso residenziale e/o ricreativo; nella determinazione dei valori di fondo naturale di stagno e berillio, invece, si sono riscontrate differenze statisticamente significative tra i valori di suolo nello strato superficiale, composto da riporto, e quello profondo, essenzialmente costituito da sabbie miste a pomici; ciò ha evidenziato la necessità di stabilire, per ciascun metallo in esame, due valori di fondo, riportati nella seguente tabella: l'uno relativo al terreno di riporto (RIP) e l'altro alle sabbie miste a pomici (SP).

	Be	Sn
RIP	6	5
SP	7	3