



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

*Dipartimento Difesa del Suolo  
Servizio Geologico d'Italia*



*(UOC Siti Contaminati e Bonifiche)*

\* \* \*

**“Valori di fondo di Be, Sn e V nei terreni dell’area  
Laghetti di Castel Volturno”**

\* \* \*

**Sito di Interesse Nazionale Litorale Dominio Flegreo e Agro Aversano**

Dicembre 2010

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'AREA .....</b>	<b>1</b>
2.1	LAGHETTI .....	3
2.2	LAGO PATRIA.....	3
2.3	REGI LAGNI.....	4
<b>3</b>	<b>ELEMENTI GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI .....</b>	<b>4</b>
3.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	4
<b>4</b>	<b>COSTITUZIONE DEL SET DI DATI .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>ANALISI STATISTICA DEI DATI.....</b>	<b>7</b>
5.1	ANALISI PRELIMINARE DEL SET DI DATI .....	7
5.2	INDIVIDUAZIONE DELLE FACIES LITOLOGICHE.....	8
5.3	IDENTIFICAZIONE E TRATTAMENTO DEI NOT DETECT.....	1
5.4	INDIVIDUAZIONE E TRATTAMENTO DEGLI OUTLIER .....	1
5.5	CONSIDERAZIONI IN MERITO A VARIAZIONI DI CONCENTRAZIONE CON LA PROFONDITÀ.....	1
5.6	STUDIO DEL TIPO DI DISTRIBUZIONE.....	8
<b>6</b>	<b>DEFINIZIONE DEI VALORI RAPPRESENTATIVI DEL FONDO.....</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>13</b>
7.1	PROPOSTA DI GESTIONE DEI VALORI DI FONDO .....	13

## 1 PREMESSA

Con nota prot. 2010/0004981 del 5 ottobre 2010 il Commissario di Governo per l'emergenza bonifiche e la tutela delle acque nella regione Campania ha evidenziato al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), Direzione Generale per la tutela del territorio e delle risorse idriche, la necessità di determinare i valori di fondo nei terreni dei cosiddetti "Laghetti di Castel Volturno". A seguito di questa nota è stato istituito presso il MATTM un tavolo tecnico costituito dai rappresentanti dei seguenti soggetti: Commissario di Governo delegato ex OPCM n. 3849/2010, ISPRA, ISS, ARPA Campania e SOGESID SpA.

Nel corso delle riunioni tecniche tenutesi presso il MATTM, i rappresentanti del Commissario di Governo hanno specificato che l'esigenza della determinazione del fondo riguardava i soli parametri Be, Sn, e V per i suoli dell'area oggetto della caratterizzazione condotta da Sviluppo Italia Aree Produttive nel 2008.

Si ricorda che il Decreto Legislativo n.152/06 "Norme in materia ambientale", riporta, (Art. 240, comma 1, lettera b): *"CSC: i livelli di contaminazione delle matrici ambientali che costituiscono valori al di sopra dei quali è necessaria la caratterizzazione del sito e l'analisi di rischio sito specifica, come individuati nell'Allegato 5 alla parte quarta del presente decreto. Nel caso in cui il sito potenzialmente contaminato sia ubicato in un'area interessata da fenomeni antropici o naturali che abbiano determinato il superamento di una o più concentrazioni soglia di contaminazione, queste ultime si assumono pari al valore di fondo esistente per tutti i parametri superati"*.

I valori di fondo, quindi, sono sostitutivi dei valori di riferimento per terreni e acque sotterranee, al di sopra dei quali è necessaria l'elaborazione dell'analisi di rischio sito-specifica.

Per la redazione del presente documento si è fatto riferimento al *"Protocollo Operativo per la determinazione dei valori di fondo di metalli/metalloidi nei suoli dei siti d'interesse nazionale"* Redatto da APAT (ora ISPRA) e ISS nel giugno 2006, nel seguito del documento indicato come "Protocollo".

Il Protocollo prevede che la determinazione dei valori di fondo avvenga secondo i seguenti passaggi:

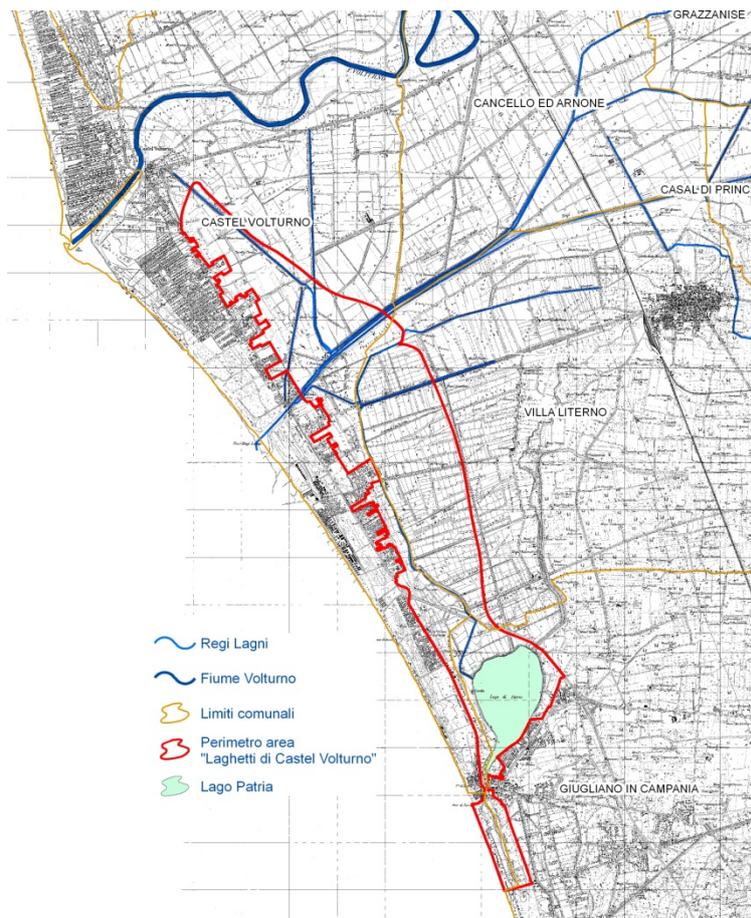
1. Ricostruzione dell'assetto geologico e geochimico dell'area
2. Costituzione del set di dati
3. Analisi statistica dei dati
4. Determinazione dei valori di fondo

Nei successivi capitoli sono presentati i risultati dell'applicazione del protocollo all'area dei Laghetti di Castel Volturno.

## 2 DESCRIZIONE DELL'AREA

A seguito dell'attività estrattiva di sabbia condotta diffusamente ed abusivamente nel passato, si sono formati numerosi bacini, di diversa superficie e profondità, in cui è affiorata l'acqua di falda; gli specchi d'acqua così originatisi sono comunemente indicati come "laghetti". La problematica relativa a tali "laghetti" artificiali è stata più volte oggetto di interesse ambientale, pertanto il MATTM ha individuato e perimetrato l'intera area che circonda tali bacini.

La zona di interesse ai fini del presente studio è interna al SIN "Litorale Domitio Flegreo ed Agro Aversano", ed è ubicata nell'estrema parte sud - occidentale della provincia di Caserta (Figura 1), estendendosi tra la foce del fiume Volturno (a nord), il lago Patria (a sud), la S.P. 13 (ad est) e la S.P. 58 (ad ovest).



**Figura 1. Inquadramento generale**

L'area in esame presenta una forma allungata e si estende per un'ampiezza massima di circa 2,5 km lungo una fascia di territorio lunga circa 16 km che corre parallela alla costa campana per una superficie complessiva di circa 25 kmq nei territori comunali di Castel Volturno (CE), Villa Literno (CE) e Giugliano in Campania (NA).

Tale area risulta dall'inviluppo di specchi d'acqua artificiali di piccole dimensioni (laghetti) e del Lago Patria, comprendendo aree agricole, canali di scolo e un ridotto tratto dell'asta principale dei Regi Lagni.

L'area, interamente pianeggiante, presenta un profilo orografico solo lievemente ondulato per la presenza di aree di accumulo detritico fluviale che si alternano ad aree leggermente depresse. E' attraversata dal tratto terminale dell'asta principale dei Regi Lagni, che al termine del suo lungo percorso sfocia nel Mar Tirreno, e da una fitta rete di canali di deflusso delle acque, che hanno come punto di recapito finale l'asta principale dei Regi Lagni ed il lago Patria.

In ragione della ridotta altitudine e pendenza, ampi tratti del territorio in esame erano occupati, in passato, da paludi e acquitrini; gran parte di tali terreni sono stati sottoposti a bonifica idraulica mediante la realizzazione di una capillare rete di canali, che, grazie all'azione combinata delle idrovore (indispensabili per il salto di quota dalle aree depresse, sotto il livello del mare), consentono il deflusso delle acque verso il mare. Nei periodi di maggiore deflusso, in alcune aree adiacenti ai corsi d'acqua ed agli invasi (naturali e artificiali), si verificano occasionali allagamenti.

L'area è caratterizzata dalla contemporanea presenza di insediamenti industriali di varia natura e differente impatto antropico/ambientale e, nella zona costiera, di allevamenti zootecnici e di aree a colture estensive. In particolare, la strada statale Domitiana rappresenta la netta separazione tra l'area urbanizzata, localizzata lungo la stessa statale e lungo il versante costiero, e quella non

edificata e non interessata da attività agricole, che ha conservato una propria naturalità distinguendosi per la presenza di risorse naturali protette, pinete, aree a macchia mediterranea (aree naturali ricoperte da vegetazione arbustiva ed arborea autoctona, generalmente limitrofe alle pinete, ma fisicamente ben distinte perché in passato escluse dalla forestazione), terreni prevalentemente incolti marginali e sabbiosi, di transizione verso i suoli agrari (terreni fortemente sabbiosi e come tali caratterizzati da una fertilità intrinseca molto ridotta), area umida protetta (paludi), aree perilacustri (in tale categoria sono comprese le aree limitrofe al lago Patria, agli invasi ed altre aree umide-acquitrinose).

## 2.1 Laghetti

Come già riportato, l'area è caratterizzata dalla forte presenza di bacini artificiali (detti appunto "laghetti") creatisi a seguito di attività antropiche. Fin dagli anni '70 sono state realizzate, senza alcun controllo ambientale, decine di cave a fossa per l'estrazione di sabbie dal sottosuolo. L'asporto delle sabbie ha provocato, in aree in cui la quota piezometrica si attesta intorno a 0,5-1,5 m dal piano campagna, l'affioramento delle acque sotterranee e pertanto la formazione di specchi d'acqua con profondità variabili da 10 a 30 m e dimensioni comprese tra 1 e 16 ha. Il susseguirsi delle attività non autorizzate di estrazione e di riempimento con materiali di natura indefinita ha contribuito notevolmente ad un forte degrado ambientale degli stessi, provocando dunque un potenziale rischio sanitario-ambientale dell'area (Figura 2).



Figura 2. Area di indagine

## 2.2 Lago Patria

Il Lago Patria, caratterizzato da uno stato ecologico di tipo sub distrofico, con acque frequentemente soggette a crisi anossiche, specialmente d'estate, è un altro elemento che contribuisce al degrado ambientale dell'area. Il lago Patria, ubicato nella parte nord-occidentale del comune di Giugliano in

Campania, è un bacino di acqua salmastra con grado di salinità molto alto, tanto che vivono e prosperano esclusivamente specie marine; esso ha una superficie pari a 200 ha ed una profondità media pari a 1,5 m, con una profondità massima pari a 3 m. A questo bacino afferiscono il Canale Amore e il collettore Vena; il primo drena le acque pluviali provenienti dalle aree agricole poste nella zona nord-est della laguna, il secondo le acque di terreni situati a nord-ovest sotto il livello del mare, drenate e sollevate fino al lago mediante una stazione di idrovore. Altri apporti sono dovuti ad alcuni rigagnoli sulla costa orientale che convogliano acque dolci o debolmente salmastre e, più a sud, a tre sorgenti di acque dolci che alimentano il lago, con limitati apporti. La comunicazione tra il lago ed il mare avviene attraverso un canale di foce lungo circa 1,5 Km, con profondità media di 1 m.

Le aree in prossimità della costa sud-orientale del lago e del canale di foce, sono state interessate da una forte e disordinata urbanizzazione, con una popolazione attualmente residente pari a circa 6.000 abitanti. Gli sversamenti fognari abusivi, insieme agli apporti pelitici delle acque continentali, hanno provocato l'interramento della laguna. Per molti anni le acque reflue prodotte sono state scaricate direttamente in laguna senza sistemi di trattamento; inoltre, nelle aree lambite dalle acque è spesso notata la presenza di rifiuti ingombranti e non biodegradabili. Nelle restanti aree circostanti il lago sono presenti attività agricole e zootecniche (es. allevamento bufale); infine, nel lago sono praticate la pesca e l'itticoltura.

### **2.3 Regi Lagni**

Il bacino dei Regi Lagni sottende un'area molto vasta, circa 1.000 kmq, tra le province di Caserta, Napoli e Benevento. Esso è delimitato a nord-ovest dal Litorale Domitio e dal bacino del Liri-Garigliano-Volturno, a sud-est dall'area casertana e nolana, dalle pendici settentrionali del Vesuvio e dall'area vulcanica dei Campi Flegrei. In particolare, il canale dei Regi Lagni, con i suoi 56 km di lunghezza, attraversa le aree acerrana, casertana ed aversana, sfociando nel mar Tirreno un po' più a sud della foce del Volturno.

L'asta principale, con un'ampiezza di circa 80 metri in corrispondenza della foce, si presenta generalmente con la caratteristica sezione ad alveo di magra e doppia golena, interamente cementato al fondo alveo ed alle sponde e con argini e fondo alveo spesso invasi da fitta vegetazione erbaceo-arbustiva. Il canale principale raccoglie lungo il percorso le acque di diversi lagni e canali che drenano le acque scolanti dai versanti circostanti, costituendo l'unico recapito delle acque meteoriche ricadenti sul territorio di un centinaio di comuni.

Sin dai primi anni della loro realizzazione i Regi Lagni permisero di raggiungere eccezionali risultati, consentendo il recupero dei terreni, prima inutilizzati, e favorendo lo sviluppo di una fiorente agricoltura. Tuttavia, lo sviluppo sempre crescente ed incontrollato degli insediamenti urbani, industriali, di intense attività agricole, che nella parte costiera sono affiancate da una consistente presenza di allevamenti zootecnici, ha determinato nel tempo condizioni permanenti di degrado e di emergenza ambientale, rendendo questi canali oggetto di continue indagini e oculate campagne di monitoraggio.

## **3 ELEMENTI GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI**

### **3.1 Inquadramento geologico**

L'area in oggetto ricade per intero all'interno di quella che costituisce la Piana Campana, occupandone parte del settore occidentale. Si tratta di un'area caratterizzata da un bassissimo gradiente topografico la cui morfologia è condizionata da attività di natura vulcanica, fluviale, marino-eolica ed antropica.

La Piana Campana, struttura a scala regionale, è un'area che occupa gran parte delle province di Caserta e di Napoli (Figura 3).

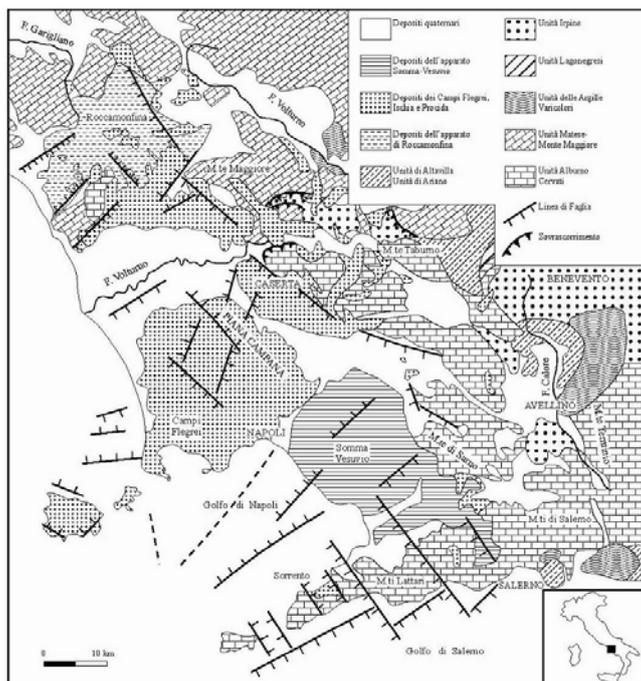


Figura 3. Carta geologica della Piana Campana

Si tratta di una vasta depressione di origine tettonica (graben) individuata nel Pliocene superiore e soggetta ad un pronunciato sprofondamento durante il Quaternario. L'area è delimitata perimetralmente da una serie di monoclini carbonatici (horst), ovvero da M.te Massico a nord, dai M.ti di Caserta a nord-est, dai M.ti di Sarno ad est e dai M.ti Lattari a sud. Il limite occidentale è rappresentato dal Mar Tirreno. Le principali linee tettoniche, ben riconoscibili ai bordi della pianura, che hanno determinato il graduale sprofondamento delle rocce carbonatiche, presentano andamento appenninico ed antiappenninico.

La depressione è stata riempita con la deposizione di materiale di origine vulcanica e alluvionale. I dati pubblicati in letteratura (Figura 4) indicano la presenza, dall'alto verso il basso, di:

- terreni sciolti piroclastici ed alluvionali limo – sabbiosi recenti, talora con torba nelle zone del basso Volturno, dei Regi Lagni e del Fosso Volla, di spessore variabile da qualche metro a 15–20 metri, sostituiti verso mare da depositi prevalentemente sabbiosi, dunari e di spiaggia, e depositi limo argillosi di interduna;
- Tufo Giallo Napoletano. Formazione omogenea ed unitaria dovuta ad un unico evento eruttivo, cui fece seguito la formazione della caldera flegrea; si presenta in una facies litoide ed in una facies incoerente di pozzolana;
- Tufo Grigio Campano (Ignimbrite Campana). Può essere in facies litoide o incoerente localmente intercalata da breccie. In alternanza è possibile rinvenire lave scoriacee e compatte;
- depositi alluvionali costituiti da piroclastiti sciolte, rimaneggiate, con granulometria da sabbioso–grossolana a limo–argillosa. Spesso si registra il passaggio laterale a terreni non dissimili ma di ambiente marino; lo spessore complessivo oscilla dai 100 ai 150 metri;
- unità limo–sabbiosa e limo–argillosa di ambiente marino; si rinviene a profondità maggiori di 150 – 200 metri;
- alluvioni e vulcaniti fino a 3.000 – 3.500 metri (nella parte centrale);
- depositi terrigeni quaternari, pliocenici e miocenici (alcune centinaia di metri);

- unità carbonatiche della piattaforma campano – lucana (da circa 4.000 – 4.500 metri fino a 6.500 – 7.000 metri);
- depositi argillosi e marnosi (qualche centinaio di metri);
- unità carbonatiche della piattaforma abruzzese – campana (da circa 7.000 metri fino a circa 10.000 metri).

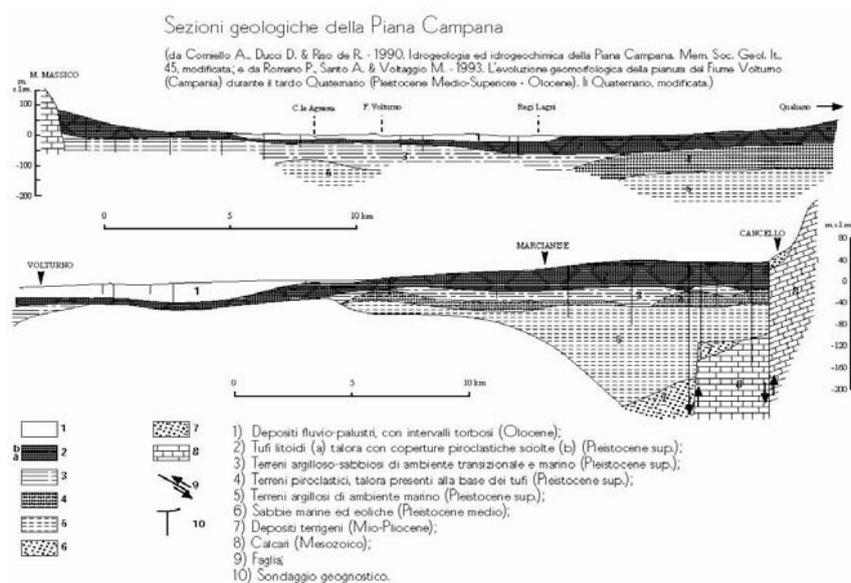


Figura 4. Sezioni geologiche della Piana Campana

L'area di interesse è ubicata lungo il margine occidentale della Piana ed è delimitata a nord dal fiume Volturno, a sud dal Lago Patria. Il limite occidentale è rappresentato dalla linea di costa bagnata dal mar Tirreno mentre quello orientale, di natura antropica, è rappresentato dal tracciato stradale della S.S. 7quater.

Si tratta di una porzione di territorio caratterizzata da un bassissimo gradiente topografico, con forme legate essenzialmente a processi di natura fluviale, alle dinamiche costiere e soprattutto all'attività antropica. Quasi tutto il territorio è compreso in una fascia altimetrica tra 0 e 3 m s.l.m., con un'area leggermente in "rilievo" (3÷9 m s.l.m.) corrispondente al cordone dunare.

I principali morfotipi sono:

1. morfotipi da morfologia costiera;
2. morfotipi legati alla dinamica fluviale;
3. morfotipi di origine antropica.

I morfotipi costieri sono rappresentati da uno sviluppato cordone dunare (con la tipica deposizione sabbiosa), non sempre riconoscibile a causa dell'intensa antropizzazione dell'area, e da limitate aree interdunali lagunari. Il cordone dunare si estende per l'intera lunghezza del perimetro individuato, parallelamente alla linea di costa, con una larghezza di circa 1 km.

Riguardo i morfotipi legati alla dinamica fluviale si riconoscono: aree golenali, cuspidi deltizia e meandri abbandonati tipici dell'azione erosivo-deposizionale del fiume Volturno.

Le forme legate all'attività antropica sono rappresentate dai Regi Lagni, sistema di canali artificiali per la bonifica idraulica della Piana, opere per la mitigazione del rischio idrogeologico, costituite essenzialmente da argini in terra in molti casi rivestiti in calcestruzzo e da una serie di "laghetti" artificiali, creatisi per affioramento della falda in seguito all'intensa attività di escavazione per la realizzazione di cave a fossa per lo sfruttamento di litotipi sabbiosi.

Dal punto di vista geologico l'area è caratterizzata sostanzialmente da 3 tipologie di facies litologiche, rispettivamente legate ad attività fluviale, vulcanica e alle dinamiche costiere.

Nel settore occidentale (la fascia litorale del perimetro considerato) si ha la presenza di terreni che obbediscono ai meccanismi e modalità deposizionali delle dune litorali. Tale membro risulta costituito da sabbie fini e sabbie argillose, da sciolte a poco addensate con abbondanti resti di molluschi.

Verso est i depositi continentali lasciano posto a terreni alluvionali costituiti da sabbie grigie sciolte ed argille grigio-azzurgnole da poco a mediamente consistenti con resti di molluschi, argille torbose poco consistenti e torbe. A tali depositi si alternano alluvioni recenti del Volturno costituite da argille marroni e grigio-blustre, da poco a mediamente consistenti con abbondanti resti vegetali lignei e molluschi, e sabbie grigie poco addensate con inclusi elementi pomicei e scoriaeci.

Alle facies alluvionali seguono depositi prodotti dall'intensa attività vulcanica flegrea consistenti in sabbie e sabbie-ghiaiose con subordinata frazione limosa di origine piroclastica e piroclastiti in senso stretto. Tali depositi sono presenti in affioramento solo nel settore sud orientale del perimetro individuato (nei pressi del Lago Patria), mentre nella restante porzione di territorio sottendono i suddetti depositi alluvionali il cui spessore massimo raggiunge i 30 m (aree prossime al fiume Volturno).

#### **4 COSTITUZIONE DEL SET DI DATI**

Il Protocollo prevede che per la determinazione delle concentrazioni di fondo nei siti contaminati d'interesse nazionale si possa valutare l'opportunità di utilizzare i dati disponibili acquisiti nel corso delle attività di caratterizzazione svolte dai soggetti obbligati.

Per questo scopo è stata effettuata una valutazione dei dati forniti dal Commissario di Governo delegato ex OPCM n. 3849/2010, trasmessi con nota prot. 5224 del 18/10/2010 relativi alle indagini svolte nel 2008 da Sviluppo Italia – Aree produttive.

Data la quantità di dati acquisiti nel corso delle indagini (oltre 1.500 campioni di terreno prelevato a diverse profondità in circa 600 sondaggi), la qualità degli stessi (validazione da parte dell'ARPA Campania e completezza delle informazioni circa le litologie campionate) e la strategia di campionamento (che ha previsto il prelievo di campioni anche in aree distanti dalle ipotizzate sorgenti di contaminazione) si è ritenuto che tali dati fossero sufficienti a valutare il fondo di Be, Sn e V nei suoli dell'area di interesse.

#### **5 ANALISI STATISTICA DEI DATI**

Una volta definito il set di dati corrispondente al campione rappresentativo, si è proceduto alla determinazione del fondo secondo i passaggi indicati nel seguito:

- analisi preliminare del set di dati (identificazione e trattamento di outlier e non-detect);
- definizione della distribuzione dei dati;
- definizione dei valori di concentrazione rappresentativi del fondo.

##### **5.1 Analisi preliminare del set di dati**

Per ognuno dei tre parametri di interesse sono disponibili complessivamente 1.498 osservazioni corrispondenti ad altrettanti campioni di terreno. Da questo set completo sono stati individuati i campioni di terreno che mostravano anche un solo superamento delle CSC (Colonna A) relativo a contaminanti organici o comunque a composti direttamente connessi con l'attività antropica (IPA, Idrocarburi, pesticidi, ecc.). Applicando questo primo "filtro" sono stati individuati 283 campioni.

Sono stati individuati, per ciascun parametro, tre data set:

- Data set completo (TOTALE): 1.498 osservazioni;

- Data set relativo ai campioni con superamenti da organici (O>CSC): 283 osservazioni;
- Data set privo di campioni con superamenti da organici (O<CSC): 1.215 osservazioni.

In via preliminare si nota che, per ciascun parametro di interesse, il data set O>CSC presenta valori dei percentili e della media generalmente superiori rispetto a quelli corrispondenti al data set O<CSC. L'incidenza percentuale dei superamenti delle CSC (Col. A) dei metalli in esame inoltre risulta sensibilmente superiore per il gruppo dei campioni O>CSC rispetto a quelli dei campioni O<CSC. In virtù delle procedure contenute nel documento "Protocollo" e dei risultati sopra esposti, la trattazione dei dati ha interessato il solo gruppo dei campioni O<CSC (Tabella 1).

**Tabella 1. Analisi statistica dei set TOTALE, O>CSC e O<CSC**

Be	count	25°P	50°P	75°P	95°P	Max	Media	Dev.St.	C>CSC_A	%C>CSC_A
Totale	1.498	0,72	1,90	3,00	4,70	27,00	2,07	1,62	702	46,86
O>CSC	283	1,75	2,50	3,30	4,39	7,30	2,59	1,13	185	65,37
O<CSC	1.215	0,62	1,60	2,90	4,80	27,00	1,95	1,69	517	42,55
Sn	count	25°P	50°P	75°P	95°P	Max	Media	Dev. St.	C>CSC_A	%C>CSC_A
Totale	1.498	0,50	1,30	2,30	4,00	31,00	1,75	1,94	886	59,15
O>CSC	283	1,20	2,10	3,20	9,30	23,00	2,77	2,89	225	79,51
O<CSC	1.215	0,50	1,20	2,00	3,60	31,00	1,51	1,55	661	54,40
V	count	25°P	50°P	75°P	95°P	Max	Media	Dev. St.	C>CSC_A	%C>CSC_A
Totale	1.498	24	38	58	102	2.100	47,69	63,58	116	7,74
O>CSC	283	33	45	73	147	240	59,17	38,70	47	16,61
O<CSC	1.215	22	36	55	92	2.100	45,01	67,81	69	5,68

## 5.2 Individuazione delle facies litologiche

Il passo successivo è consistito nell'assegnazione a ciascun campione di un codice rappresentativo della facies litologica di appartenenza. Per questo scopo si è fatto riferimento, oltre che a quanto riportato nelle stratigrafie dei sondaggi, ai seguenti elaborati:

- Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000: Foglio 183-184 "Isola d'Ischia-Napoli", Foglio 172 "Caserta", Foglio 171 "Gaeta" (Figura 5);
- Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000: Foglio 446-447 Napoli (Progetto CARG – in corso di realizzazione).

A ciascun dei 1.215 campioni è stato quindi assegnato un codice rappresentativo della facies litologica che ha portato all'individuazione delle seguenti classi (Tabella 2):

**Tabella 2. Facies litologiche**

Facies Litologica	acronimo	F. 183-184^	n. campioni
(1) Sabbie, argille e limi alluvionali	ALL	al	517

(2) Depositi Marini	MAR		2
(3) Piroclastiti (inclusi "tufi")	PIR	af	20
(4) Riporto	RIP		96
(5) Sabbie di duna, spiagge attuali, depositi di interduna	SEO	ad e as	482
(6) Terreno Vegetale	VEG		87
(7) Torba	TOR		5
(8) Nessuna litologia associata	NUL		6
Totale			1.215

\* In questa colonna sono riportati, ove presenti, i riferimenti delle formazioni riportate Foglio 183-184 della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000

*ad e as*: Spiagge sabbiose e duna litoranea recente; duna interna stabilizzata

*al*: sabbie e limi di colmata; argille lagunari

*af*: lapilli chiari non differenziati, depositi piroclastici e loro suoli nella pianura circumflegrea

L'analisi dei dati riportati nella tabella, lo studio delle carte geologiche e delle stratigrafie dei sondaggi evidenziano che le due facies litologiche significative ai fini della determinazione dei valori di fondo sono le facies ALL e SEO. Per quanto riguarda le altre facies litologiche valgono le seguenti considerazioni:

- PIR: la facies affiora esclusivamente nella porzione sud-orientale dell'area indagata; in accordo a quanto riportato nel Protocollo, la numerosità campionaria non è sufficiente ai fini di una determinazione rigorosa del valore di fondo;
- MAR e TOR il campione è costituito da un numero di osservazioni insufficiente per un'analisi statistica;
- RIP: la natura stessa del materiale costituente i campioni, eterogenea e con possibili apporti antropici, esclude la possibilità di determinare una concentrazione di fondo per questa litologia;
- VEG: la descrizione riportata nelle stratigrafie non permette di attribuire i campioni ad una facies litologica definita.



### 5.3 Identificazione e trattamento dei not detect

In relazione al trattamento dei valori inferiori al limite di rilevabilità (DL), si fa presente che nel set di dati trasmesso dal Commissario di Governo tali valori erano già stati sostituiti con il DL stesso. Poiché, inoltre, per ognuno dei parametri non risultava esplicitato il valore (o i valori) del DL, non è stato possibile determinare la frequenza con cui i not detect hanno affetto il dataset.

### 5.4 Individuazione e trattamento degli outlier

Gli outlier sono quei valori di un data set che non sono rappresentativi dell'insieme di dati nel suo complesso. Non sono rappresentativi perché, in genere, sono quantitativamente in numero estremamente ridotto e qualitativamente assumono dei valori molto grandi o molto piccoli rispetto al resto del data set. In campo ambientale di inquinamento dei suoli, valori di concentrazione molto alti in genere corrispondono ai picchi (hot spot) locali di concentrazione.

Comunque, in generale, tali valori estremi possono costituire dei "veri outlier" o dei "falsi outlier". I primi possono derivare da errori di trascrizione, di codifica dei dati o da una qualsiasi inefficienza degli strumenti del sistema di rilevazione dei dati. I secondi sono quei valori estremi reali, spesso presenti in questo tipo di indagini soprattutto, come già detto, in campo ambientale.

Nel caso in esame, per l'individuazione dei potenziali outlier si è fatto ricorso a due tipi di test:

- il test di Rosner ( $n^{\circ}$  oss.  $>25$ ) utilizzando il software ProUCL vers. 4.00.04 per la popolazione VEG che è l'unica avente distribuzione normale, e per le popolazioni PIR e RIP aventi distribuzioni log-normali applicando il test al logaritmo naturale delle concentrazioni;
- il test di Walsh (con  $\alpha = 0,05$  e  $n^{\circ}$  oss  $>220$ ) per le distribuzioni non parametriche ALL e SEO.

*Berillio:* il test eseguito sulle distribuzioni normali e log-normali VEG, RIP e PIR non restituisce alcun outlier. Si evidenzia la presenza di 2 outlier (concentrazioni 27 e 10 mg/kg) per ALL e 5 outlier per SEO (concentrazioni 4,4 4,6 4,8 7,3 e 7,4 mg/kg).

*Stagno:* il test eseguito sulle popolazioni VEG, RIP, PIR e SEO non restituisce alcun outlier; il test indica invece l'esistenza di 3 outlier (concentrazioni 7 15,9 31 mg/kg) per ALL.

*Vanadio:* il test eseguito sulle popolazioni VEG, RIP, PIR e SEO non restituisce alcun outlier; il test indica invece l'esistenza di 1 outlier (concentrazione 2.100 mg/kg) per ALL.

### 5.5 Considerazioni in merito a variazioni di concentrazione con la profondità

Con lo scopo di individuare i potenziali fattori regolanti la distribuzione dei valori dei parametri in esame, è stata analizzata la relazione tra le concentrazioni rilevate e la profondità di prelievo dei campioni. I data set utilizzati nelle elaborazioni sono comprensivi di eventuali outlier.

Per quanto riguarda la profondità rappresentativa dei campioni, sono stati individuati 4 livelli prendendo in considerazione il limite inferiore dell'intervallo di campionamento ("bottom") degli stessi desunto dalle stratigrafie dei sondaggi (Tabella 3).

Tabella 3. Suddivisione in livelli in funzione della profondità del bottom

	Profondità del bottom del campione compresa fra
LIV_1	0-1 m dal p.c.
LIV_2	1-2 m dal p.c.
LIV_3	2-3 m dal p.c.
LIV_4	>3 m dal p.c.

La matrice che descrive i raggruppamenti in funzione della litologia e della profondità è data in Tabella 4 che riporta, per ogni gruppo, la numerosità campionaria.

**Tabella 4** Suddivisione dei campioni in classi in funzione di litologia e profondità. Per ogni classe è riportato il numero dei campioni

	ALL	MAR	PIR	RIP	SEO	VEG	TOR	NUL	Totale
LIV_1	169		1	31	77	78	1		357
LIV_2	295	2	3	32	178	8	3	1	522
LIV_3	29		1	1	28				59
LIV_4	24		15	32	199	1	1	5	277
Totale	517	2	20	96	482	87	5	6	1.215

I principali descrittori statistici di Be, Sn e V riferiti alle classi individuate sono riassunti in Tabella 5, Tabella 6 e Tabella 7.

**Tabella 5.** Sintesi dei principali descrittori statistici di Be in funzione della litologia e della profondità di campionamento

<b>ALL</b>	n. camp.	Media	Min	25P	50P	75P	95P	Max
LIV_1	169	2,78	0,34	2,30	2,80	3,50	4,20	5,00
LIV_2	295	3,09	0,10	2,00	2,90	3,70	6,40	27,00
LIV_3	29	2,31	0,34	0,89	2,40	3,00	5,28	7,10
LIV_4	24	2,59	0,22	1,90	2,75	3,33	3,80	7,10
Tot. ALL	517	2,92	0,10	2,10	2,80	2,90	5,60	27,00
<b>MAR</b>	n. camp.	Media	Min	25P	50P	75P	95P	Max
LIV_1	0							
LIV_2	2	2,45	2,30	2,38	2,45	2,53	2,59	2,60
LIV_3	0							
LIV_4	0							
Tot. MAR	2	2,45	2,30	2,38	2,45	2,53	2,59	2,60
<b>PIR</b>	n. camp.	Media	Min	25P	50P	75P	95P	Max
LIV_1	1	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70
LIV_2	3	6,00	3,70	5,30	6,90	7,15	7,35	7,40
LIV_3	1	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80
LIV_4	15	2,44	0,40	1,35	1,80	3,10	5,19	5,40
Tot. PIR	20	3,21	0,40	1,48	2,75	4,83	6,93	7,40
<b>RIP</b>	n. camp.	Media	Min	25P	50P	75P	95P	Max
LIV_1	31	1,91	0,20	0,85	1,50	2,50	4,20	8,60
LIV_2	32	1,70	0,30	0,88	1,17	1,95	4,45	5,00
LIV_3	1	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
LIV_4	32	2,29	0,25	0,99	1,90	3,73	5,03	6,20
Tot. RIP	96	1,95	0,20	0,89	1,50	2,43	4,83	8,60
<b>SEO</b>	n. camp.	Media	Min	25P	50P	75P	95P	Max

LIV_1	77	0,99	0,15	0,51	0,71	1,20	2,42	3,60
LIV_2	178	0,65	0,10	0,27	0,47	0,79	1,92	3,40
LIV_3	28	0,49	0,10	0,27	0,44	0,60	0,88	1,80
LIV_4	199	1,08	0,10	0,53	0,75	1,25	2,91	7,40
Tot. SEO	482	0,87	0,10	0,40	0,62	1,06	2,40	7,40
<b>VEG</b>	n. camp.	Media	Min	25P	50P	75P	95P	Max
LIV_1	78	2,02	0,45	1,33	1,95	2,68	3,53	4,50
LIV_2	8	1,59	0,60	1,00	1,75	2,10	2,43	2,60
LIV_3	0							
LIV_4	1	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Tot. VEG	87	1,96	0,45	1,30	1,90	2,60	3,47	4,50
<b>Profondità</b>	n. camp.	Media	Min	25P	50P	75P	95P	Max
LIV_1	357	2,16	0,15	0,98	2,20	3,10	4,10	8,60
LIV_2	522	2,16	0,10	0,57	1,90	3,10	5,60	27,00
LIV_3	59	1,46	0,10	0,39	0,64	2,45	3,99	7,10
LIV_4	277	1,41	0,10	0,57	0,91	1,80	4,16	7,40
<b>TOTALE Be</b>	1.215	1,95	0,10	0,62	1,60	2,90	4,80	27,00

**Tabella 6. Sintesi dei principali descrittori statistici di Sn in funzione della litologia e della profondità di campionamento**

<b>ALL</b>	n. cont	Media	Min	25P	50P	75P	95P	Max
LIV_1	169	2,10	0,50	1,30	1,90	2,60	4,00	15,90
LIV_2	295	1,86	0,50	0,80	1,60	2,45	3,53	31,00
LIV_3	29	1,73	0,50	0,90	1,60	2,40	3,76	4,70
LIV_4	24	2,23	0,50	0,88	1,95	3,05	4,78	5,90
Tot. ALL	517	1,95	0,50	1,00	1,70	2,00	3,82	31,00
<b>MAR</b>	n. cont	Media	Min	25P	50P	75P	95P	Max
LIV_1	0							
LIV_2	2	1,70	1,30	1,50	1,70	1,90	2,06	2,10
LIV_3	0							
LIV_4	0							
Tot. MAR	2	1,70	1,30	1,50	1,70	1,90	2,06	2,10
<b>PIR</b>	n. cont	Media	Min	25P	50P	75P	95P	Max
LIV_1	1	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40
LIV_2	3	4,53	4,30	4,40	4,50	4,65	4,77	4,80
LIV_3	1	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60
LIV_4	15	2,35	0,50	1,30	2,00	3,45	4,28	4,70
Tot. PIR	20	2,89	0,50	1,68	2,85	4,15	4,84	5,60
<b>RIP</b>	n. cont	Media	Min	25P	50P	75P	95P	Max

LIV_1	31	1,40	0,50	0,60	1,10	1,70	3,25	4,50
LIV_2	32	1,88	0,50	0,75	1,45	2,43	4,13	9,70
LIV_3	1	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
LIV_4	32	2,12	0,50	1,15	2,10	2,83	3,85	4,20
Tot. RIP	96	1,79	0,50	0,80	1,50	2,43	3,90	9,70
<b>SEO</b>	n. cont	Media	Min	25P	50P	75P	95P	Max
LIV_1	77	1,02	0,50	0,50	0,80	1,20	2,26	4,30
LIV_2	178	0,68	0,50	0,50	0,50	0,60	1,32	3,80
LIV_3	28	0,59	0,50	0,50	0,50	0,60	0,83	1,20
LIV_4	199	1,13	0,50	0,50	0,90	1,40	2,71	4,60
Tot. SEO	482	0,91	0,50	0,50	0,60	1,10	2,20	4,60
<b>VEG</b>	n. cont	Media	Min	25P	50P	75P	95P	Max
LIV_1	78	1,65	0,50	0,63	1,35	1,88	2,70	22,00
LIV_2	8	1,19	0,50	0,65	1,35	1,50	1,87	1,90
LIV_3	0							
LIV_4	1	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Tot. VEG	87	1,60	0,50	0,65	1,30	1,80	2,67	22,00
<b>Profondità</b>	n. cont	Media	Min	25P	50P	75P	95P	Max
LIV_1	357	1,71	0,50	0,80	1,50	2,20	3,60	22,00
LIV_2	522	1,46	0,50	0,50	1,00	1,90	3,50	31,00
LIV_3	59	1,23	0,50	0,50	0,70	1,60	3,46	5,60
LIV_4	277	1,41	0,50	0,50	1,00	1,80	3,82	5,90
<b>Totale Sn</b>	1.215	1,51	0,50	0,50	1,20	2,00	3,60	31,00

**Tabella 7. Sintesi dei principali descrittori statistici di V in funzione della litologia e della profondità di campionamento**

<b>ALL</b>	n. cont	Media	Min	25P	50P	75P	95P	Max
LIV_1	169	57,7	13,0	45,0	57,0	69,0	92,0	168,0
LIV_2	295	75,0	11,3	41,5	59,0	78,5	172,2	2.100,0
LIV_3	29	45,4	8,7	25,0	46,0	59,0	80,4	94,0
LIV_4	24	43,7	14,8	29,8	41,0	56,0	75,0	80,0
Tot. ALL	517	66,3	8,7	41,0	56,0	55,0	125,4	2.100,0
<b>MAR</b>	n. cont	Media	Min	25P	50P	75P	95P	Max
LIV_1	0							
LIV_2	2	50,0	48,0	49,0	50,0	51,0	51,8	52,0
LIV_3	0							
LIV_4	0							
Tot. MAR	2	50,0	48,0	49,0	50,0	51,0	51,8	52,0

<b>PIR</b>	n. cont	Media	Min	25P	50P	75P	95P	Max
LIV_1	1	52,0	52,0	52,0	52,0	52,0	52,0	52,0
LIV_2	3	67,7	59,0	60,0	61,0	72,0	80,8	83,0
LIV_3	1	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0
LIV_4	15	34,5	5,0	26,5	29,0	45,0	55,8	60,0
<b>Tot. PIR</b>	<b>20</b>	<b>42,0</b>	<b>5,0</b>	<b>28,5</b>	<b>42,0</b>	<b>55,3</b>	<b>67,8</b>	<b>83,0</b>
<b>RIP</b>	n. cont	Media	Min	25P	50P	75P	95P	Max
LIV_1	31	37,8	8,1	24,5	34,0	41,5	74,5	160,0
LIV_2	32	28,5	12,2	22,0	26,5	35,5	43,5	52,0
LIV_3	1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1
LIV_4	32	33,8	17,0	24,8	31,5	42,3	56,9	59,0
<b>Tot. RIP</b>	<b>96</b>	<b>33,1</b>	<b>8,1</b>	<b>23,0</b>	<b>29,0</b>	<b>39,0</b>	<b>56,5</b>	<b>160,0</b>
<b>SEO</b>	n. cont	Media	Min	25P	50P	75P	95P	Max
LIV_1	77	31,9	5,9	25,0	29,0	39,0	52,4	70,0
LIV_2	178	26,8	10,3	19,0	25,0	32,0	47,2	68,0
LIV_3	28	23,4	9,4	16,8	22,5	29,0	36,3	46,0
LIV_4	199	22,1	1,2	15,0	20,0	27,0	44,0	71,0
<b>Tot. SEO</b>	<b>482</b>	<b>25,5</b>	<b>1,2</b>	<b>17,0</b>	<b>23,5</b>	<b>31,0</b>	<b>47,0</b>	<b>71,0</b>
<b>VEG</b>	n. cont	Media	Min	25P	50P	75P	95P	Max
LIV_1	78	41,8	7,6	34,0	42,5	50,8	61,2	77,0
LIV_2	8	38,8	24,0	31,5	42,0	45,5	50,3	52,0
LIV_3	0							
LIV_4	1	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
<b>Tot. VEG</b>	<b>87</b>	<b>41,4</b>	<b>7,6</b>	<b>34,0</b>	<b>42,0</b>	<b>50,0</b>	<b>61,0</b>	<b>77,0</b>
<b>Profondità</b>	n. cont	Media	Min	25P	50P	75P	95P	Max
LIV_1	357	46,9	5,9	30,0	44,0	59,0	85,0	168,0
LIV_2	522	54,9	10,3	24,0	41,0	63,0	113,0	2.100,0
LIV_3	59	34,8	8,7	19,5	29,0	46,5	74,1	94,0
LIV_4	277	26,1	1,2	16,4	22,0	33,0	56,0	80,0
<b>Totale V</b>	<b>1.215</b>	<b>45,0</b>	<b>1,2</b>	<b>22,0</b>	<b>36,0</b>	<b>55,0</b>	<b>92,0</b>	<b>2.100,0</b>

I dati indicano abbastanza chiaramente che le concentrazioni di Be e Sn sono maggiori nelle classi ALL e PIR e RIP (con indicatori quali media e 75-95 percentile circa il doppio/triplo rispetto alla litologia SEO) mentre in VEG mostrano valori intermedi. Analogo discorso per il V dove però la classe PIR mostra tenori in linea con gli altri gruppi litologici (Figura 6).

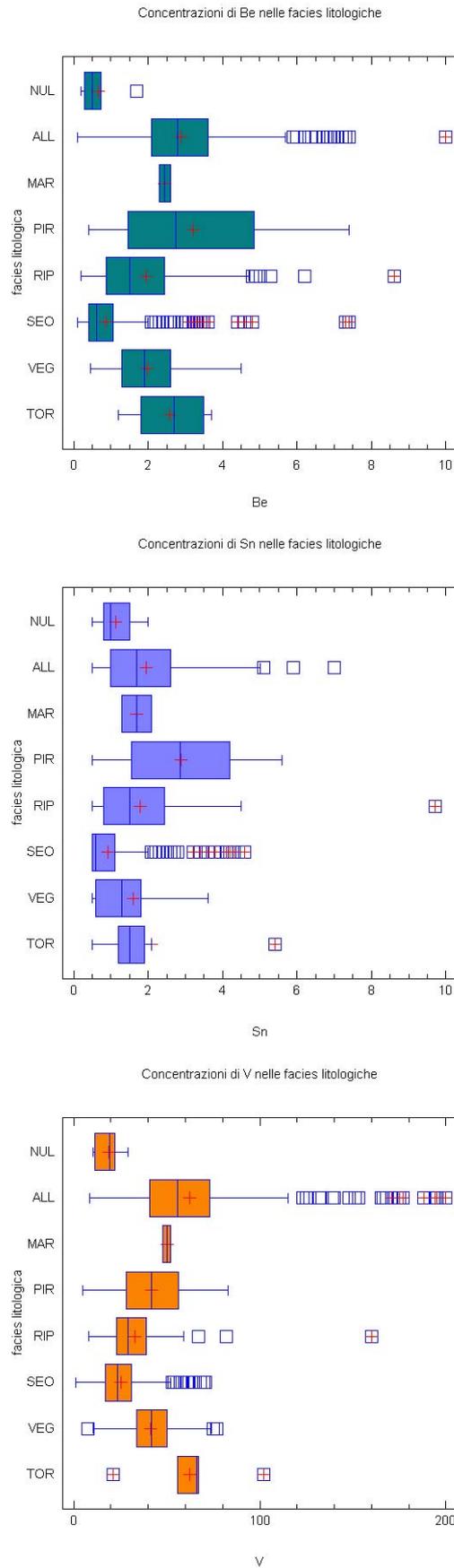


Figura 6 Box plot della distribuzione di Be, Sn e V in tutte le facies litologiche

L'andamento di Be, Sn e V con la profondità all'interno di ogni classe litologica è piuttosto variabile, ma non si evidenziano trend univoci. In Figura 7 è rappresentata la variazione delle concentrazioni con la profondità nelle facies litologiche ALL e SEO.

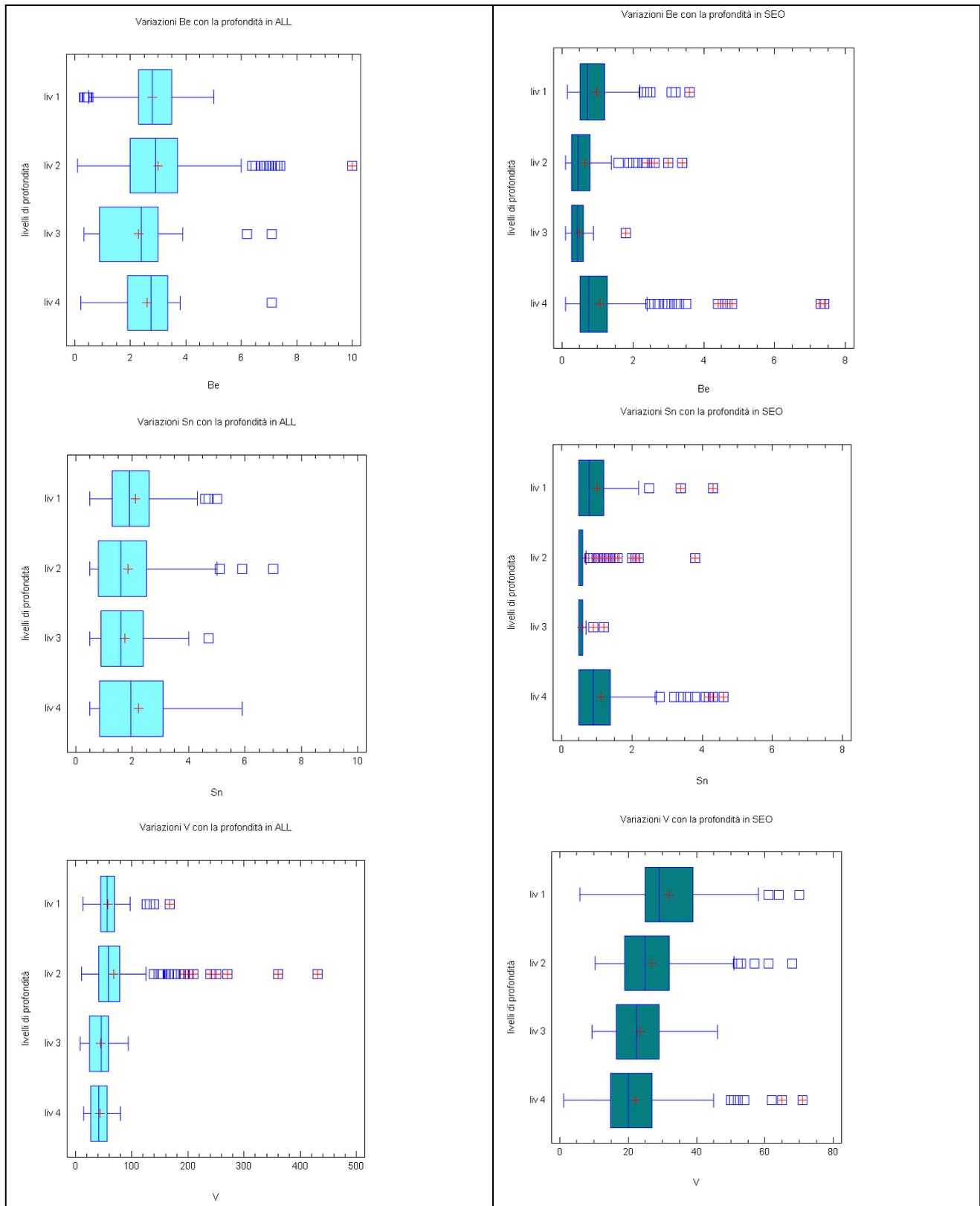


Figura 7. Variazione delle concentrazioni con la profondità in SEO e ALL

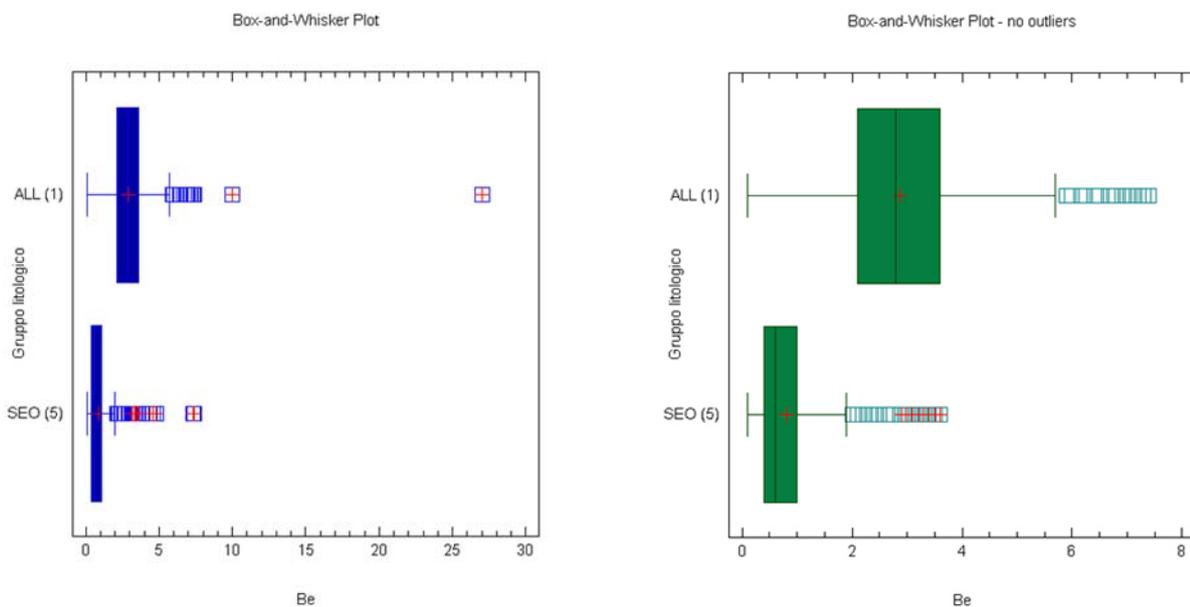
A seguito delle considerazioni esposte si ritiene che il fattore che maggiormente regola la distribuzione dei parametri in esame sia rappresentato dalla facies litologica senza tener conto della profondità di campionamento.

### 5.6 Studio del tipo di distribuzione

Per eseguire lo studio dei tipi di distribuzione delle popolazioni afferenti ai diversi domini di deposizione sono stati applicati i test di Shapiro Wilk e Kolmogorov-Smirnov i cui risultati sono riportati in Tabella 8, Tabella 9 e Tabella 10.

In particolare, in considerazione della maggiore significatività delle popolazioni ALL e SEO, si è provveduto allo studio delle distribuzioni mediante l'utilizzo di metodi grafici.

I box-plot realizzati nelle due condizioni di inclusione ed esclusione dei potenziali outlier mostrano due popolazioni diverse con valori decisamente più elevati nelle alluvioni ALL rispetto a quelli registrati nelle sabbie di duna SEO. Tale differenza è riscontrabile per tutti i tre parametri investigati (Be, Sn e V) e sembra massima nel caso del Berillio (Figura 8).



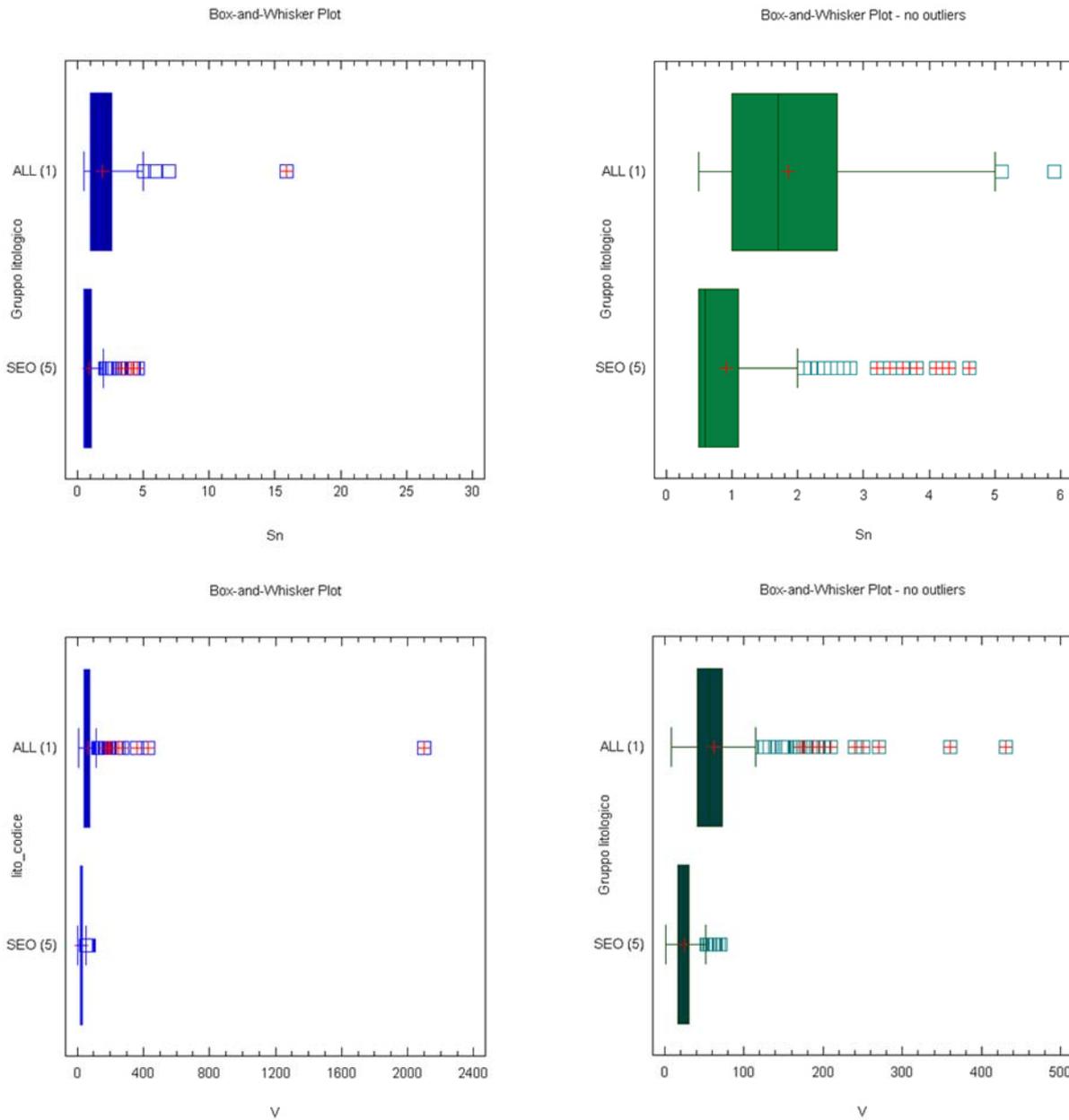


Figura 8. Box-plot relativi alle popolazioni ALL e SEO per Be, Sn e V (a destra dopo esclusione outlier)

Gli istogrammi di frequenza (Figura 9) mostrano in altro modo la stessa differenza evidenziando come nel caso delle sabbie eoliche e di duna SEO la curva di involuppo sia marcatamente asimmetrica con le classi più rappresentate corrispondenti ai valori più bassi, mentre nelle alluvioni ALL si rileva una maggiore simmetria della curva. Anche in questo caso la differenza è più marcata per il Berillio.

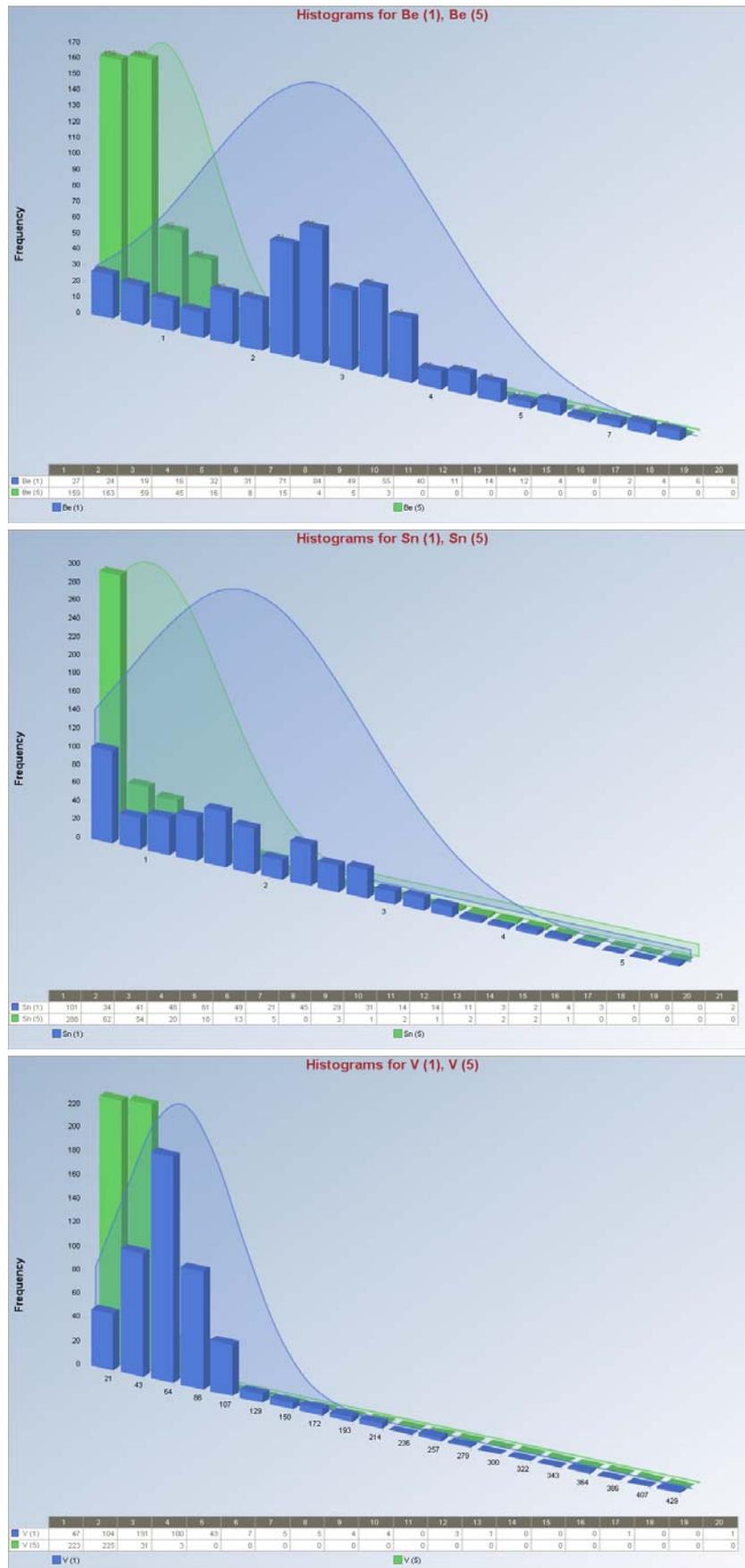


Figura 9. Istogrammi relativi alla frequenza del Be, Sn e V nelle popolazioni ALL (popolazione 1 in blu) e SEO (popolazione 5 in verde)

## 6 DEFINIZIONE DEI VALORI RAPPRESENTATIVI DEL FONDO

Questa fase di analisi ha interessato le sole classi che mostravano un adeguato numero di campioni (tipicamente le classi con n. di osservazioni >30). Pur mostrando un numero totale di campioni pari a 20, l'analisi è stata estesa anche alle piroclastiti "PIR", rinvenute principalmente nella porzione sud orientale dell'area, i cui tenori in metalli possono essere rappresentativi del terreno profondo (posto alla base delle coltri clastiche) e come potenziale roccia madre, cui riferirsi nell'evoluzione del suoli.

In Tabella 8, Tabella 9 e Tabella 10 sono riportati per ogni elemento i principali indicatori statistici utili alla determinazione dei valori di fondo (massimo, minimo, media, deviazione standard, 50 percentile, 95 percentile, 95UTL95 e UPL 95 con k=1) sia per il set completo che per quello al netto dei potenziali outlier individuati nella fase precedente per ogni facies litologica riconosciuta.

Per le due facies litologiche ALL (Sabbie, argille e limi alluvionali) e SEO (Sabbie di duna, spiagge attuali, depositi di interduna) è inoltre proposto un valore di fondo.

**Tabella 8. Berillio - principali descrittori statistici delle popolazioni individuate sulla base dei facies litologiche**

<b>Berillio</b>		<i>Distr</i>	<i>NumObs</i>	<i>Max</i>	<i>Mean</i>	<i>Median</i>	<i>95%ile</i>	<i>95%UTL with 95% Coverage</i>	<i>95%UPL</i>	<i>Valore di fondo proposto</i>
ALL	<i>tot</i>	NP	517	27,0	2,9	2,8	5,6	6,2	5,6	<b>6</b>
	<i>no outlier</i>	NP	515	7,4	2,9	2,8	5,5	5,9	5,6	
PIR	<i>tot</i>	N, LN, G	20	7,4	3,2	2,8	6,9	8,1	6,8	
RIP	<i>tot</i>	LN	96	8,6	1,9	1,5	4,8	6,5	5,3	
SEO	<i>tot</i>	NP	482	7,4	0,9	0,6	2,4	2,6	2,4	<b>3</b>
	<i>no outlier</i>	LN	477	3,6	0,8	0,6	2,3	2,4	2,3	
VEG	<i>tot</i>	N	87	4,5	2,0	1,9	3,5	3,8	3,5	

**Tabella 9. Stagno- principali descrittori statistici delle popolazioni individuate sulla base dei domini deposizionali**

<i>Stagno</i>		<i>Distr</i>	<i>NumObs</i>	<i>Max</i>	<i>Mean</i>	<i>Median</i>	<i>95%ile</i>	<i>95%UTL with 95% Coverage</i>	<i>95%UPL</i>	<i>Valore di fondo proposto</i>
ALL	<i>tot</i>	<i>NP</i>	517	31,0	1,9	1,7	3,8	4,0	3,9	<b>4</b>
	<i>no outlier</i>	<i>NP</i>	514	5,9	1,9	1,7	3,7	4,0	3,8	
PIR	<i>tot</i>	<i>N, G</i>	20	5,6	2,9	2,9	4,8	6,6	5,6	
RIP	<i>tot</i>	<i>NP</i>	96	9,7	1,8	1,5	3,9	4,4	3,9	
SEO	<i>tot</i>	<i>NP</i>	482	4,6	0,9	0,6	2,2	2,5	2,2	<b>3</b>
VEG	<i>tot</i>	<i>NP</i>	87	22,0	1,6	1,3	2,7	2,9	2,7	

**Tabella 10. Vanadio - principali descrittori statistici delle popolazioni individuate sulla base dei domini deposizionali**

<i>Vanadio</i>		<i>Distr</i>	<i>NumObs</i>	<i>Max</i>	<i>Mean</i>	<i>Median</i>	<i>95%ile</i>	<i>95%UTL with 95% Coverage</i>	<i>95%UPL</i>	<i>Valore di fondo proposto</i>
ALL	<i>tot</i>	<i>NP</i>	517	2100	66	56	125	165	128	<b>150</b>
	<i>no outlier</i>	<i>NP</i>	516	430	62	56	124	153	125	
PIR	<i>tot</i>	<i>N, G</i>	20	83	42	42	68	88	76	
RIP	<i>tot</i>	<i>LN, G</i>	96	160	33	29	57	68	61	
SEO	<i>tot</i>	<i>G</i>	482	71	26	24	47	50	48	<b>&lt;90</b>
VEG	<i>tot</i>	<i>N</i>	87	77	41	42	61	67	64	

## 7 CONCLUSIONI

I dati trasmessi dal Commissario di Governo delegato ex OPCM n. 3849/2010 sono stati analizzati per la determinazione del fondo di Be, Sn e V nei terreni dell'area dei cosiddetti "Laghetti di Castelvolturno".

Lo studio ha comportato la determinazione dei valori di fondo riguardanti le facies litologiche:

- ALL - Sabbie, argille e limi alluvionali (corrispondente alla formazione "al - sabbie e limi di colmata; argille lagunari" riportate nella Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000)
- SEO Sabbie di duna, spiagge attuali, depositi di interduna (corrispondente alle formazioni "ad e as - Spiagge sabbiose e duna litoranea recente; duna interna stabilizzata" riportate nella Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000).

Gli indicatori calcolati per la definizione del valore di fondo sono il 95° percentile, il 95UTL95 e il 95UPL(k=1). I valori relativi ai diversi indicatori statistici non differiscono in maniera sostanziale; allo stesso tempo non si apprezzano differenze di risultati tra le analisi condotte includendo nel set di dati i valori considerati outlier.

I valori decimali sono stati approssimati, per Be e Sn, all'intero in analogia al numero di cifre decimali con le quali sono espressi i limiti delle CSC della norma di riferimento.

- *Berillio*: il valore di fondo per la facies litologica ALL è di 6 mg/kg, quello per la facies litologica SEO di 3 mg/kg;
- *Stagno*: il valore di fondo per la facies litologica ALL è di 4 mg/kg, quello per la facies litologica SEO di 3 mg/kg;
- *Vanadio*: il valore di fondo per la facies litologica ALL è di 150 mg/kg, quello per la facies litologica SEO risulta ampiamente inferiore alla CSC (90 mg/kg).

Per quanto riguarda le altre facies litologiche individuate dall'analisi dei logs stratigrafici valgono le seguenti considerazioni:

- PIR: la facies affiora esclusivamente nella porzione sud-orientale dell'area indagata; in accordo a quanto riportato nel Protocollo, la numerosità campionaria non è sufficiente ai fini di una determinazione rigorosa del valore di fondo; tuttavia i dati a disposizione evidenziano tenori in Be di 7 mg/kg e Sn 6 mg/kg, superiori a quelli riscontrati in ALL;
- MAR e TOR i campioni sono costituiti da un numero di osservazioni che non consente di effettuare un'analisi statistica;
- RIP: la natura stessa del materiale costituente i campioni, eterogenea e con possibili apporti antropici, esclude la possibilità di determinare una concentrazione di fondo per questa litologia;
- VEG: la descrizione riportata nelle stratigrafie non permette di attribuire i campioni ad una facies litologica definita.

Per queste ultime due litologie si osserva che i valori rappresentativi di Be e Sn sono compresi tra SEO e ALL.

### 7.1 Proposta di gestione dei valori di fondo

Per effettuare il confronto tra la concentrazione di un singolo campione e il valore di fondo si suggerisce il seguente approccio (valido per campioni appartenenti alle due facies litologiche, ALL (Sabbie, argille e limi alluvionali) e SEO (Sabbie di duna, spiagge attuali, depositi di interduna):

- individuare il valore di fondo con cui effettuare il confronto utilizzando il criterio spaziale (posizionando il campione sulla carta geologica verificare se ricade all'interno del dominio SEO o del dominio ALL);

- in base alle caratteristiche descritte nelle stratigrafie del sondaggio verificare l'esatta attribuzione al dominio associato con criterio spaziale; potrebbe accadere, infatti, che la stratigrafia indichi una facies differente rispetto a quella attribuita con criterio spaziale (soprattutto in prossimità del limite tra i due domini o in caso di campioni prelevati in profondità);
- una volta individuato il corretto valore di fondo, effettuare il confronto tenendo conto della incertezza analitica e di campionamento come definita nel documento ISPRA "*L'analisi di conformità con i valori di legge: il ruolo dell'incertezza associata a risultati di misura*" Manuale e linee guida 52/2009  
([http://www.isprambiente.it/site/\\_contentfiles/00003400/3449\\_mlg52\\_2009.pdf](http://www.isprambiente.it/site/_contentfiles/00003400/3449_mlg52_2009.pdf))
- in caso di superamento, potrà essere valutata l'opportunità di eseguire indagini integrative (ulteriori prelievi di campioni, analisi mineralogiche, ecc.) al fine di includere o meno tale valore nel fondo.

Roma, 21 dicembre 2010

Elaborato da: Federico Araneo, Michele Fratini, Maurizio Guerra (ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia); Gianluca Ragone, Gianluca Scoppa (ARPAC - UOC Siti Contaminati e Bonifiche)