



ROMA



Indagini per una caratterizzazione dei terreni dell'area del Parco Archeologico di Centocelle

Rapporto preliminare sulle attività svolte

Seconda redazione – Ottobre 2019



Indagini per una caratterizzazione dei terreni dell'area del Parco Archeologico di Centocelle

Rapporto preliminare sulle attività svolte

Seconda redazione – Ottobre 2019

Hanno partecipato alle attività di campionamento, analisi ed elaborazione dei dati:

S. Ghergo, D. Parrone, D. Mastroianni, E. Preziosi, E. Frollini, B. Benedetti

Alle attività di campionamento hanno partecipato inoltre:

Dott. Paolo Marco De Martini, Dott.ssa Alessandra Smedile e Dott. Luca Pizzimenti del Laboratorio Geologia e Geotecnologie dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia.

I contributi al presente rapporto sono stati raccolti ed organizzati da S. Ghergo

Ringraziamo il personale della Direzione Rifiuti, Risanamenti e Inquinamenti dell'Amministrazione di Roma Capitale ed in particolare l'Arch. Daniela Luisa Montuori per il prezioso supporto fornito nelle diverse fasi di attività.

Ringraziamo il personale della sovrintendenza Capitolina ai Beni Culturali per il loro supporto nel corso delle attività di raccolta dei campioni.

Ringraziamo infine il personale del Corpo di Polizia Locale di Roma Capitale senza il cui aiuto non sarebbe stato possibile portare avanti le operazioni di raccolta dei campioni.

Sommario

Premessa	1
Attività conoscitive preliminari: inquadramento dell'area di studio	3
Attività sperimentali	8
Campionamento	8
Preparazione dei campioni	9
Analisi	15
Comunicazione	16
Risultati analitici	17
Antimonio	21
Arsenico	22
Berillio	24
Cadmio	26
Cobalto	28
Cromo totale	30
Mercurio	32
Nichel	33
Piombo	35
Rame	37
Selenio	39
Stagno	41
Tallio	43
Vanadio	45
Zinco	47
Sintesi delle attività svolte e considerazioni preliminari sui risultati ottenuti	49
Attività ulteriori	51
Allegato 1. Logs stratigrafici	52

Premessa

Nel mese di giugno 2018, a cura del Centro Documentazione Conflitti Ambientali (CDCA), sono stati raccolti e analizzati 8 campioni di terreno prelevati nello strato superficiale della zona del Parco Archeologico di Centocelle.

I risultati delle analisi, condotte sui campioni da un laboratorio privato accreditato, hanno mostrato concentrazioni di alcuni parametri inorganici superiori ai valori previsti dalla Tabella 1 dell'Allegato 5 del D.lgs. 152/2006 (*Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare*), riportata anche dal DPR 120/2017 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164". Più precisamente arsenico, antimonio, berillio, piombo, rame, selenio, stagno, tallio, vanadio, zinco sono risultati avere in uno o più campioni concentrazioni superiori a quanto riportato nella colonna A (siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale) della suddetta tabella, mentre il berillio, in due campioni, è risultato, seppur di poco, superiore a quanto previsto in colonna B (siti ad uso commerciale e industriale). Tali risultanze analitiche hanno portato nel novembre 2018, l'Amministrazione di Roma Capitale a interdire l'uso di alcune zone del Parco.

L'Istituto di Ricerca sulle Acque è stato coinvolto nella valutazione della situazione evidenziata dalla analisi dei terreni e, a valle di sopralluoghi nell'area di indagine e sulla scorta di ricerche su dati già disponibili, ha sottoposto a fine dicembre 2018, alla Direzione Rifiuti, Risanamenti e Inquinamenti, una proposta di indagine finalizzata ad una caratterizzazione generale dei terreni dell'area del Parco.

La proposta, in breve, prevedeva un primo campionamento lungo una maglia disposta su tutta l'area del Parco e comprendente 10 punti, con raccolta di campioni a differente profondità.

Con Determinazione Dirigenziale rep. QL n° 1581 del 20/12/2018 (prot. QL 95502 del 20/12/2018), approvata dalla Ragioneria Generale in data 09.01.2019 è stata impegnata la somma necessaria per l'affidamento all'Istituto di Ricerca sulle Acque delle indagini proposte (comunicazione prot. QL20190001971 del 20/01/2019).

Nei mesi di gennaio – marzo si sono succedute riunioni organizzative ed operative con la partecipazione dei diversi Enti ed Uffici coinvolti: Dipartimento Tutela Ambientale e Ufficio Programmazione Siti Inquinati e Geologia Ambientale dell'Amministrazione di Roma Capitale, Municipio Roma V, Polizia Locale di Roma Capitale (Direzione Coordinamento Attività Operativa di Sicurezza Pubblica ed Emergenziale), ARPA Lazio (titolare di un incarico parallelo a quello conferito ad IRSA), Comando Carabinieri per la Tutela Forestale, nonché di rappresentanti di Comitati locali di utenti del Parco.

In particolare, a seguito del sopralluogo del 29 marzo 2019, l'Istituto di Ricerca sulle Acque ha deciso di ridisegnare la maglia di indagine, estendendo il numero di siti di campionamento a 12 e localizzandoli anche nelle aree del secondo e terzo stralcio.

Il 30/04/2019 sono stati informati dell'imminente inizio delle attività di campionamento e della localizzazione dei punti di indagine, oltre ai sopra ricordati Uffici, anche la Sovrintendenza Speciale Archeologia, Belle Arti e Paesaggio di Roma e la Sovrintendenza Capitolina ai Beni Culturali.

La prima campagna di raccolta di campioni di terreno si è svolta il 8/5/2019. L'attrezzatura tecnica al momento disponibile non si è però dimostrata adeguata alle caratteristiche fisiche dei terreni interessati; si è proceduto quindi a contattare e a coinvolgere il laboratorio di Geologia e Geotecnologie dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia, dotato di una attrezzatura più idonea.

Il campionamento dei dodici punti è avvenuto nei giorni 12, 13 e 14 giugno.

Attività conoscitive preliminari: inquadramento dell'area di studio

Il Parco Archeologico di Centocelle è un'area verde di circa 120 ettari localizzata in prossimità della via Casilina, nel territorio del V Municipio.

Dal punto di vista geologico l'area è caratterizzata dall'affioramento esteso delle Pozzolanelle facenti parte della Formazione di Villa Senni (cartografate in giallo nella figura 1), costituite da depositi piroclastici scoriacei rossastri, grigi e nerastri con uno spessore variabile da alcuni metri a circa 15, che giacciono sul Tufo Lionato, sempre facente parte della formazione di Villa Senni, in affioramento (in verde) nel settore Est in corrispondenza del fosso di Centocelle (via P. Togliatti). Sempre in corrispondenza di quest'ultimo, sono presenti depositi alluvionali, probabilmente di esiguo spessore.

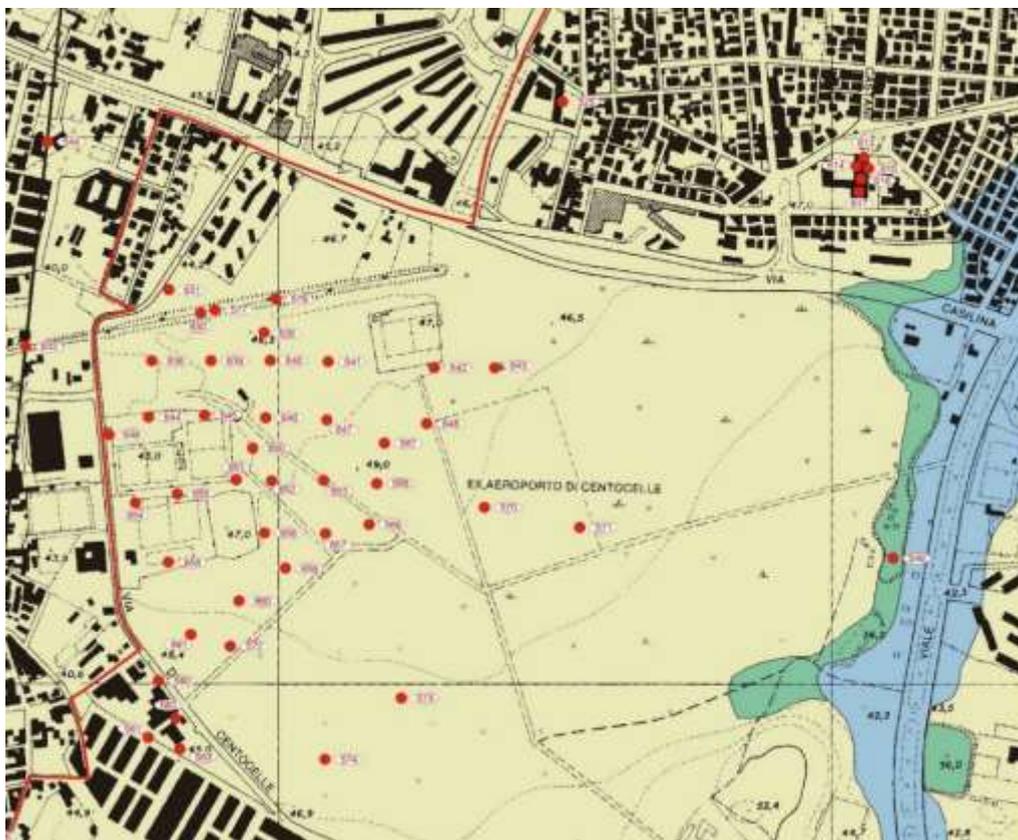


Figura 1. Estratto dalla Carta Geologica (1:5000) a cura di R. Mazza, G. Capelli, M. Lanzini (Rischio di crollo di cavità nel territorio del VI Municipio del Comune di Roma)

Dal punto di vista idrogeologico, i terreni sopra riportati sono classificabili da molto permeabili a mediamente permeabili e quindi suscettibili di ospitare una falda, così come gli altri depositi piroclastici presenti sotto i terreni in affioramento sopra descritti.

In figura 2 è mostrata la carta idrogeologica di dettaglio dell'area del Parco realizzata da Roberto Mazza, Carlo Rosa, Giuseppe Capelli, Marta Sereni e riportata nel "Documento preliminare alla progettazione definitiva ed esecutiva per la valorizzazione delle ville romane di Centocelle: Studi di

geomorfologia e suoli, prospezioni geofisiche, geologia". Sulla base di dati rilevati nel 1998 sono state ricostruite le isolinee della quota piezometrica della falda presente nell'area. Si osserva un andamento generale dei flussi da sud verso nord, perturbato dall'effetto del drenaggio verso il Fosso di Centocelle (ora viale P. Togliatti). Tenendo conto dei valori riportati dalla Carta e della quota dell'area del Parco, che risulta essere di circa 47 m s.l.m., si può ipotizzare una soggiacenza della falda di circa 20 m.

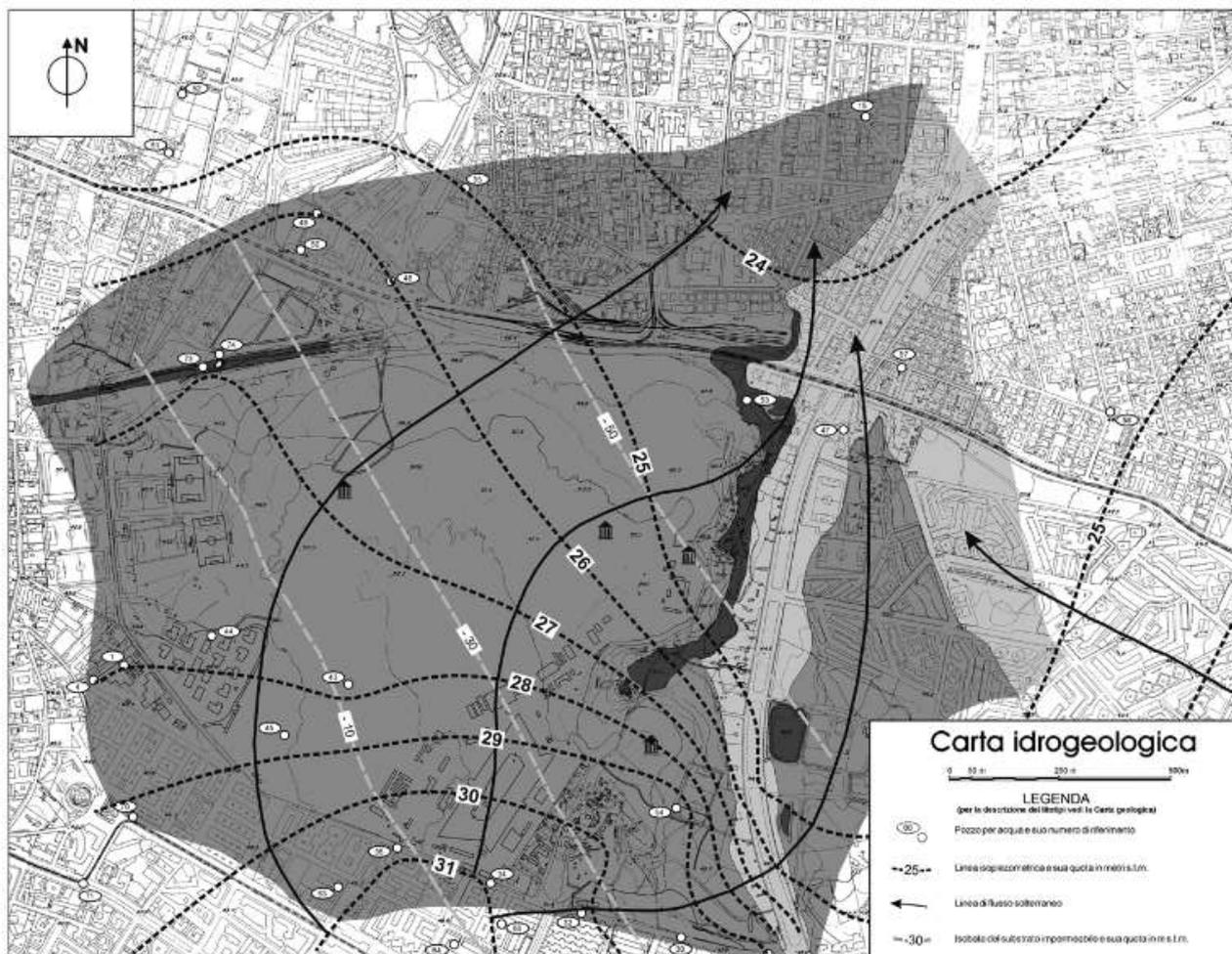


Figura 2. Carta Idrogeologica del Parco di Centocelle - Estratta dal Documento preliminare alla progettazione definitiva ed esecutiva per la valorizzazione delle ville romane di Centocelle: Studi di geomorfologia e suoli, prospezioni geofisiche, geologia. A cura di R. Mazza, C. Rosa, G. Capelli, M. Sereni.

Secondo la Carta dei Suoli di Roma (Arnoldus, 2003), sul pianoro di Centocelle si trovano i suoli "Sapienza", suoli vulcanici a profondità limitata (60-80 cm) su substrato composto da pozzolana, a tessitura medio-grossolana (franco sabbiosa, franca). Dall'indagine di dettaglio, riportata nel "Documento preliminare alla progettazione definitiva ed esecutiva per la valorizzazione delle ville romane di Centocelle: Studi di geomorfologia e suoli, prospezioni geofisiche, geologia" è risultato che: *"i suoli presenti hanno generalmente una profondità limitata al di sopra degli strati vulcanici (pozzolane) più o meno alterati"* (Antonia Arnoldus Huyzendveld).

Nella carta pedologica riportata nel documento (figura 3), sono state distinte quattro unità cartografiche, di cui si riporta una breve descrizione del profilo tipico:



Figura 3. Carta dei suoli del Parco di Centocelle - Estratta dal Documento preliminare alla progettazione definitiva ed esecutiva per la valorizzazione delle ville romane di Centocelle: Studi di geomorfologia e suoli, prospezioni geofisiche, geologia. A cura di Antonia Arnoldus Huyzendveld.

Unità P: suoli poco profondi (meno di 50 cm) a tessitura media o medio-grossa, su sub-strato pozzolanaceo:

- Ap - da 0 a 35 cm, tessitura media, colore marrone giallastro
- Bw - da 35 a 45 cm, tessitura media o medio-grossa, colore marrone giallastro
- C - > 45 cm, pozzolana poco alterata.

Unità T: suoli mediamente profondi (tra 50 e 80 cm), a tessitura media, su substrato pozzolanaceo

- Ap - da 0 a 40 cm, tessitura media, colore marrone
- Bt - da 40 a 65 cm, tessitura media, colore marrone; presenza di frammenti di pozzolana alterata
- C - > 65 cm, pozzolana alterata

Unità B: suoli profondi (80 - 110 cm), a tessitura media o medio-fine, su substrato pozzolanaceo:

- Ap - da 0 a 40 cm, tessitura media, colore marrone
- Bt1 - da 40 a 80 cm, tessitura media, colore marrone

Orizzonti Pedologici

- A** orizzonti minerali evolutisi a partire dalla superficie;
- B** orizzonti minerali differenziati ad opera di diversi processi pedogenetici;
- C** orizzonti minerali debolmente alterati
- p** indica un suolo che ha subito lunghe alterazioni per attività agricola;
- w** alterazione in situ, rilevabile da particolari strutture, colori, tipologia di argille;
- t** indica accumuli di argilla di origine illuviale;

- Bt2 - da 80 a 100 cm, tessitura medio-fine, colore marrone; presenza di frammenti di pozzolana alterata
- CB - > 100 cm, pozzolana rossastra fortemente alterata

Unità A: suoli profondi (>100 cm) a tessitura media o medio-fine, formati da accumuli nelle lievi depressioni sul pianoro:

- Ap - da 0 a 40 cm, tessitura medio-fine, colore marrone scuro
- Bt1 - da 40 a 60 cm, tessitura media o medio-fine, colore marrone scuro
- Bt2 - da 60 a 100 cm, tessitura media o medio-fine, colore marrone
- Bt3 - da 100 a 150 cm, tessitura media o medio-fine, colore marrone rossastro; ricco in frammenti di pozzolana fortemente alterata
- CB - > 150 cm, pozzolana rossastra fortemente alterata

Per quanto concerne la caratterizzazione geochimica dei terreni affioranti nella zona del Parco, è stato possibile reperire solamente pochi dati sulla loro composizione. In tabella 1 sono riportati i valori di fondo relativi al Tufo Lionato, forniti da ENEA nell'ambito di un Progetto commissionato dalla Regione Lazio ad ENEA e IRSA-CNR e finalizzato alla definizione dei valori di fondo geochimico naturale di elementi potenzialmente tossici e/o nocivi. Molti dei Valori di fondo individuati da ENEA risultano in linea con le concentrazioni riscontrate nello studio di CDCA o in molti casi anche superiori e, soprattutto relativamente ai parametri arsenico, berillio, vanadio, superiori alle CSC previste dalla normativa precedentemente ricordata.

Tabella 1. Confronto fra risultati analitici CDCA, Valori di Fondo (tufo lionato, ENEA – 2012) e CSC previste dalla tabella 1 all. 5 del D.lg 152/2006

Parametro (mg/kg)	Analisi CDCA			Valori di Fondo ENEA	D.lgs. 152/2006 Tab. 1, All. 5 -	
	Val. Min	Mediana	Val. Massimo		Colonna A	Colonna B
Sb	0,77	1,25	17	6	10	30
As	16	21,5	25	55	20	50
Be	8,3	9,6	11	16	2	10
Cd	0,27	0,49	1,1	1	2	15
Co	7	12,5	15	30	20	250
Cr	3,9	11	30	220	150	800
Hg	0	0,07	0,29		1	5
Ni	6,9	12,5	27	100	120	500
Pb	62	115	210	230	100	1000
Cu	41	54,5	550	69	120	600
Se	4,2	5,35	5,9		3	15
Sn	1,9	3,05	8,2	7	1	350
Tl	1,1	1,9	2,6		1	10
V	100	120	150	300	90	250
Zn	53	120	370	110	150	1500

Per quanto concerne l'analisi degli usi dell'area e degli impatti antropici, la zona di studio è interessata dalla presenza di importanti resti archeologici (Villa Ad Duas Lauros, Villa delle Terme e Villa della Piscina). La zona è stata inoltre sede del primo aeroporto italiano di cui resta ben visibile una parte della pista in asfalto.

Sono inoltre da ricordare, quali possibili fonti di impatti ambientali, alcuni ulteriori usi passati e presenti dell'area:

- la galleria abbandonata della metropolitana Termini-Centocelle, realizzata negli anni '40 e in seguito trasformata in fungaia e poi abbandonata in uno stato di completo degrado;
- gli insediamenti del campo nomadi Casilino 700 (anni '90 – 2000)
- una stazione di servizio con distributori di carburanti, ora dismessa
- le attività di autodemolizione localizzate sia dal lato di via di Centocelle, sia lungo viale P. Togliatti

Attività sperimentali

Campionamento

Come riportato in premessa, un primo tentativo di campionamento dei terreni ha previsto l'utilizzo di un campionatore manuale con carotiere semplice in acciaio in grado di raccogliere campioni di 35 mm di diametro per 300 mm di lunghezza.

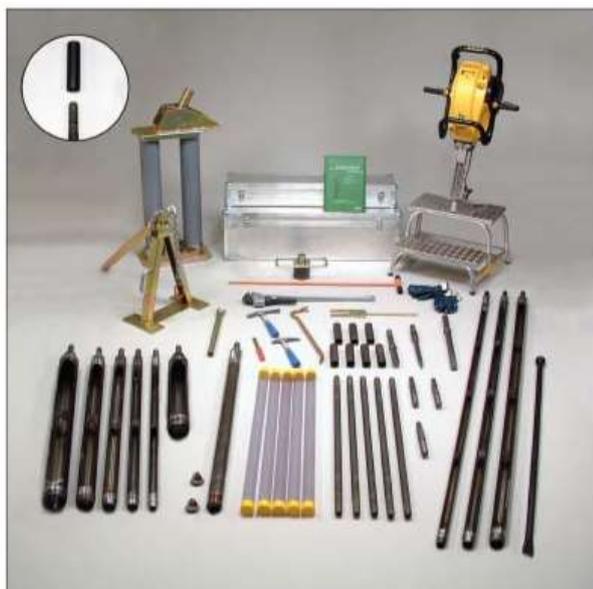


Figura 4. Sistema per campionamento suoli Eijkelpamp

La presenza di frammenti grossolani nella parte superficiale dei terreni di studio e la forte consistenza di alcuni livelli di materiale vulcanico più o meno alterato hanno reso molto difficile, se non impossibile, l'estrazione della carota una volta perforata e quindi l'utilizzo del carotatore manuale.

Si è quindi utilizzato un sistema di campionamento di terreni, messo a disposizione dal Laboratorio Geologia e Geotecnologie dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia, costituito da un carotiere in acciaio, da un martello pneumatico per la sua infissione nel terreno e da un estrattore per il recupero del carotiere (figura 4). Il carotiere, di lunghezza pari a 100 cm, è dotato di una scarpetta in acciaio ad alta resistenza, di uno strappa carote

a lamine e alloggia al suo interno tubi in PVC rigido Ø 50 mm per la raccolta del campione.

Il programma iniziale delle indagini prevedeva il campionamento in 10 siti con raccolta dei campioni a due differenti profondità, indicativamente intorno ai 30 cm e fra 60 e 90 cm. I sopralluoghi effettuati e la tecnica di campionamento adottata hanno portato alla ridefinizione del programma che ha previsto 12 siti di campionamento con raccolta di carote di lunghezza totale pari a 100 cm.



Figura 5. A sinistra, particolare della parte frontale del carotiere utilizzato. A destra, tubi in PVC contenenti la carota raccolta.

Oltre alle carote complete, sono stati inoltre raccolti i materiali contenuti nei 5 cm della scarpetta e che portano quindi ad una profondità totale di esplorazione di 105 cm (figura 5). Le eccezioni a tale programma generale si sono verificate in corrispondenza del primo punto di campionamento (IRSA01), in cui la profondità totale di carotaggio è stata di 133 cm e nel quarto punto (IRSA04), in cui il campionamento è stato interrotto a 95 cm di profondità.

Tabella 2. Coordinate (WGS84) dei punti di campionamento

	Lat. N	Long. E
IRSA01	41° 52,4008	12° 33,2629
IRSA02	41° 52,4267	12° 33,5009
IRSA03	41° 52,4295	12° 33,6907
IRSA04	41° 52,4379	12° 33,9912
IRSA05	41° 52,3370	12° 33,2659
IRSA06	41° 52,3285	12° 33,4910
IRSA07	41° 52,3148	12° 33,7497
IRSA08	41° 52,3482	12° 33,9169
IRSA09	41° 52,2374	12° 33,2429
IRSA10	41° 52,2413	12° 33,5371
IRSA11	41° 52,2663	12° 33,6553
IRSA12	41° 52,2891	12° 33,9609

Da segnalare infine che, allo scopo di minimizzare la possibilità di interessare con le perforazioni zone sensibili del Parco Archeologico, la posizione di alcuni punti di campionamento è stata spostata di alcune decine di metri, su indicazione del personale della Sovrintendenza Capitolina presente in campo.

In tabella 2 sono riportate le coordinate (WGS84) dei 12 punti di campionamento così come rilevate dal personale della Polizia Locale di Roma Capitale presente ai lavori.

Preparazione dei campioni

Le 12 carote ottenute come sopra descritto, sono state trasportate presso il Laboratorio di Geologia e Geotecnologie dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia dove sono state preparate per i passi successivi dell'indagine.



Figura 6. Apertura delle carote. A sinistra taglio dei tubi in PVC con smerigliatrice angolare, a destra le due metà ottenute dopo il taglio della carota con cavo di nylon.

I tubi in PVC sono stati tagliati longitudinalmente con una smerigliatrice angolare montata su banco (fig. 6) ed il campione all'interno è stato a sua volta suddiviso con un cavo in nylon per ottenere due metà. Le due metà sono state quindi protette con film in polietilene e ricomposte per il trasporto verso i laboratori IRSA.



Figura 7. Le carote protette con film in polietilene e ricomposte per il trasporto.

Qui i campioni sono stati riaperti ed esaminati per ottenere una descrizione di massima degli strati di terreno incontrati. In questa fase sono stati raccolti, utilizzando la parte più interna della carota estratta, i sub-campioni, di peso compreso fra 15 e 20 g, corrispondenti alle due diverse profondità di campionamento come previsto dal programma di indagine. I subcampioni rappresentativi dell'orizzonte superficiale sono caratterizzati dalla lettera A, quelli della porzione più profonda dalla lettera B. In corrispondenza del punto IRSA01, i campioni raccolti sono stati 3. Si riportano nell'allegato 1 le descrizioni e le profondità di sub-campionamento relative a tutti i carotaggi eseguiti.

I 25 campioni ottenuti sono stati quindi essiccati in forno a 40°C per 48 ore (figura 8) e quindi sono stati sottoposti a quartatura per ottenere un campione omogeneo di circa 3-4 g da utilizzare per le successive analisi.

Questi campioni sono stati macinati in mortaio di agata (figura 9) e quindi setacciati a 0,5 mm (500 μm o 35 *mesh*). Avendo considerato un peso ottimale per i campioni analitici di 250mg, la procedura di riduzione delle dimensioni dei granuli e la setacciatura sono necessarie in quanto la norma EN 16179 del 2012 prevede, per salvaguardare la rappresentatività del campione, un peso minimo di 235 mg per campioni a granulometria 0,5 mm.



Figura 8. Essiccazione dei campioni analitici: 40°C per 48 ore.



Figura 9. Preparazione dei campioni analitici: riduzione della granulometria in mortaio d'agata e setacciatura a 500 μm .

Qualche ulteriore commento è da spendere sulla omogeneità dei campioni ottenuti. La natura litologica dei campioni influisce in modo sostanziale sulla composizione del campione. I cristalli scuri di pirosseno, chiari di leucitite e le lamelle di biotite sono dispersi in una massa costituita dalla parte alterata e/o argillificata che rappresenta la parte preponderante del campione ed è caratterizzata da una granulometria inferiore al setaccio utilizzato.



Figura 10. Campione essiccato (a sinistra) e dopo il processo di riduzione della granulometria e setacciatura a 500 μm (a destra).

È possibile che tale conformazione del campione macroscopico possa ingenerare possibili disomogeneità in fase di pesatura del campione da avviare alle procedure di analisi.

La mineralizzazione dei campioni è stata condotta in forno a microonde (FKV Milestone Ethos TC) secondo il metodo EPA 3051a, introducendo una quantità di campione di circa 250 mg nei contenitori in PTFE e una miscela di 1 ml di H_2O_2 al 30% e 7 mL di HNO_3 al 65 % di grado Suprapur. L'aggiunta di perossido si è reputata necessaria per una migliore gestione della materia organica presente nel terreno.



Figura 11. Mineralizzazione dei campioni analitici: a destra forno a microonde FKV Milestone, a sinistra programma di mineralizzazione conforme allo standard EPA 3051a.

Il metodo EPA 3051a prevede una durata totale della mineralizzazione di 15 minuti con l'innalzamento graduale della temperatura fino a 180°C per i primi 5 minuti ed un successivo mantenimento alla stessa temperatura per ulteriori 10 minuti. La potenza erogata dal sistema

utilizzato è pari ad un massimo di 1000 kW. Al termine del programma di mineralizzazione i campioni sono stati portati ad un volume finale di 50 mL in contenitori di polipropilene con acqua ad elevato grado di purezza ($18 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ a 25°C).

Per il controllo della qualità della fase analitica sono stati previste quattro repliche (11A, 11B, 12A, 12B) ed un bianco preparato trattando le stesse quantità di reagenti utilizzati per i campioni, secondo la procedura sopra descritta

Nella tabella 3 di pagina seguente sono riportate le caratteristiche dei campioni analizzati, mentre in figura 12 è riportata la localizzazione dei punti di campionamento.



Figura 12. Localizzazione dei punti di campionamento. Vedi tabella 2 per le relative coordinate WGS84



Figura 13. Localizzazione dei punti di campionamento utilizzando come base la carta pedologica del parco (vedi Fig. 3)

Se consideriamo le risultanze dell'osservazione delle carote raccolte e tenendo le descrizioni pedologiche contenute nel documento citato nella didascalia di fig. 3, possiamo concludere che le perforazioni hanno attraversato per la maggior parte della loro lunghezza orizzonti pedologici e, solo in alcuni casi, livelli comunque alterati della formazione affiorante.

In fig. 13 è riportata la posizione dei punti di campionamento riportati sulla carta pedologica di fig. 3.

Analisi

La determinazione dei metalli è stata eseguita in spettrometria di massa al plasma ICP-MS (ORS) mediante spettrometro di massa con sorgente al plasma induttivo (Agilent technologies 7500c) con cella di collisione nella configurazione strumentale ORS (Octupole Reaction System).

La scelta di questa configurazione strumentale è necessaria in quanto uno dei problemi maggiori della tecnica ICP-MS è quello delle interferenze spettrali isobariche, cioè di ioni molecolari, composti da elementi presenti nella matrice o nel gas, che hanno la stessa massa molecolare (più precisamente lo stesso rapporto massa/carica) degli elementi da misurare.

Per superare questa difficoltà, si opera con celle di collisione (ORS) poste prima dell'analizzatore di massa. Questo dispositivo è costituito sostanzialmente da una lente multipolare, ottopolare nel nostro caso, posta in una cella pressurizzabile con gas inerte (He). Questa cella sotto pressione variabile di un gas inerte permette di ottenere una completa decomposizione dei cluster ionici molecolari formati dall'argon con altri elementi, abbattendo così le interferenze isobariche e aumentando i limiti di rilevabilità.

L'ottimizzazione dei parametri strumentali è stata realizzata misurando la sensibilità e il livello degli ossidi e delle doppie cariche.

La sensibilità in He mode è stata verificata misurando una soluzione certificata di 10 µg/L in HNO₃ all'1% degli isotopi ⁷Li, ⁸⁹Y, ⁵⁹Co, ¹⁴⁰Ce e ²⁰⁵Tl.

Il controllo dei parametri di valutazione del plasma è stato realizzato misurando il livello degli ossidi e delle doppie cariche; inoltre, è stato misurato il livello di background in He mode sulla massa 56 (< 12000 cps) e sulla massa 59 (< 300 cps).

Tabella 3. Caratteristiche dei campioni analizzati

Progress.	Campione	Prof. camp. (cm)	Pesata (mg)
1	01 A	26 - 28	252,5
2	01 B	125 - 130	252,5
3	01 C	75 - 80	254,5
4	02 A	25 - 30	252,3
5	02 B	90 - 95	252,2
6	03 A	33 - 35	251,3
7	03 B	85 - 90	250,7
8	04 A	32 - 35	251,0
9	04 B	88 - 90	254,9
W	Bianco	-	-
11	05 A	25 - 30	251,6
12	05 B	90 - 92	253,3
13	06 A	20 - 24	250,9
14	06 B	100 - 105	251,3
15	07 A	40 - 42	254,3
16	07 B	85 - 88	250,4
17	08 A	20 - 23	254,5
18	08 B	90 - 93	251,6
19	09 A	22 - 25	251,6
20	09 B	90 - 93	252,9
21	10 A	29 - 32	250,7
22	10 B	92 - 95	254,3
23	11 A	48 - 50	250,6
24	11 A *R	48 - 50	251,7
25	11 B	88 - 91	251,6
26	11 B *R	88 - 91	251,1
27	12 A	20 - 25	251,0
28	12 A *R	20 - 25	250,9
29	12 B	87 - 90	252,4
30	12 B *R	87 - 90	252,2

Comunicazione

Parallelamente alle attività sperimentali, il personale dell'Istituto di Ricerca sulle Acque è stato coinvolto nella realizzazione di un sito web dedicato all'informazione sulle attività in corso. Sono stati resi disponibili sia i dati pregressi reperitivi durante la fase conoscitiva, sia le informazioni sulle attività dell'Istituto svolte nell'ambito dell'incarico di ricerca.

Il sito, ospitato nei server dell'Istituto, è raggiungibile all'indirizzo:

<http://parcocentocelle.irsacnr.it/index.html>

Attraverso il sito sono consultabili tutti i documenti raccolti nella fase di definizione del modello concettuale preliminare dell'area di indagine, nonché le informazioni e le foto relative ai siti di campionamento e i campioni raccolti.

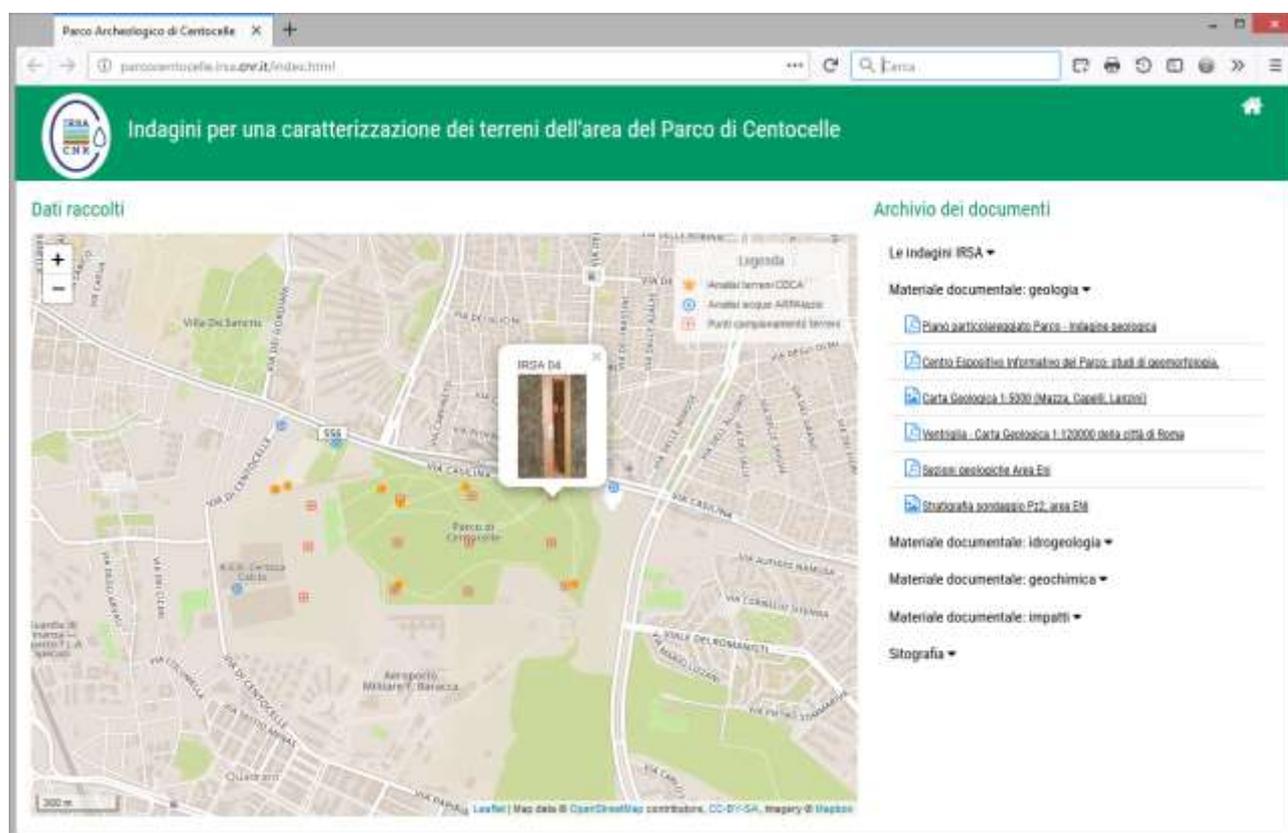


Figura 14. Sito web dedicato alle indagini.

Risultati analitici

Tabella 4. Concentrazione in mg/kg dei parametri considerati. In calce sono riportati le concentrazioni soglia previste dalla 152/2006.

Punto	Camp.	Prof.	Sb (mg/kg)	As (mg/kg)	Be (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Se (mg/kg)	Sn (mg/kg)	Tl (mg/kg)	V (mg/kg)	Zn (mg/kg)
IRSA01	A	26 - 28	0,2	25,9	12,0	2,3	21,8	21,6	0,9	24,2	276,6	91,7	11,1	2,4	2,4	170,1	153,7
	B	125 - 130	0,1	27,7	14,8	2,0	15,3	8,8	0,5	16,7	162,0	75,7	13,8	0,4	4,5	175,4	89,9
	C	75 - 80	0,2	37,1	16,8	2,8	17,1	7,9	0,2	14,2	156,0	68,8	45,6	0,5	2,3	241,8	103,5
IRSA02	A	25 - 30	0,1	31,1	15,1	2,1	15,7	7,6	< 0,1	14,4	159,5	66,6	11,3	4,3	2,3	207,5	90,6
	B	90 - 95	0,1	27,8	12,1	2,4	31,9	21,8	< 0,1	96,6	279,7	115,8	11,5	1,9	2,6	199,4	454,2
IRSA03	A	33 - 35	0,1	28,7	14,0	2,3	21,3	27,5	< 0,1	27,3	166,1	73,6	10,7	2,0	2,9	189,0	98,9
	B	85 - 90	0,1	28,5	11,4	3,1	30,5	30,7	< 0,1	34,3	169,3	71,4	15,2	0,4	2,1	199,8	90,7
IRSA04	A	32 - 35	0,1	27,9	14,9	2,0	13,9	6,9	0,9	11,8	145,2	64,7	5,4	0,9	2,2	177,9	88,2
	B	88 - 90	0,1	27,1	13,4	1,7	11,3	4,6	< 0,1	10,2	135,0	64,7	12,2	0,1	3,1	168,1	72,8
IRSA05	A	25 - 30	0,1	20,3	14,1	0,7	37,8	32,4	< 0,1	27,6	303,7	70,0	8,9	0,1	1,6	226,2	89,6
	B	90 - 92	0,1	24,5	14,6	2,4	18,6	15,2	< 0,1	28,0	146,3	78,8	11,1	0,3	1,4	153,2	86,9
IRSA06	A	20 - 24	0,1	30,5	16,7	1,9	14,3	6,3	< 0,1	11,6	141,7	62,4	11,8	0,2	1,6	196,7	111,4
	B	100 - 105	0,1	18,9	6,0	1,9	10,5	11,7	< 0,1	16,7	125,5	47,0	5,8	0,4	1,7	97,7	354,8
IRSA07	A	40 - 42	0,0	22,6	10,5	1,6	25,2	18,5	< 0,1	21,2	188,6	51,1	8,3	0,4	2,2	163,4	65,5
	B	85 - 88	0,1	23,8	12,7	2,1	22,2	33,5	< 0,1	32,1	144,0	54,1	9,4	0,0	2,2	173,9	75,3
IRSA08	A	20 - 23	0,1	22,0	14,3	2,2	21,6	21,8	< 0,1	25,0	237,3	61,1	8,4	0,1	2,9	176,6	84,3
	B	90 - 93	0,1	25,8	13,1	1,4	11,4	6,7	< 0,1	12,9	127,0	72,7	9,5	0,1	2,0	150,4	77,7
IRSA09	A	22 - 25	0,1	21,7	10,3	1,0	17,7	14,1	0,9	17,5	268,5	62,0	8,5	1,1	1,9	132,2	77,9
	B	90 - 93	0,1	16,0	9,3	1,0	25,9	19,4	0,1	21,7	185,6	47,3	7,1	0,1	1,9	143,1	53,0
IRSA10	A	29 - 32	0,1	20,1	13,0	0,7	34,1	33,1	< 0,1	32,1	186,1	57,8	8,4	0,2	1,6	212,0	74,4
	B	92 - 95	0,1	23,4	13,2	1,6	12,4	8,7	< 0,1	15,1	122,5	75,5	11,0	0,1	2,9	154,0	78,8
IRSA11	A	48 - 50	0,0	17,4	18,0	1,7	18,6	20,8	< 0,1	23,5	175,0	65,2	10,4	0,1	2,8	160,8	88,8
	B	88 - 91	0,1	25,2	13,5	2,2	26,8	21,1	< 0,1	26,0	275,6	65,6	11,3	0,4	3,1	184,4	83,1
IRSA12	A	20 - 25	0,1	27,1	16,5	2,2	16,3	8,6	< 0,1	14,3	185,5	88,4	11,6	0,2	2,3	179,9	110,0
	B	87 - 90	0,1	25,6	14,9	1,7	11,7	4,8	< 0,1	10,9	127,0	69,3	10,1	0,2	2,1	166,8	75,9
Tab. 1, All. 5 - Col. A			10	20	2	20	150		1	120	100	120	3	1	1	90	150
Tab. 1, All. 5 - Col. B			30	50	10	15	800		5	500	1000	600	15	350	10	250	1500

In tabella 5 sono riportati i valori minimi, medi e massimi distinti per orizzonte di campionamento. Ricordiamo che i campioni superficiali (A) sono stati raccolti ad una profondità di circa 30 cm, mentre i campioni profondi (B) intorno ai 90 cm.

Tabella 5. Statistica generale delle concentrazioni analitiche, distinta per livello di campionamento: **A** superficiale, **B** profondo

Parametro	Campioni	Minimo (mg/kg)		Media (mg/kg)		Massimo (mg/kg)	
		A	B	A	B	A	B
Sb	12	0,039	0,059	0,085	0,086	0,158	0,139
As	12	17,36	16,01	24,6	24,52	31,11	28,52
Be	12	10,33	6,049	14,12	12,41	17,96	14,86
Cd	12	0,676	1,008	1,72	1,969	2,328	3,131
Co	12	13,94	10,55	21,53	19,04	37,76	31,92
Cr	12	6,277	4,551	18,25	15,57	33,11	33,55
Ni	12	11,56	10,18	20,87	26,78	32,11	96,55
Pb	12	141,7	122,5	202,8	166,6	303,7	279,7
Cu	12	51,12	46,96	67,89	69,82	91,68	115,8
Se	12	5,378	5,77	9,559	10,65	11,76	15,16
Sn	12	0,080	0,040	0,987	0,364	4,320	1,903
Tl	12	1,554	1,421	2,219	2,481	2,947	4,515
V	12	132,2	97,69	182,7	163,9	226,2	199,8
Zn	12	65,47	52,99	94,43	132,7	153,7	454,2

Per quasi tutti i parametri, i valori medi superficiali e profondi non differiscono significativamente, con i valori superficiali, nella maggior parte dei casi, leggermente superiori rispetto a quelli profondi. Tale comportamento è evidenziato anche nei *box-plot* di figura 15, in cui sono riportati anche i valori classificabili come *outliers* o estremi. Vedi ad esempio i valori

Dobbiamo però evidenziare come queste elaborazioni statistiche, così come le altre che seguiranno, debbano essere considerate con il loro giusto valore, tenendo conto della consistenza numerica del campione statistico.

In figura 16 sono riportati i valori di correlazione fra i diversi parametri, calcolati con il metodo di Spearman, utilizzando i 25 dati analitici per parametro. È stata scelta tale procedura non parametrica in quanto le distribuzioni di alcuni parametri non sono risultate di tipo normale (vedi paragrafi seguenti). I coefficienti di correlazione più elevati sono risultati quelli fra cromo, nichel e cobalto e quello fra selenio e arsenico. Non sono state invece evidenziate correlazioni inverse significative fra i parametri (valori negativi).

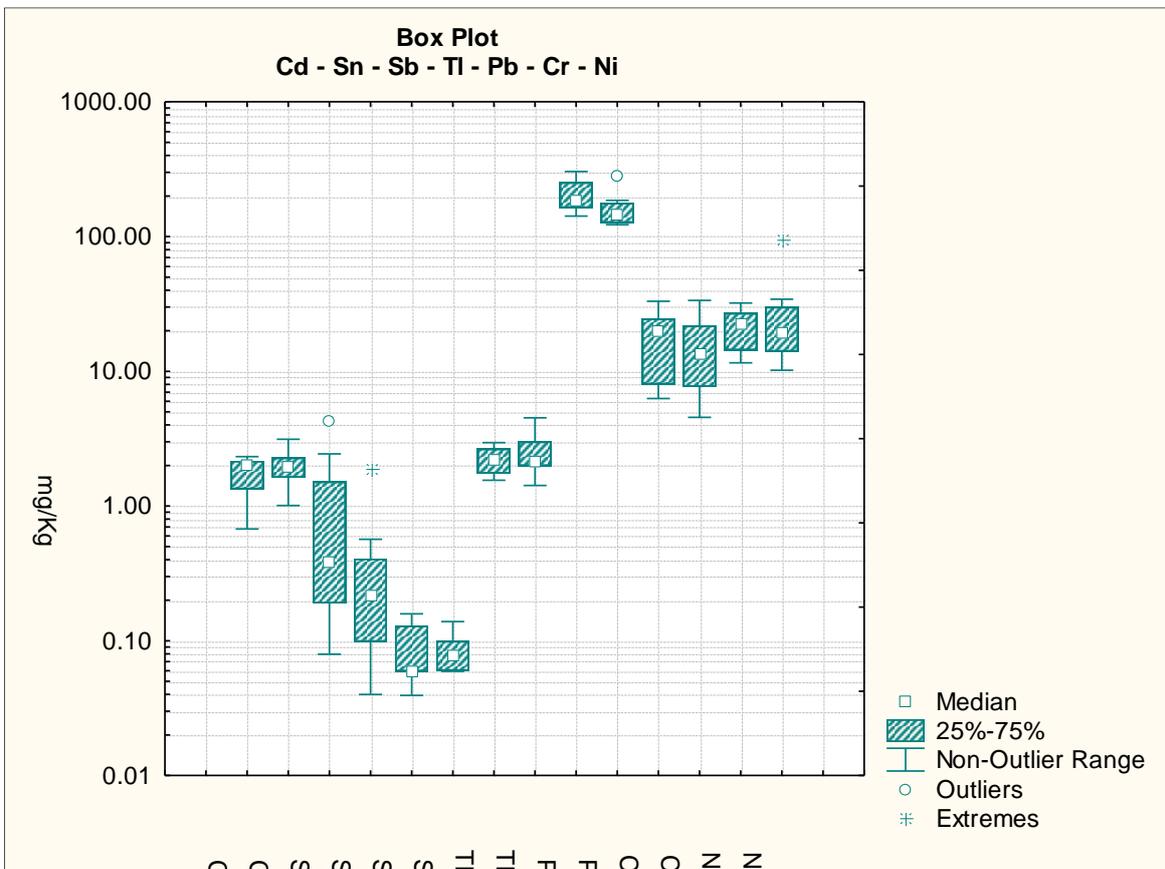
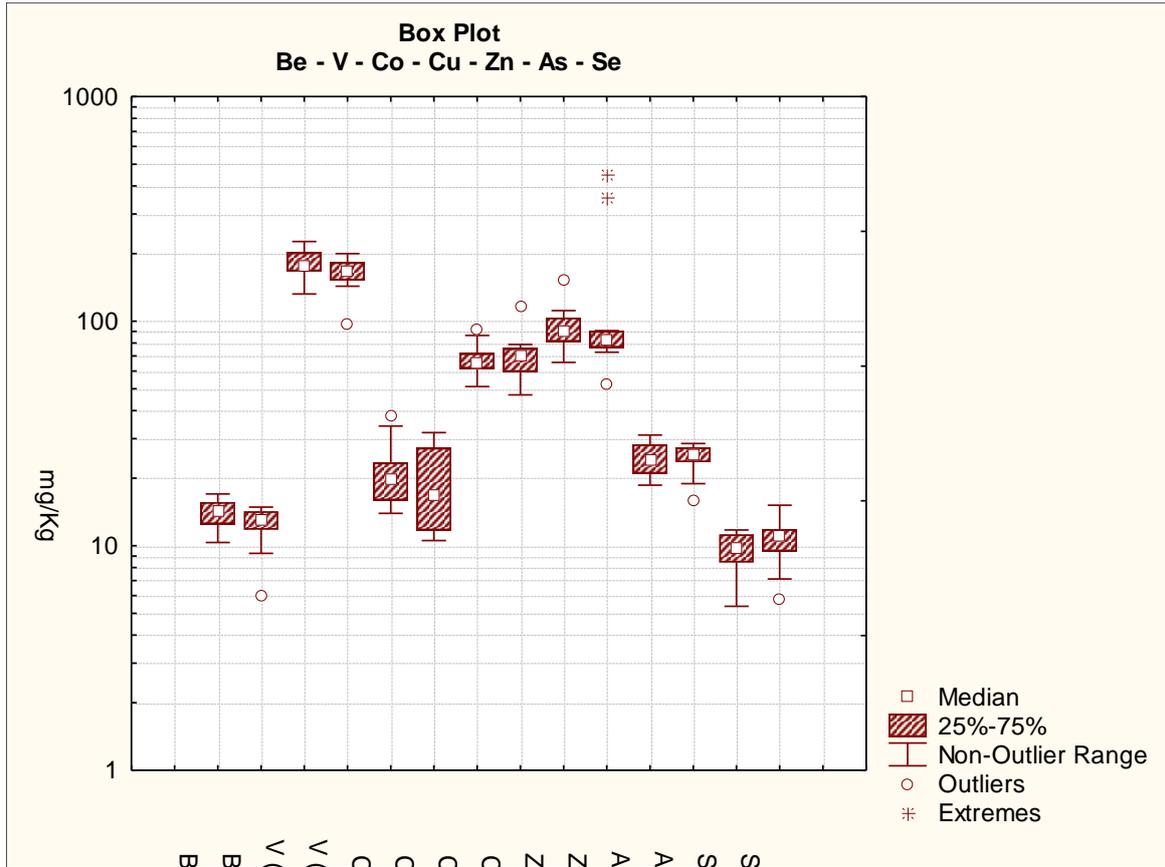


Figura 15. Box plot relativi ai parametri investigati. Per una migliore rappresentazione dei dati è stata utilizzata una scala logaritmica per le concentrazioni.

As													
Be	0,502												
Cd	0,689	0,307											
Co	-0,095	-0,143	0,196										
Cr	-0,205	-0,248	0,219	0,880									
Ni	-0,130	-0,238	0,336	0,865	0,954								
Pb	-0,288	-0,289	-0,065	0,615	0,447	0,417							
Cu	0,538	0,352	0,532	0,106	0,073	0,202	-0,006						
Se	0,724	0,463	0,642	0,043	-0,072	0,037	-0,159	0,637					
Sn	0,621	0,111	0,542	0,072	0,030	0,106	0,063	0,411	0,329				
Tl	0,337	0,272	0,400	0,052	0,105	0,079	-0,039	0,354	0,472	0,251			
V	0,400	0,270	0,224	0,290	0,129	0,100	0,398	0,125	0,292	0,114	0,001		
Zn	0,519	0,290	0,604	0,009	0,076	0,117	0,037	0,511	0,465	0,571	0,110	0,289	
	As	Be	Cd	Co	Cr	Ni	Pb	Cu	Se	Sn	Tl	V	Zn

Figura 16. In alto: Coefficienti di correlazioni (metodo non parametrico di Spearman) fra i diversi analiti investigati. In basso: Analisi dei componenti principali. Le prime due componenti, quelle graficate, rappresentano

Nei paragrafi seguenti sono riportate le elaborazioni relative ai parametri investigati. A causa dei valori di concentrazioni prossimi al limite di detezione, per l'antimonio e il mercurio non sono presentate elaborazioni grafiche. Per ogni parametro sono riportati:

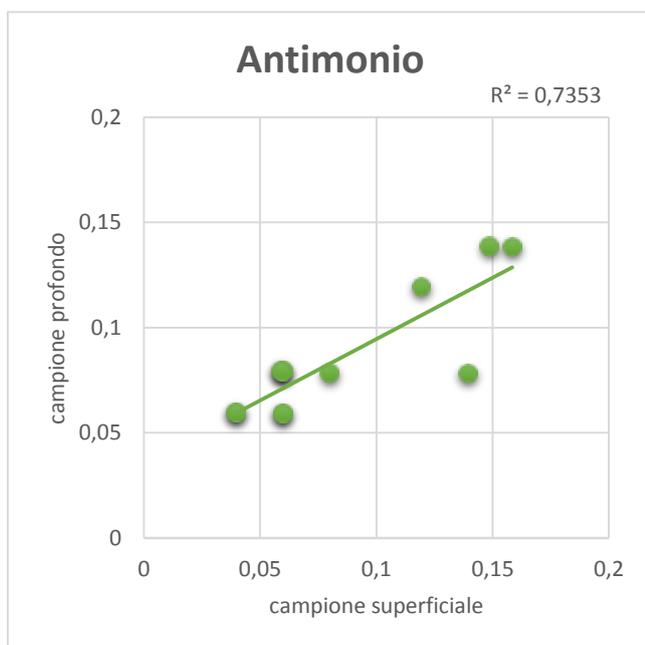
1. tabelle con i valori analitici, valori statistici analitici ed i relativi valori di confronto: colonna A e colonna B della Tab. 1 dell'Allegato 5 del D.lgs. 152/2006, valore di fondo ENEA;
2. grafici di probabilità cumulata distinti per orizzonte di campionamento. In questo tipo di rappresentazione, popolazioni con distribuzioni normali sono rappresentate da rette;
3. istogrammi di distribuzione distinti per orizzonte di campionamento;
4. *box and whisker* plot distinti per orizzonte di campionamento. Sono considerati valori anomali (*outliers*) quei valori superiori ad una volta e mezza la distanza interquartilica;
5. correlazione fra le concentrazioni dei campioni dell'orizzonte superficiale con i corrispondenti dell'orizzonte profondo;
6. distribuzione spaziale dei valori analitici distinti per orizzonte di campionamento (arancione: livello superiore, verde livello inferiore);
7. distribuzione spaziale degli eventuali superamenti dei valori previsti dalle colonne A (in giallo) e B (in rosso) della Tab. 1 dell'Allegato 5 del D.lgs. 152/2006, distinti per orizzonte di campionamento (triangolo con vertice in alto: livello superiore, triangolo con vertice in basso: livello inferiore);

Antimonio

	Sb_A	Sb_B
IRSA01	0,16	0,14
IRSA02	0,15	0,14
IRSA03	0,12	0,12
IRSA04	0,14	0,08
IRSA05	0,06	0,08
IRSA06	0,06	0,08
IRSA07	0,04	0,06
IRSA08	0,06	0,08
IRSA09	0,06	0,06
IRSA10	0,08	0,08
IRSA11	0,04	0,06
IRSA12	0,06	0,06

	Sb (mg/kg)	
n	12	12
min	0,04	0,06
max	0,16	0,14
media	0,09	0,09
mediana	0,06	0,08
Dev. Std.	0,044	0,030
Var.	0,002	0,001

	Valori soglia (mg/kg)
Col. A	10
Col. B	30
VFN Enea	6



I valori riscontrati per questo parametro sono piuttosto omogenei e molto inferiori ai limiti previsti dalla normativa ed al VFN indicato da ENEA.

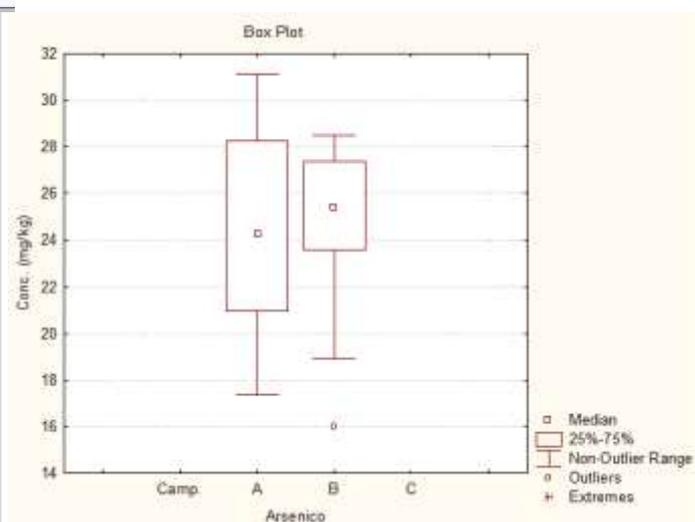
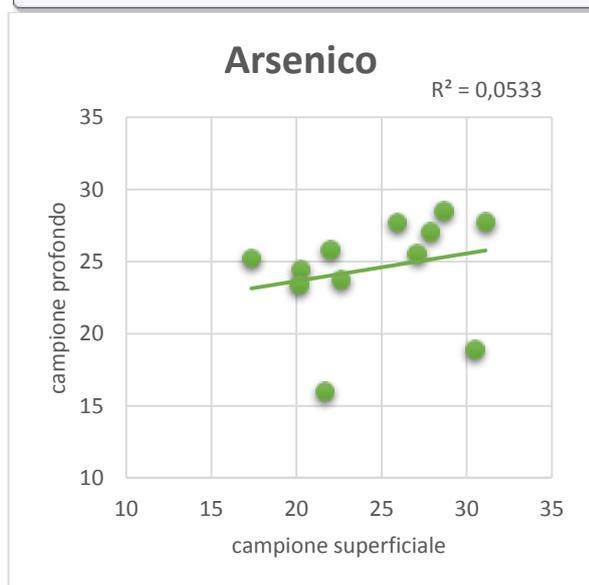
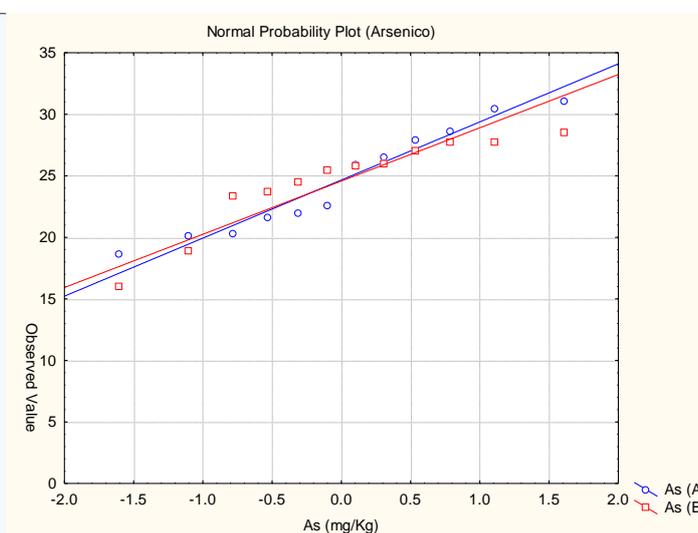
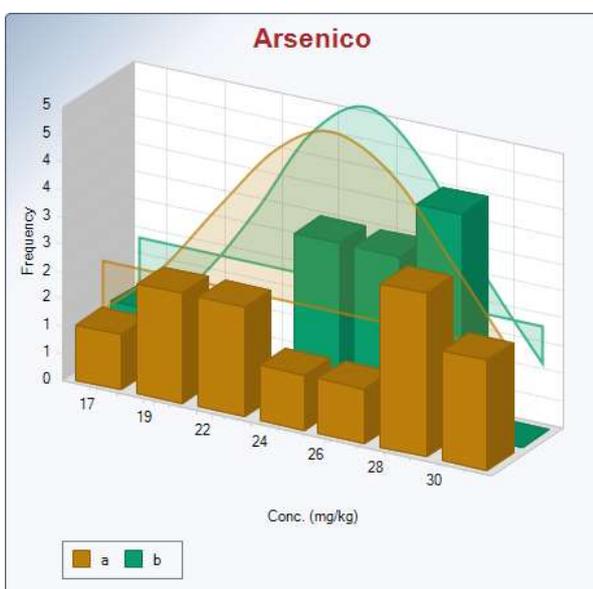
Si nota una forte correlazione fra i valori superficiali e quelli profondi.

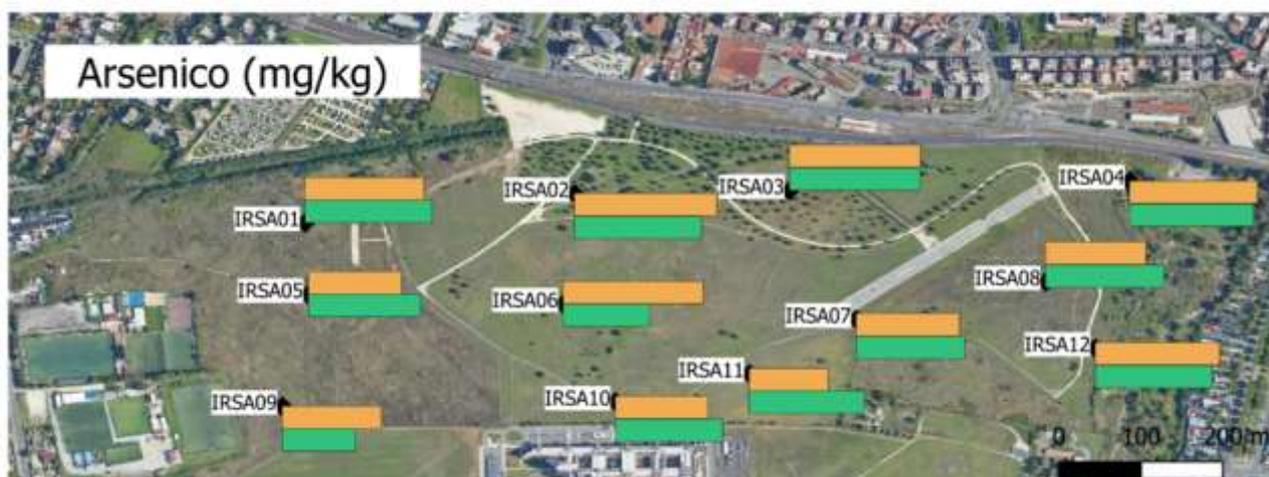
Arsenico

	As_A	As_B
IRSA01	25,9	27,7
IRSA02	31,1	27,8
IRSA03	28,7	28,5
IRSA04	27,9	27,1
IRSA05	20,3	24,5
IRSA06	30,5	18,9
IRSA07	22,6	23,8
IRSA08	22,0	25,8
IRSA09	21,7	16,0
IRSA10	20,1	23,4
IRSA11	17,4	25,2
IRSA12	27,1	25,6

	As (mg/kg)	
n	12	12
min	17,4	16,0
max	31,1	28,5
media	24,6	24,5
mediana	24,3	25,4
Dev. Std.	4,500	3,721
Var.	20,248	13,845

	Valori soglia (mg/kg)	
Col. A	20	
Col. B	50	
VFN Enea	55	





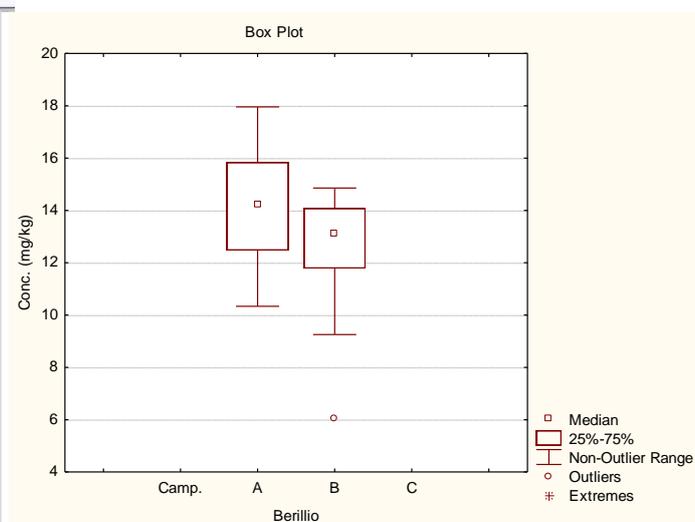
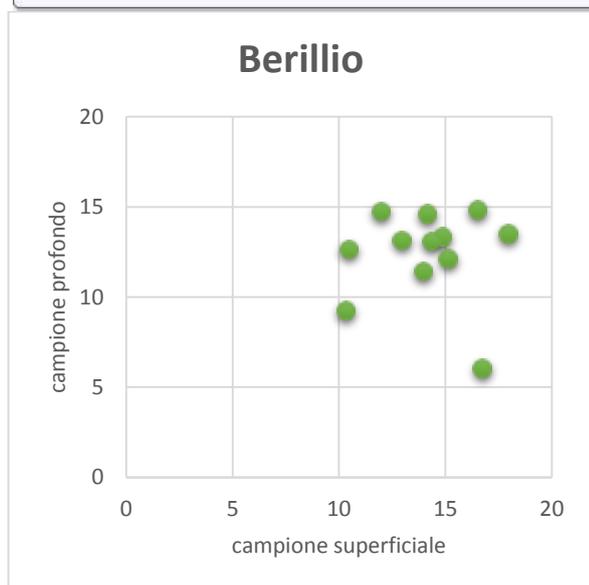
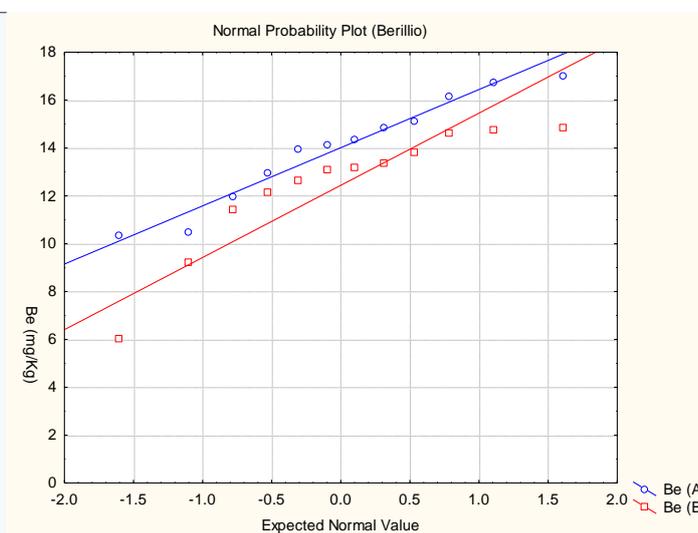
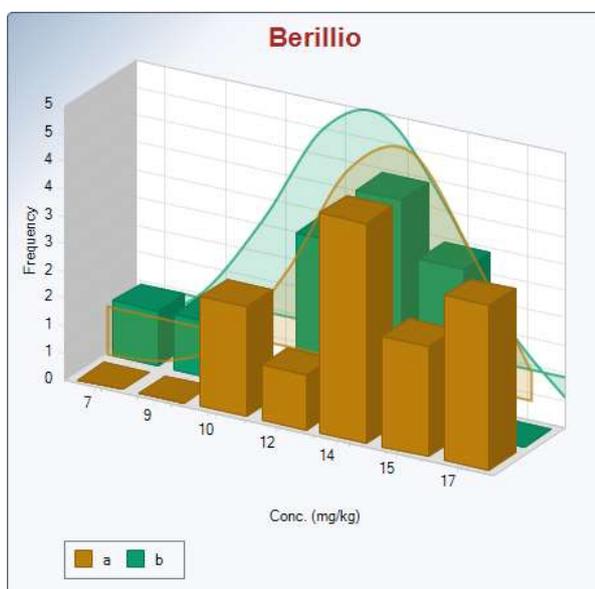
La distribuzione delle concentrazioni di arsenico si approssima alla normalità sia nell'orizzonte superficiale sia in quello profondo. Non sono presenti valori anomali e quasi tutte le concentrazioni riscontrate sono superiori al limite della colonna A. I valori massimi rilevati (IRSA02A) sono comunque inferiori al VFN stabilito da ENEA.

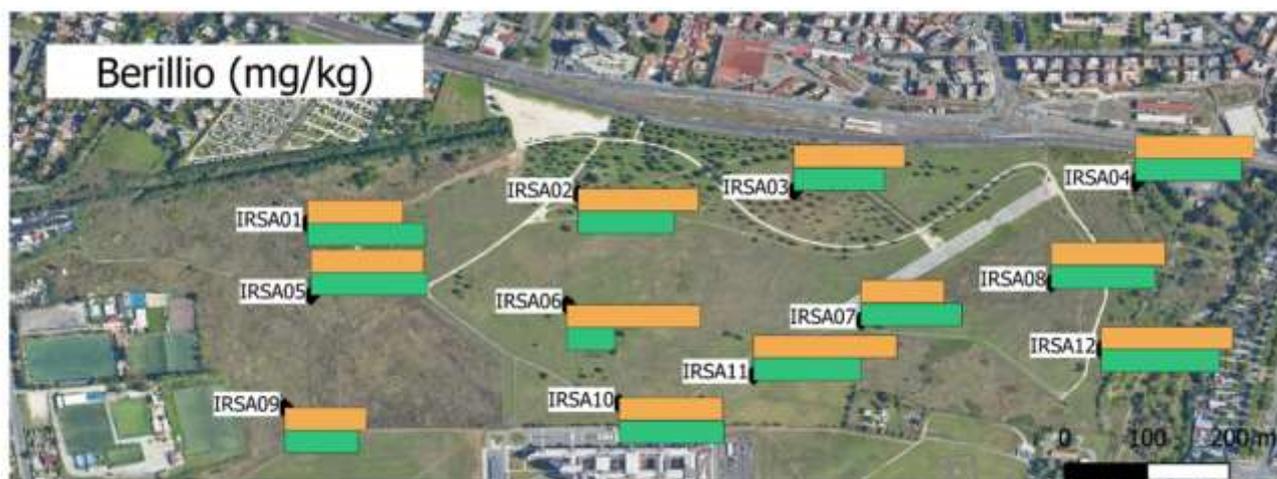
Berillio

	Be_A	Be_B
IRSA01	12,0	14,8
IRSA02	15,1	12,1
IRSA03	14,0	11,4
IRSA04	14,9	13,4
IRSA05	14,1	14,6
IRSA06	16,7	6,0
IRSA07	10,5	12,7
IRSA08	14,3	13,1
IRSA09	10,3	9,3
IRSA10	13,0	13,2
IRSA11	18,0	13,5
IRSA12	16,5	14,9

	Be (mg/kg)	
n	12	12
min	10,3	6,0
max	18,0	14,9
media	14,1	12,4
mediana	14,2	13,1
Dev. Std.	2,385	2,546
Var.	5,689	6,480

	Valori soglia (mg/kg)	
Col. A	2	
Col. B	10	
VFN Enea	16	





La distribuzione delle concentrazioni di berillio si approssima alla normalità sia nell'orizzonte superficiale sia in quello profondo. I valori superficiali sono tendenzialmente superiori a quelli profondi anche se non si osserva una correlazione fra le coppie di valori. È presente un valore anomalmente più basso delle medie (IRSA06B) e quasi tutte le concentrazioni riscontrate sono superiori al limite fissato nella colonna B.

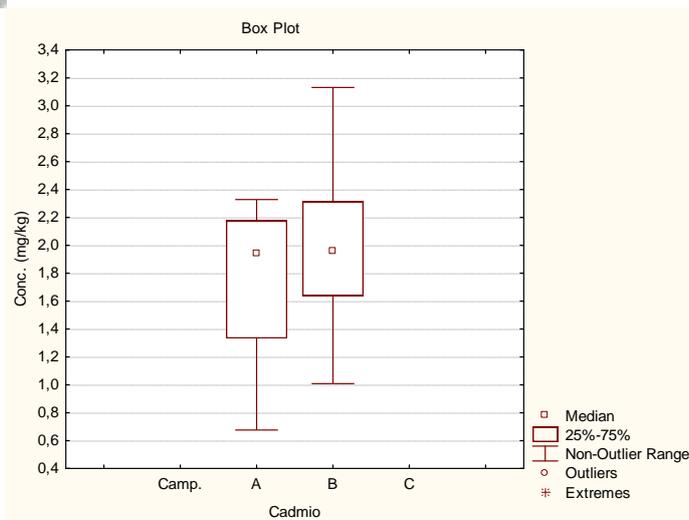
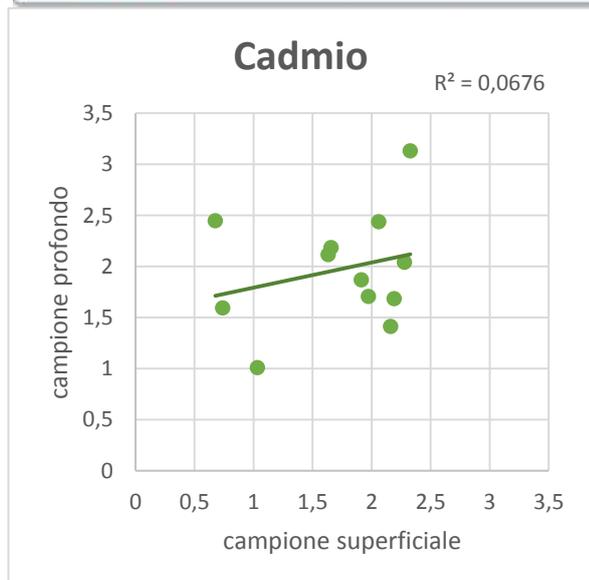
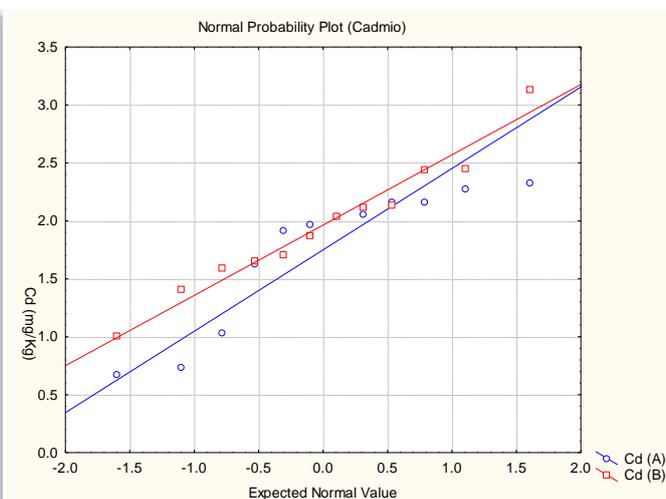
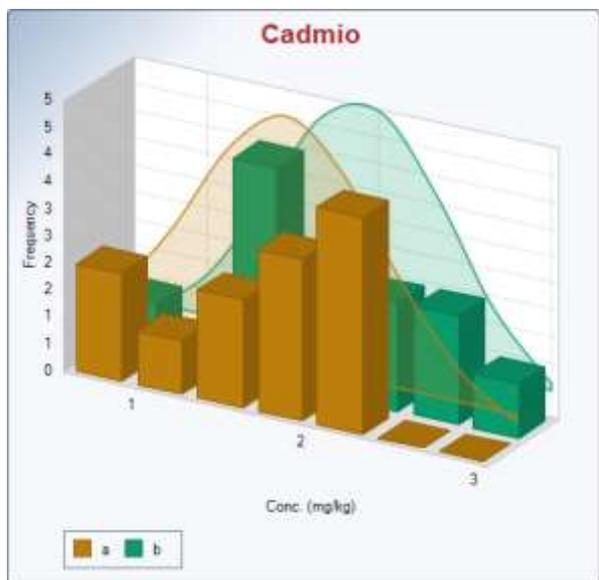
I valori massimi rilevati (IRSA06A=16,7 mg/kg, IRSA11A=18,0 e IRSA12A=16,5) sono leggermente superiori al VFN stabilito da ENEA (16 mg/kg).

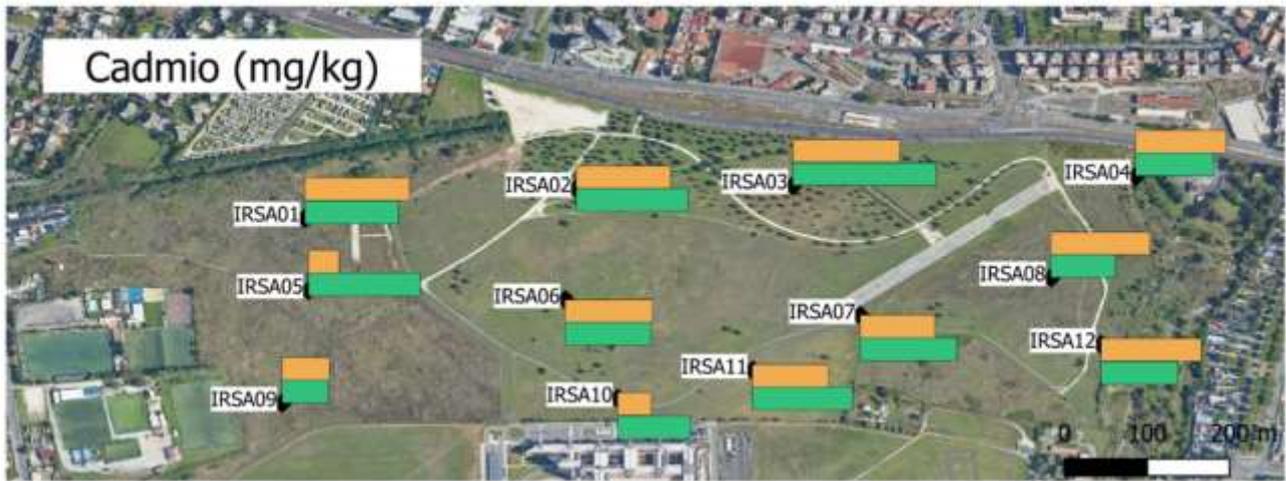
Cadmio

	Cd_A	Cd_B
IRSA01	2,28	2,04
IRSA02	2,06	2,44
IRSA03	2,33	3,13
IRSA04	1,97	1,71
IRSA05	0,68	2,45
IRSA06	1,91	1,87
IRSA07	1,63	2,12
IRSA08	2,16	1,41
IRSA09	1,03	1,01
IRSA10	0,74	1,59
IRSA11	1,66	2,19
IRSA12	2,19	1,68

n	12	12
min	0,68	1,01
max	2,33	3,13
media	1,72	1,97
mediana	1,94	1,95
Dev. Std.	0,592	0,557
Var.	0,350	0,310

Valori soglia (mg/kg)	
Col. A	2
Col. B	15
VFN Enea	1





La distribuzione delle concentrazioni di cadmio si approssima alla normalità soprattutto nell'orizzonte profondo dove i valori sono tendenzialmente superiori a quelli superficiali. Non si osserva una correlazione fra le coppie di valori superficiale/profondo.

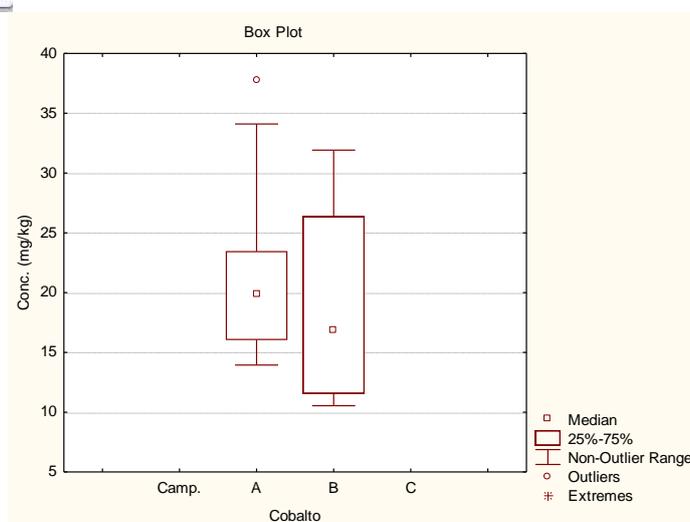
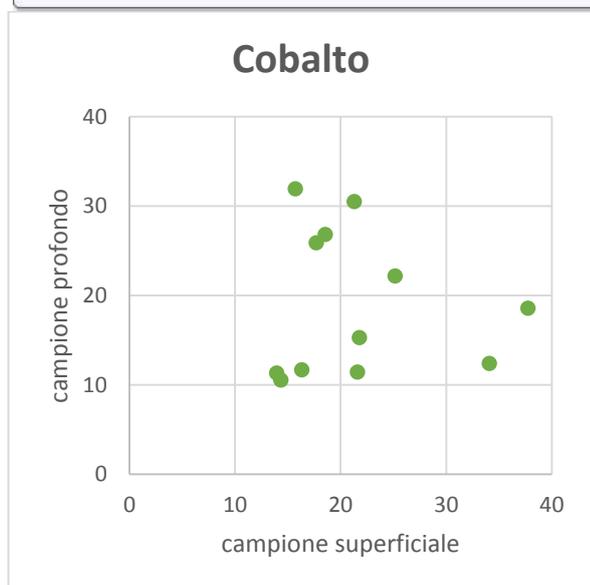
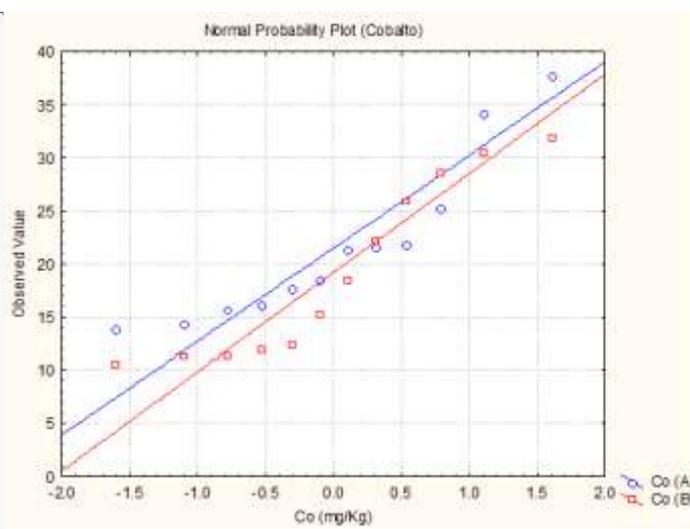
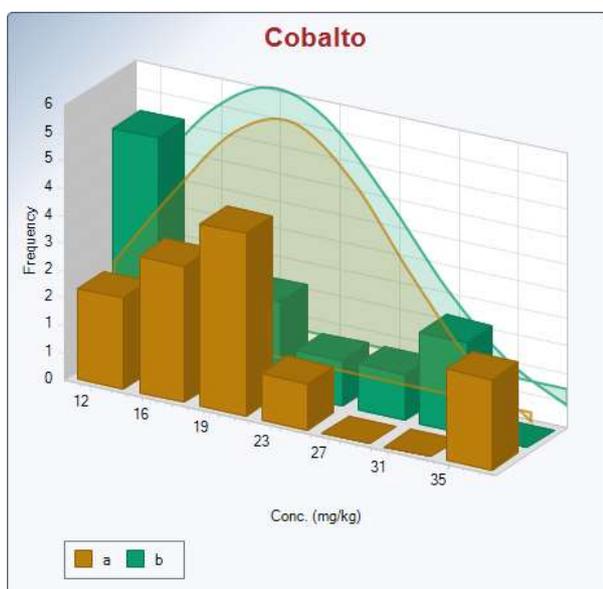
Circa il 45% dei valori riscontrati sono superiori al limite fissato dalla colonna A, mentre il Valore di Fondo stabilito da ENEA (1 mg/kg) è inferiore ai valori soglia della colonna A e B.

Cobalto

	Co_A	Co_B
IRSA01	21,8	15,3
IRSA02	15,7	31,9
IRSA03	21,3	30,5
IRSA04	13,9	11,3
IRSA05	37,8	18,6
IRSA06	14,3	10,5
IRSA07	25,2	22,2
IRSA08	21,6	11,4
IRSA09	17,7	25,9
IRSA10	34,1	12,4
IRSA11	18,6	26,8
IRSA12	16,3	11,7

	Co (mg/kg)	
n	12	12
min	13,94	10,55
max	37,76	31,92
media	21,53	19,04
mediana	19,92	16,91
Dev. Std.	7,557	8,078
Var.	57,104	65,259

	Valori soglia (mg/kg)	
Col. A	20	
Col. B	250	
VFN Enea	30	





La distribuzione delle concentrazioni di cobalto non appare normale. I valori rilevati nell'orizzonte profondo non si differenziano sensibilmente da quelli superficiali e non si osserva alcuna correlazione fra le coppie di valori. È presente un valore classificabile come anomalo (IRSA05A).

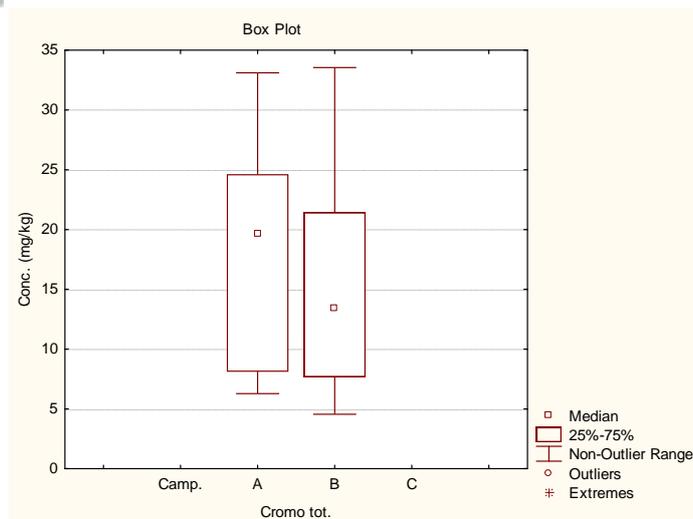
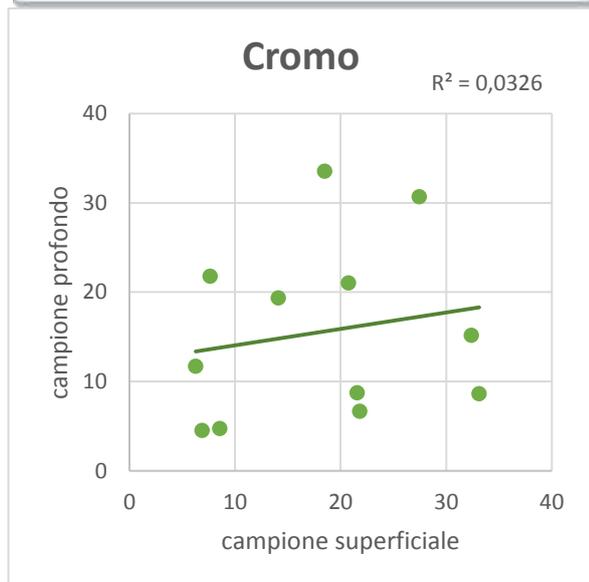
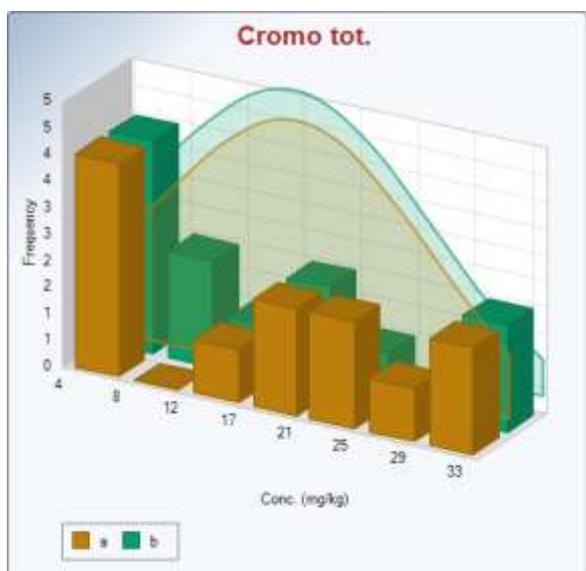
Circa il 45% dei valori riscontrati sono superiori al limite fissato dalla colonna A, mentre nessuno eccede il valore soglia della colonna B. Il Valore di Fondo stabilito da ENEA (30 mg/kg), leggermente superiore al valore previsto della colonna A, è superato dai campioni IRSA05A (37,8 mg/kg), IRSA10A (34,1), IRSA02B (31,9) e IRSA03B (30,5).

Cromo totale

	Cr_A	Cr_B
IRSA01	21,6	8,8
IRSA02	7,6	21,8
IRSA03	27,5	30,7
IRSA04	6,9	4,6
IRSA05	32,4	15,2
IRSA06	6,3	11,7
IRSA07	18,5	33,5
IRSA08	21,8	6,7
IRSA09	14,1	19,4
IRSA10	33,1	8,7
IRSA11	20,8	21,1
IRSA12	8,6	4,8

	Cr (mg/kg)	
n	12	12
min	6,28	4,55
max	33,11	33,55
media	18,25	15,57
mediana	19,62	13,47
Dev. Std.	9,685	9,829
Var.	93,790	96,611

	Valori soglia (mg/kg)	
Col. A	150	
Col. B	800	
VFN Enea	220	





Le distribuzioni delle concentrazioni di cromo totale, pur con una accentuata variabilità, appaiono molto simili nei due orizzonti campionati ma si osserva una scarsa correlazione fra le coppie di valori.

Nessun valore riscontrato è superiore ai limiti fissati dalla tabella 1 dell'allegato 5 del 152/2006, né al VFN stabilito da ENEA.

Mercurio

	Hg_A	Hg_B
IRSA01	0,89	0,48
IRSA02	< 0,1	< 0,1
IRSA03	< 0,1	< 0,1
IRSA04	0,88	< 0,1
IRSA05	< 0,1	< 0,1
IRSA06	< 0,1	< 0,1
IRSA07	< 0,1	< 0,1
IRSA08	< 0,1	< 0,1
IRSA09	0,91	0,14
IRSA10	< 0,1	< 0,1
IRSA11	< 0,1	< 0,1
IRSA12	< 0,1	< 0,1

	Hg (mg/kg)	
n	3	2
min		
max		
media		
mediana		
Dev. Std.		
Var.		

	Valori soglia (mg/kg)
Col. A	1
Col. B	5
VFN Enea	-

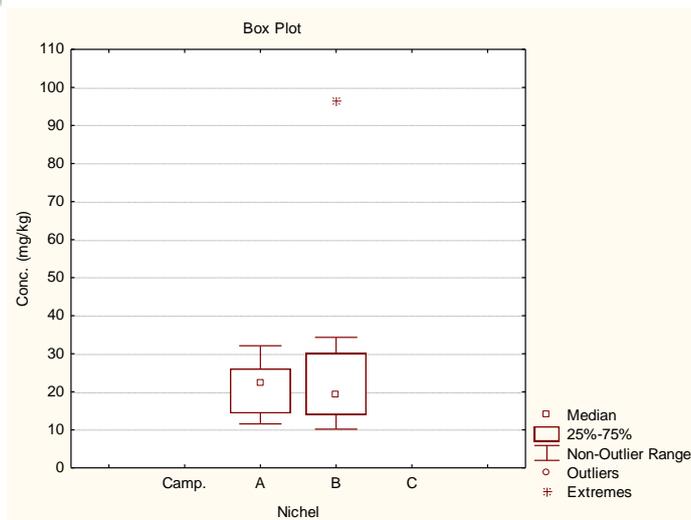
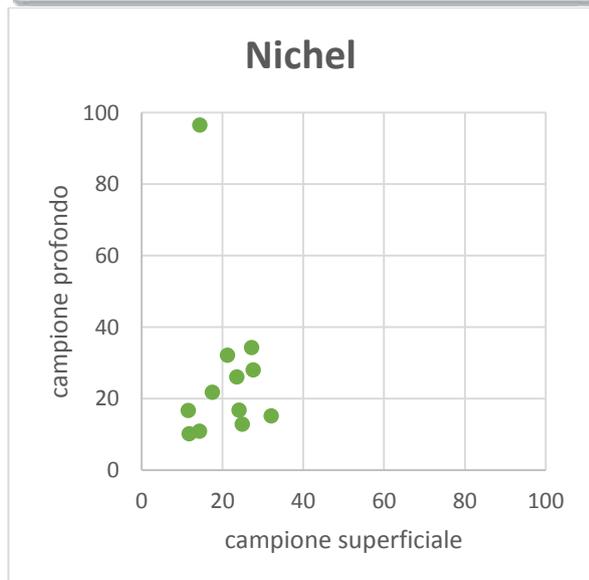
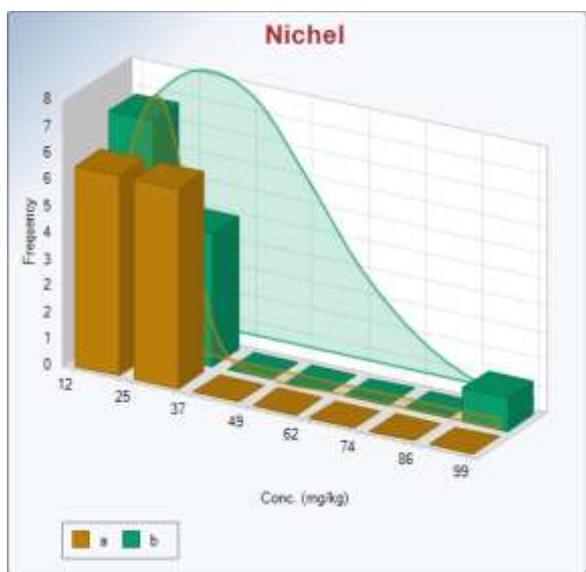
Le concentrazioni di mercurio sono generalmente inferiori al limite di detezione e in nessun caso sono risultate superiori ai limiti previsti dalla normativa.

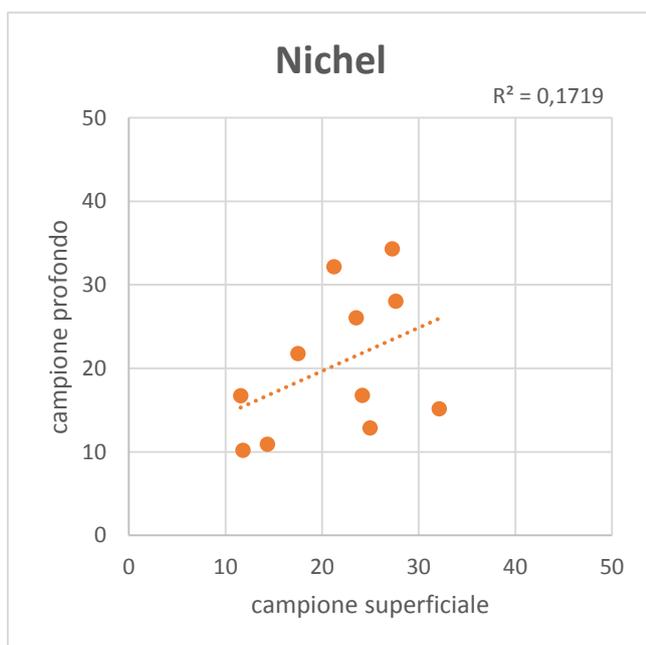
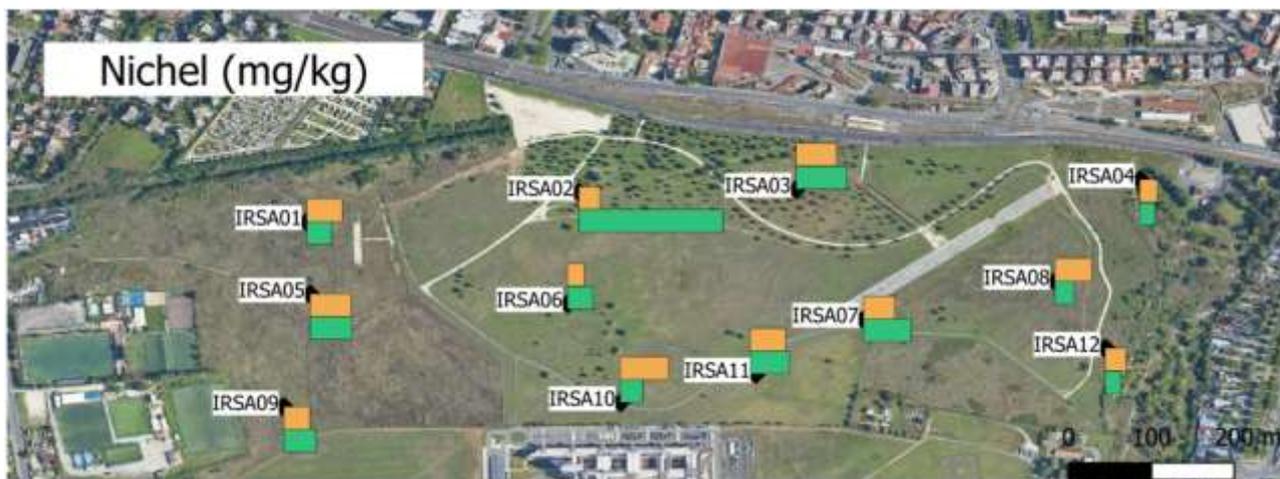
Nichel

	Ni_A	Ni_b
IRSA01	24,2	16,7
IRSA02	14,4	96,6
IRSA03	27,3	34,3
IRSA04	11,8	10,2
IRSA05	27,6	28,0
IRSA06	11,6	16,7
IRSA07	21,2	32,1
IRSA08	25,0	12,9
IRSA09	17,5	21,7
IRSA10	32,1	15,1
IRSA11	23,5	26,0
IRSA12	14,3	10,9

	Ni (mg/kg)	
n	12	12
min	11,56	10,18
max	32,11	96,55
media	20,87	26,78
mediana	22,39	19,24
Dev. Std.	6,826	23,433
Var.	46,597	549,115

	Valori soglia (mg/kg)	
Col. A	120	
Col. B	500	
VFN Enea	100	





Le distribuzioni delle concentrazioni di nichel appaiono molto simili nei due orizzonti campionati, anche se è presente un valore fortemente anomalo (IRSA02B: 96,6 mg/kg), più di 4 volte superiore al valore mediano. Eliminando questo valore si osserva una certa correlazione fra le coppie di valori superficiale/profondo.

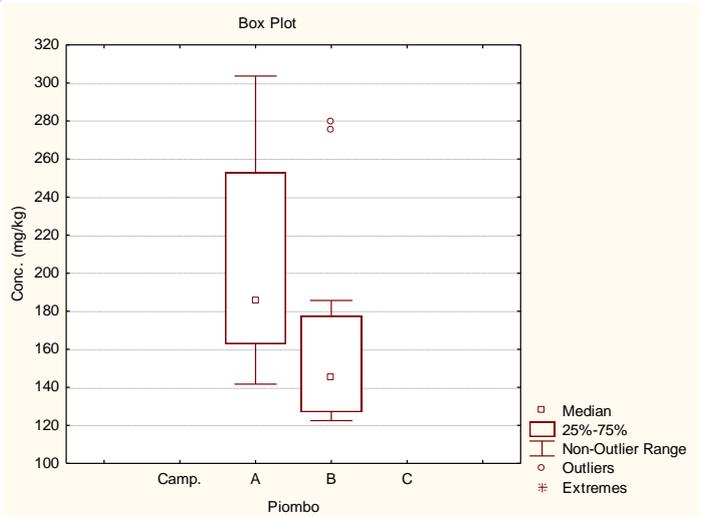
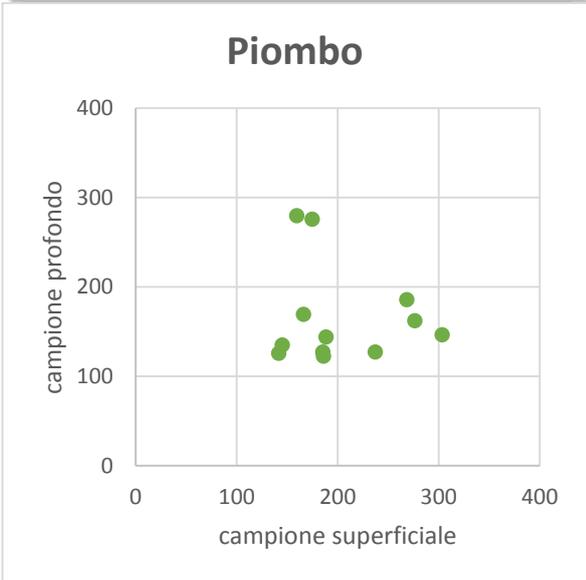
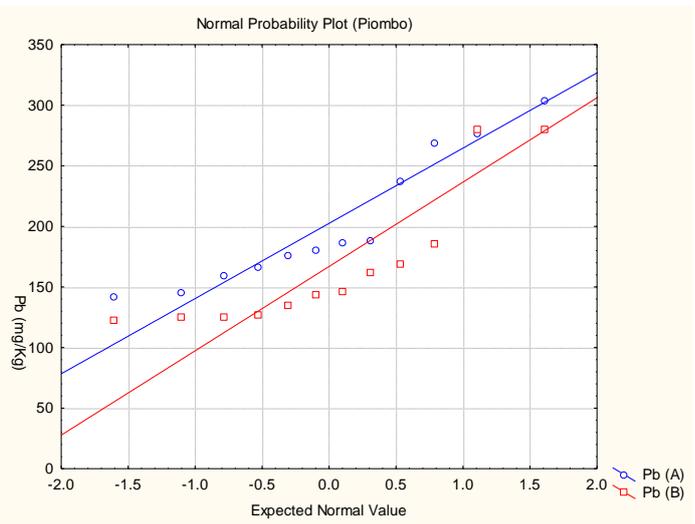
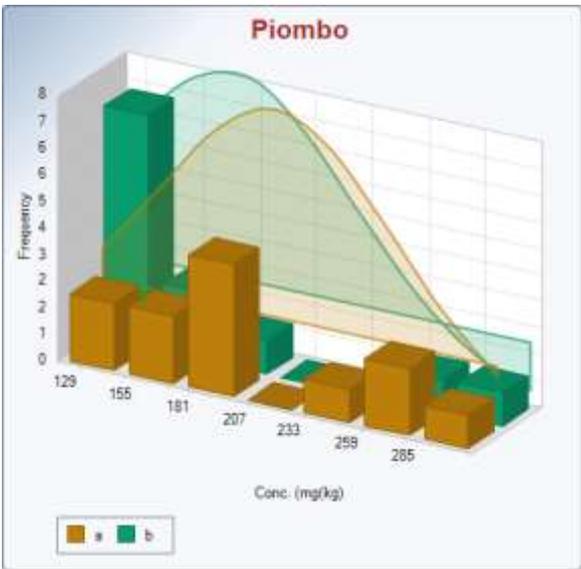
Nessun valore riscontrato è superiore ai limiti fissati dalla tabella 1 dell'allegato 5 del 152/2006, né al VFN stabilito da ENEA.

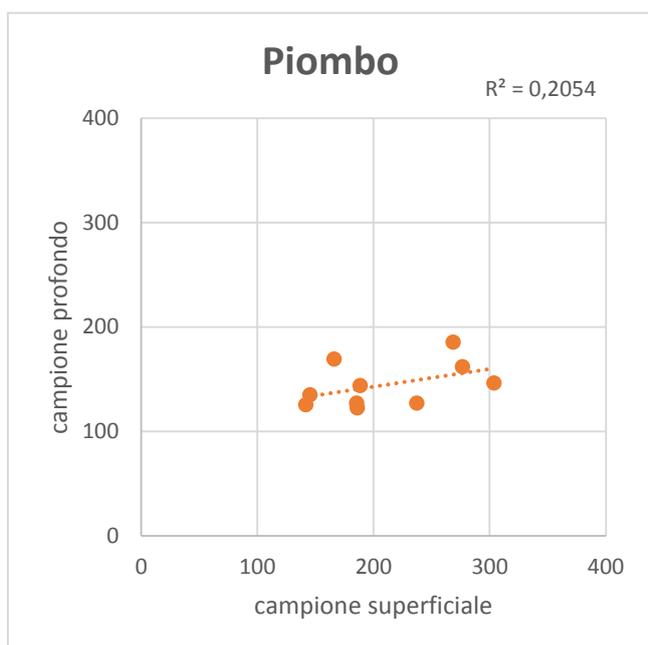
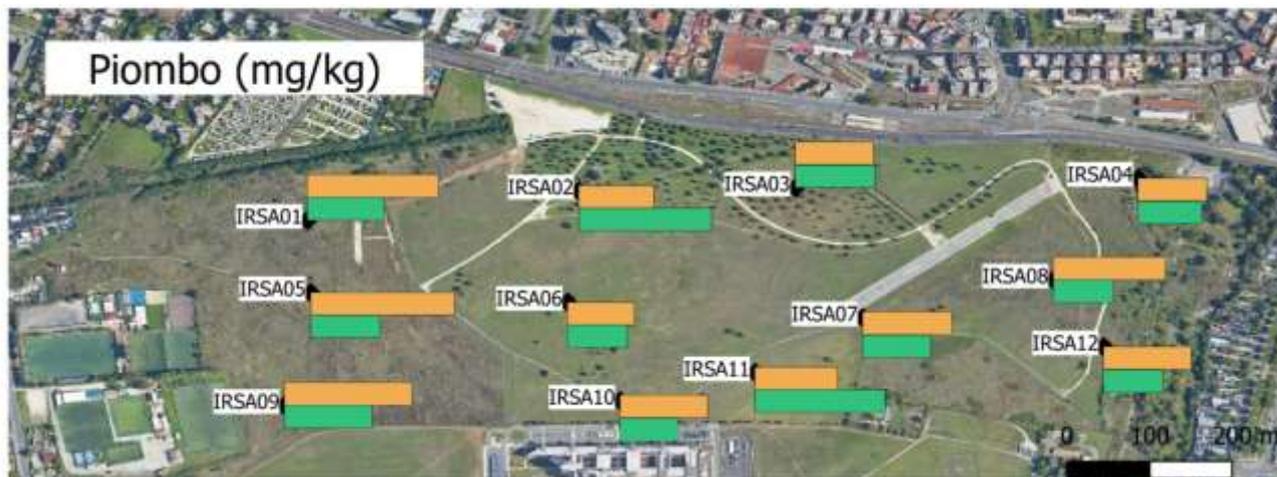
Piombo

	Pb_A	Pb_B
IRSA01	276,6	162,0
IRSA02	159,5	279,7
IRSA03	166,1	169,3
IRSA04	145,2	135,0
IRSA05	303,7	146,3
IRSA06	141,7	125,5
IRSA07	188,6	144,0
IRSA08	237,3	127,0
IRSA09	268,5	185,6
IRSA10	186,1	122,5
IRSA11	175,0	275,6
IRSA12	185,5	127,0

	Pb (mg/kg)	
n	12	12
min	141,69	122,49
max	303,66	279,74
media	202,81	166,63
mediana	185,77	145,12
Dev. Std.	54,733	55,413
Var.	2995,748	3070,647

	Valori soglia (mg/kg)
Col. A	100
Col. B	1000
VFN Enea	230





Le distribuzioni delle concentrazioni di piombo appaiono molto simili nei due orizzonti campionati, anche se sono presenti due valori anomali nell'orizzonte profondo (IRSA02B: 279,7 mg/kg, IRSA11B: 275,6). Eliminando questi valori si osserva una certa correlazione fra le coppie di valori superficiale/profondo.

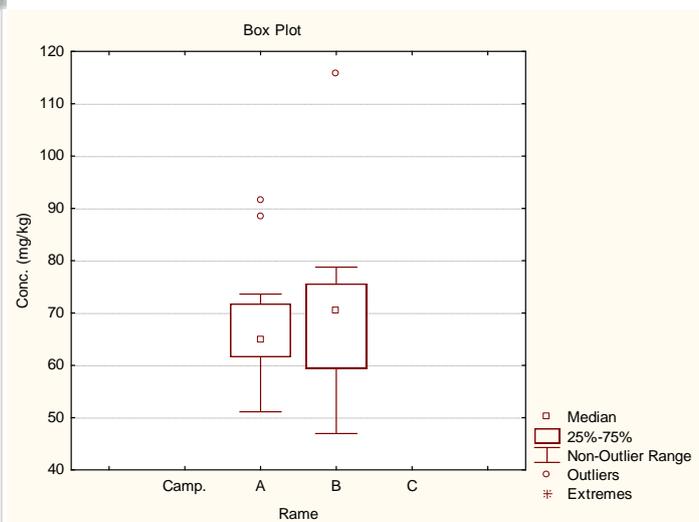
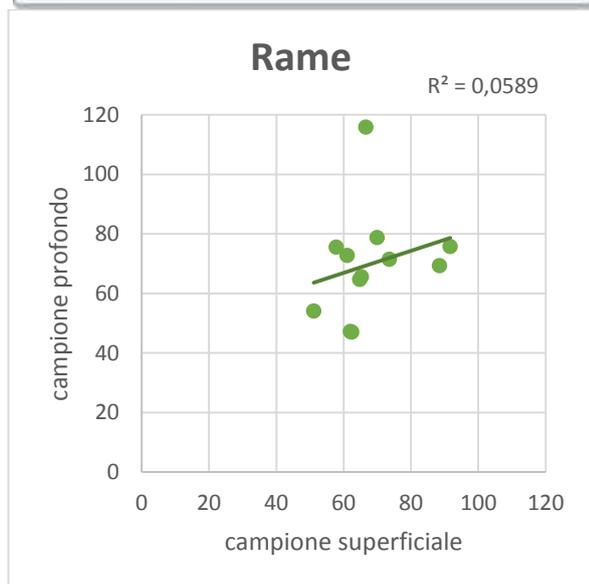
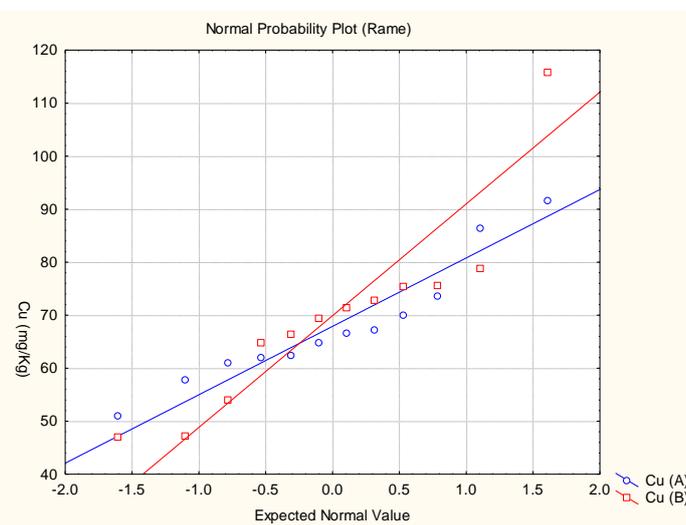
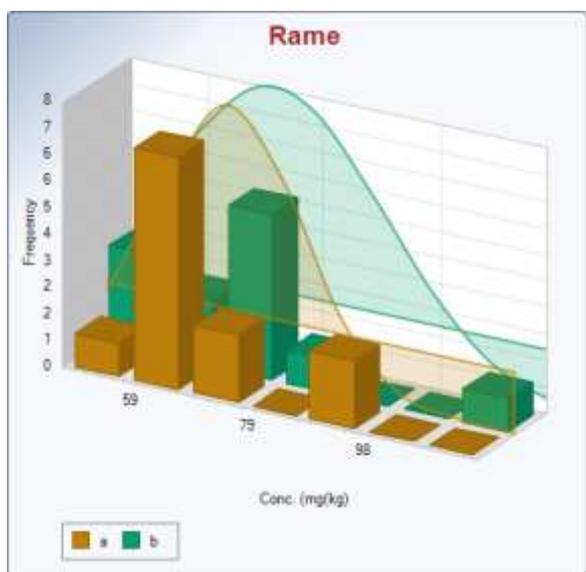
Le concentrazioni rilevate sono comunque piuttosto disperse e costantemente superiori al valore soglia previsto dalla colonna A. I valori classificati come anomali dell'orizzonte profondo sono superiori al VFN stabilito da ENEA, così come alcuni valori dell'orizzonte di campionamento superficiale, che tendenzialmente presenta valori più elevati.

Rame

	Cu_A	Cu_B
IRSA01	91,7	75,7
IRSA02	66,6	115,8
IRSA03	73,6	71,4
IRSA04	64,7	64,7
IRSA05	70,0	78,8
IRSA06	62,4	47,0
IRSA07	51,1	54,1
IRSA08	61,1	72,7
IRSA09	62,0	47,3
IRSA10	57,8	75,5
IRSA11	65,2	65,6
IRSA12	88,4	69,3

	Cu (mg/kg)	
n	12	12
min	51,12	46,96
max	91,68	115,78
media	67,89	69,82
mediana	64,99	70,37
Dev. Std.	11,824	18,073
Var.	139,796	326,648

	Valori soglia (mg/kg)
Col. A	120
Col. B	600
VFN Enea	69





La distribuzione della concentrazione di rame dell'orizzonte profondo appare piuttosto dispersa ed è presente un valore anomalo (IRSA02B: 115,8 mg/kg), circa due volte superiore alla media degli altri valori. La distribuzione dei valori superficiali è più regolare, anche se anche in questo caso sono stati riscontrati due valori (IRSA01A e IRSA 12A), che si discostano dagli altri. Stante tale situazione, non si osserva una correlazione rilevante fra le coppie di valori superficiale/profondo.

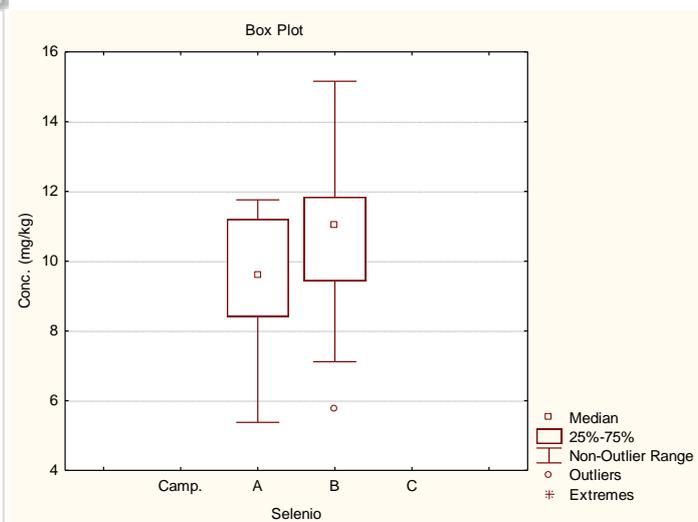
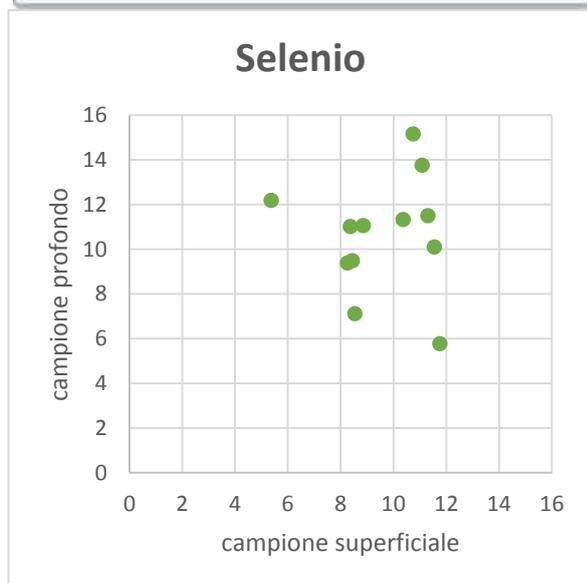
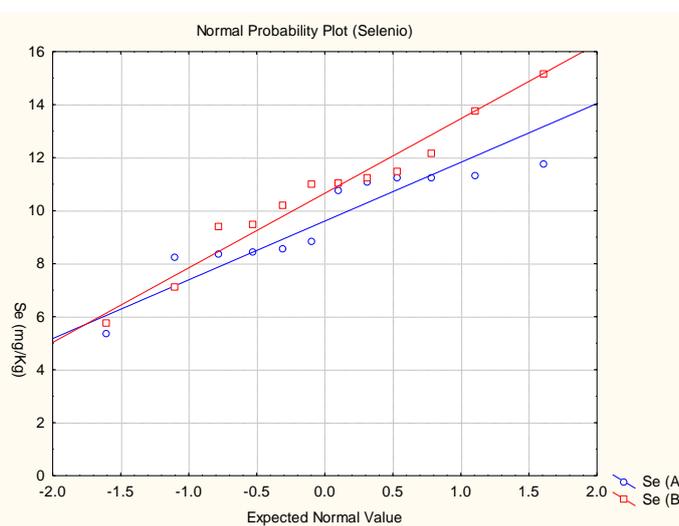
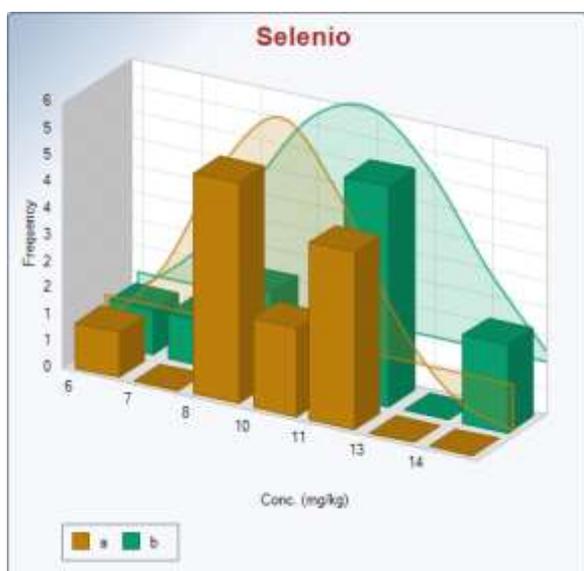
Le concentrazioni rilevate sono costantemente inferiori ai valori soglia previsti dalla 152/06 e la loro media molto vicina al Valore di Fondo stabilito da ENEA (69 mg/kg) per questo parametro.

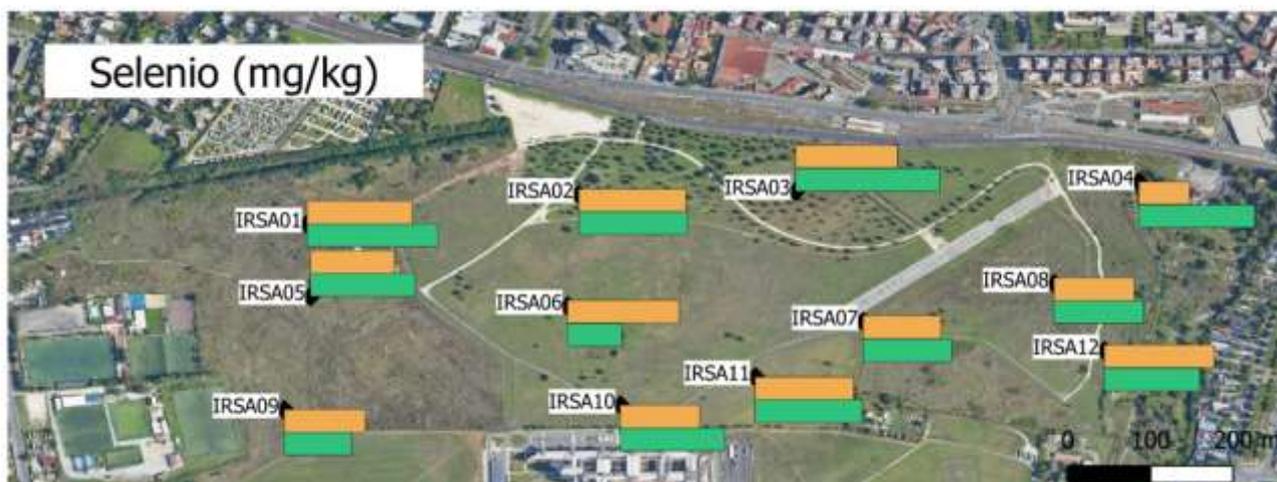
Selenio

	Se_A	Se_B
IRSA01	11,1	13,8
IRSA02	11,3	11,5
IRSA03	10,7	15,2
IRSA04	5,4	12,2
IRSA05	8,9	11,1
IRSA06	11,8	5,8
IRSA07	8,3	9,4
IRSA08	8,4	9,5
IRSA09	8,5	7,1
IRSA10	8,4	11,0
IRSA11	10,4	11,3
IRSA12	11,6	10,1

	Se (mg/kg)	
n	12	12
min	5,38	5,77
max	11,76	15,16
media	9,56	10,65
mediana	9,62	11,03
Dev. Std.	1,898	2,583
Var.	3,602	6,671

	Valori soglia (mg/kg)
Col. A	3
Col. B	15
VFN Enea	-





Non sono visibili differenziazioni particolari nella distribuzione della concentrazione del selenio nei due orizzonti di campionamento, né è visibile una qualche correlazione fra le coppie di valori superficiale/profondo.

Le concentrazioni rilevate sono costantemente superiori al valore soglia previsto dalla colonna A della tabella 1 ed un campione (IRSA03B: 15,2 mg/kg) è leggermente superiore al limite previsto dalla colonna B (15 mg/kg).

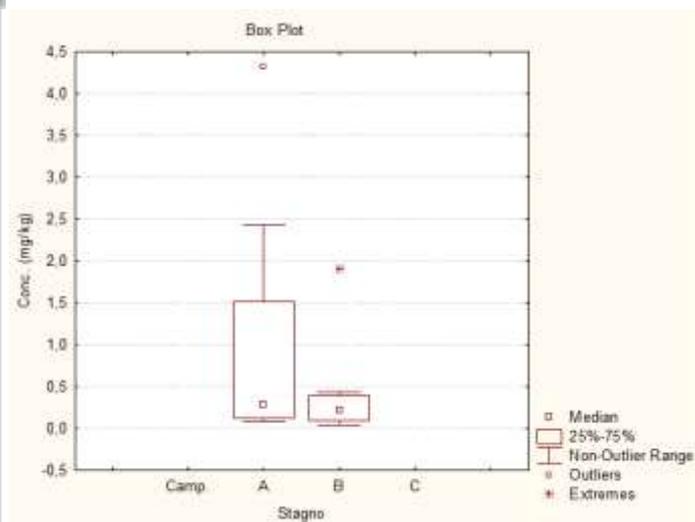
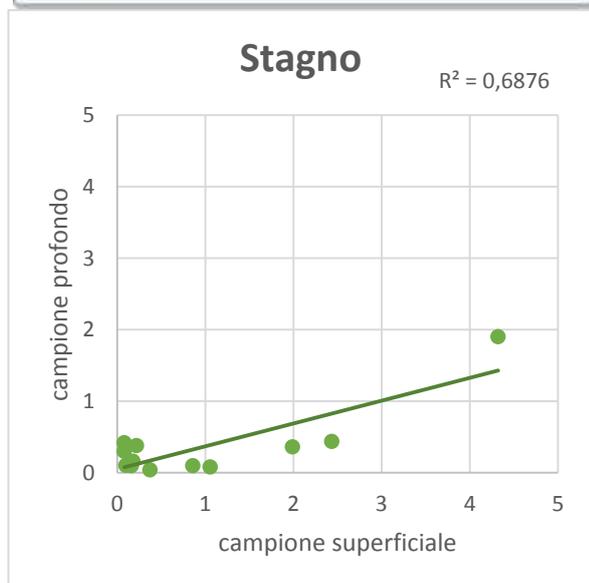
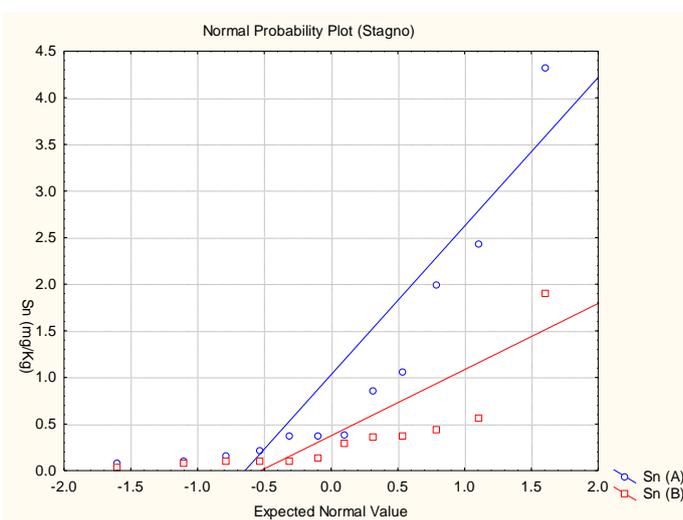
ENEA non ha stabilito un VFN per questo parametro.

Stagno

	Sn_A	Sn_B
IRSA01	2,44	0,44
IRSA02	4,32	1,90
IRSA03	1,99	0,36
IRSA04	0,86	0,10
IRSA05	0,08	0,30
IRSA06	0,22	0,38
IRSA07	0,37	0,04
IRSA08	0,10	0,10
IRSA09	1,05	0,08
IRSA10	0,16	0,10
IRSA11	0,08	0,42
IRSA12	0,18	0,16

	Sn (mg/kg)	
n	12	12
min	0,08	0,04
max	4,32	1,90
media	0,99	0,36
mediana	0,30	0,23
Dev. Std.	1,313	0,506
Var.	1,725	0,257

	Valori soglia (mg/kg)	
Col. A	1	
Col. B	350	
VFN Enea	7	





La distribuzione della concentrazione di stagno dell'orizzonte superficiale appare piuttosto dispersa ed è presente un valore anomalo (IRSA02A: 4,3 mg/kg), sensibilmente superiore alla media degli altri valori. La distribuzione dei valori profondi è più regolare, anche se anche in questo caso è stato individuato un valore (IRSA02B: 1,9 mg/kg) che si discosta dagli altri. Nonostante tale situazione, si osserva una correlazione rilevante fra le coppie di valori superficiale/profondo.

Le concentrazioni rilevate sono perlopiù inferiori al valore soglia previsto dalla colonna A della tabella 1. Si segnala il contemporaneo superamento dei due campioni raccolti al sito IRSA02.

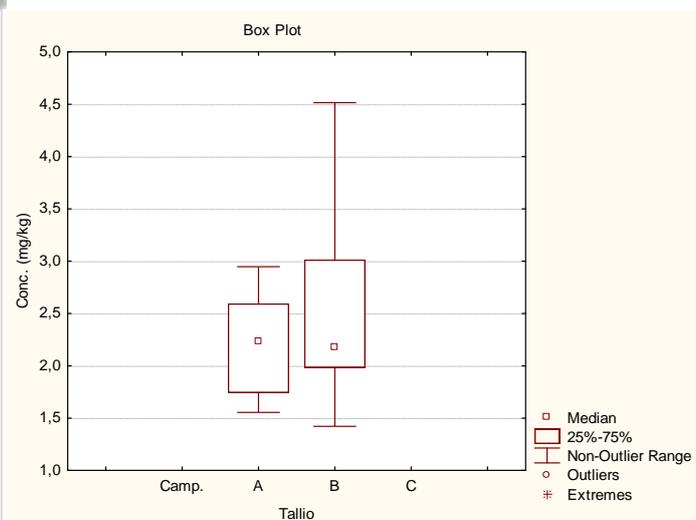
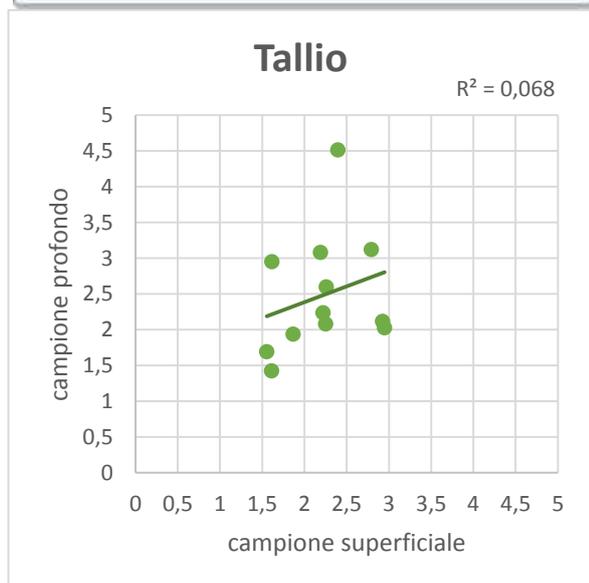
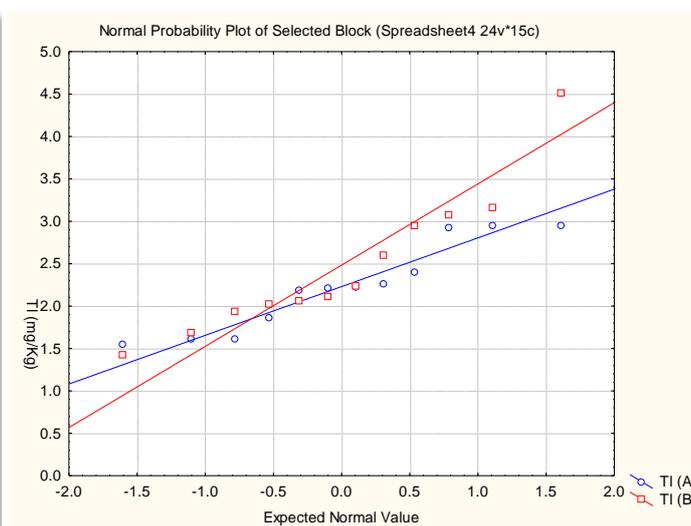
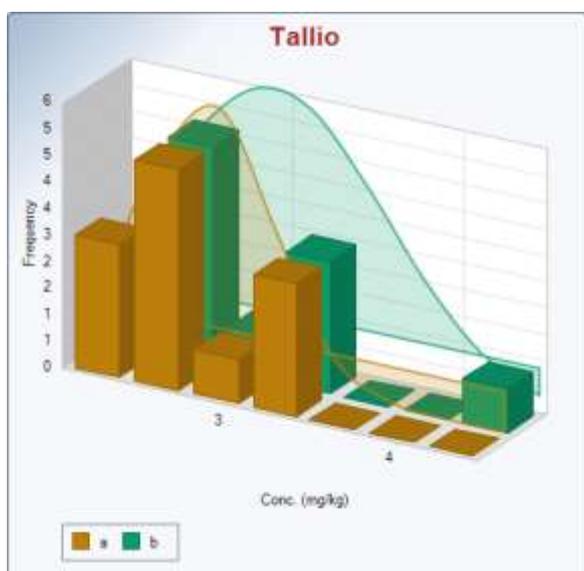
Il Valore di Fondo stabilito da ENEA (7 mg/kg), superiore al valore previsto della colonna A, non è superato da nessuno dei campioni raccolti.

Tallio

	TL_A	TL_B
IRSA01	2,40	4,51
IRSA02	2,26	2,60
IRSA03	2,92	2,11
IRSA04	2,19	3,08
IRSA05	1,61	1,42
IRSA06	1,55	1,69
IRSA07	2,22	2,24
IRSA08	2,95	2,03
IRSA09	1,87	1,94
IRSA10	1,62	2,95
IRSA11	2,79	3,12
IRSA12	2,25	2,08

	TI (mg/kg)	
n	12	12
min	1,55	1,42
max	2,95	4,51
media	2,22	2,48
mediana	2,24	2,18
Dev. Std.	0,495	0,839
Var.	0,245	0,704

	Valori soglia (mg/kg)	
Col. A	1	
Col. B	10	
VFN Enea	-	





Non sono visibili differenziazioni particolari nella distribuzione, vicina alla normalità, della concentrazione del tallio nei due orizzonti di campionamento, né è visibile una significativa correlazione fra le coppie di valori superficiale/profondo.

Le concentrazioni rilevate sono costantemente superiori al valore soglia previsto dalla colonna A della tabella 1.

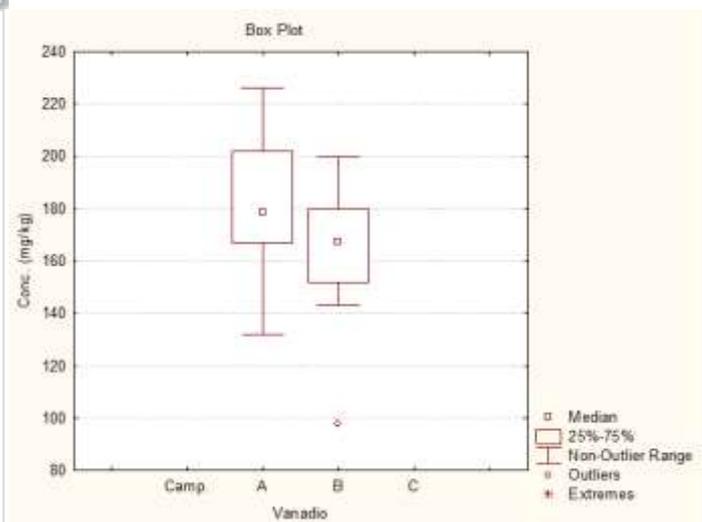
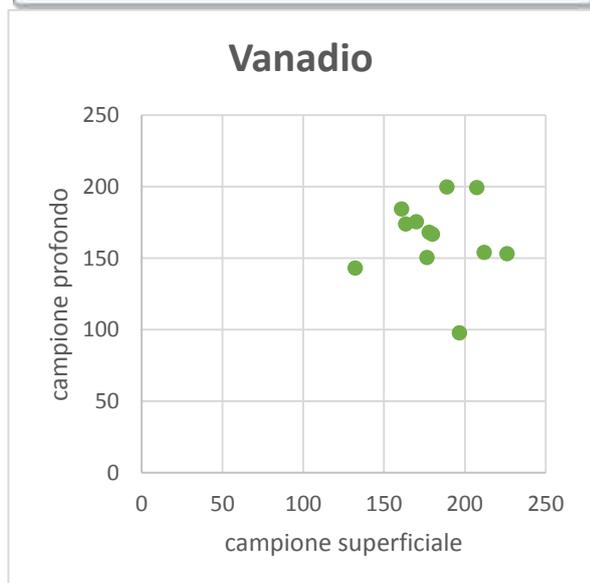
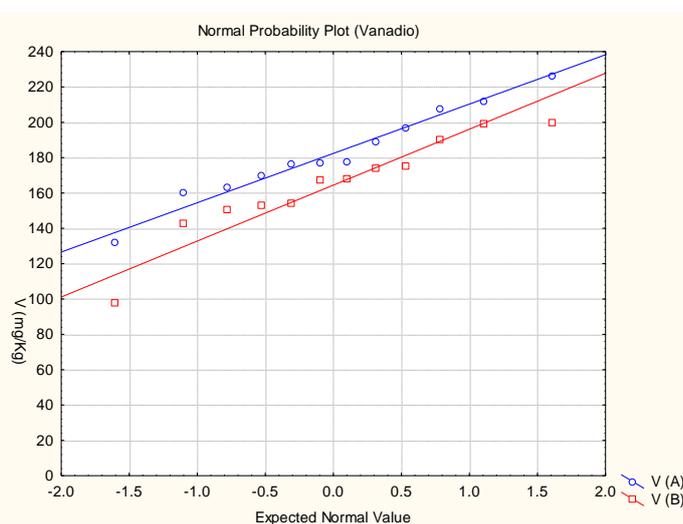
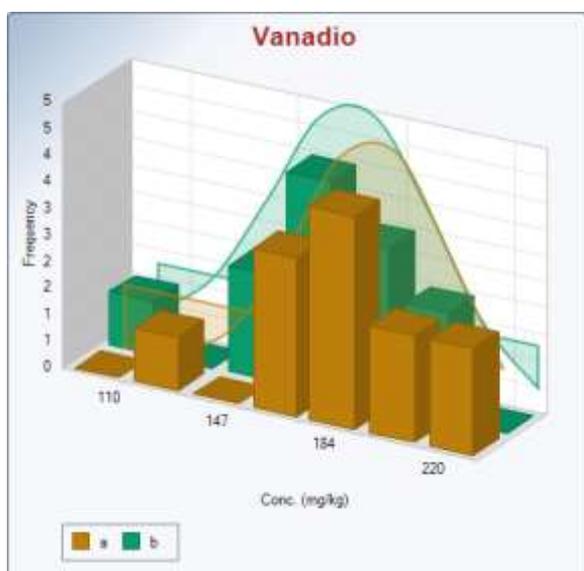
ENEA non ha stabilito un VFN per questo parametro.

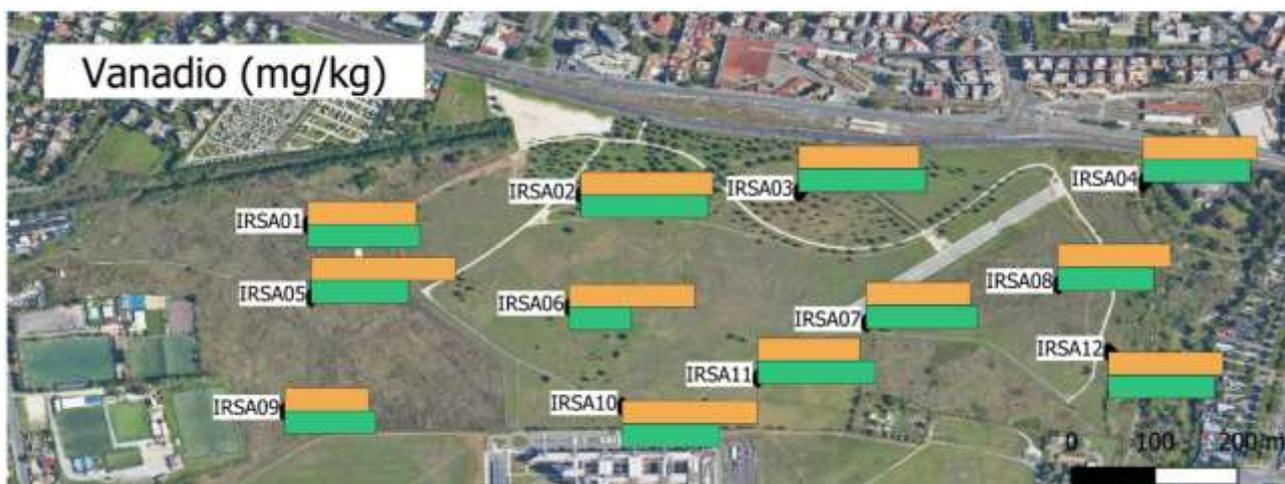
Vanadio

	V_A	V_B
IRSA01	170,1	175,4
IRSA02	207,5	199,4
IRSA03	189,0	199,8
IRSA04	177,9	168,1
IRSA05	226,2	153,2
IRSA06	196,7	97,7
IRSA07	163,4	173,9
IRSA08	176,6	150,4
IRSA09	132,2	143,1
IRSA10	212,0	154,0
IRSA11	160,8	184,4
IRSA12	179,9	166,8

	V (mg/kg)	
n	12	12
min	132,15	97,69
max	226,15	199,84
media	182,68	163,86
mediana	178,88	167,45
Dev. Std.	25,639	27,709
Var.	657,352	767,789

	Valori soglia (mg/kg)
Col. A	90
Col. B	250
VFN Enea	300





Il vanadio presenta distribuzioni della concentrazione normali sia nell'orizzonte superficiale sia in quello profondo. I valori superficiali sono tendenzialmente superiori a quelli profondi e non è presente una correlazione fra le coppie di valori.

Le concentrazioni rilevate sono costantemente superiori al valore soglia previsti dalla colonna A della tabella 1.

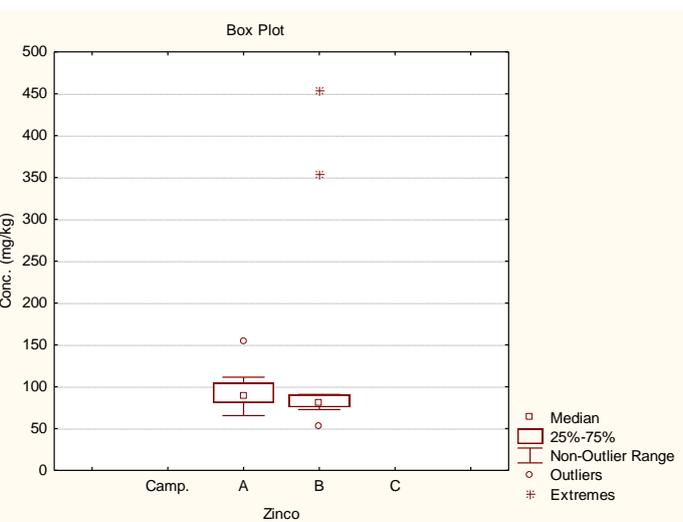
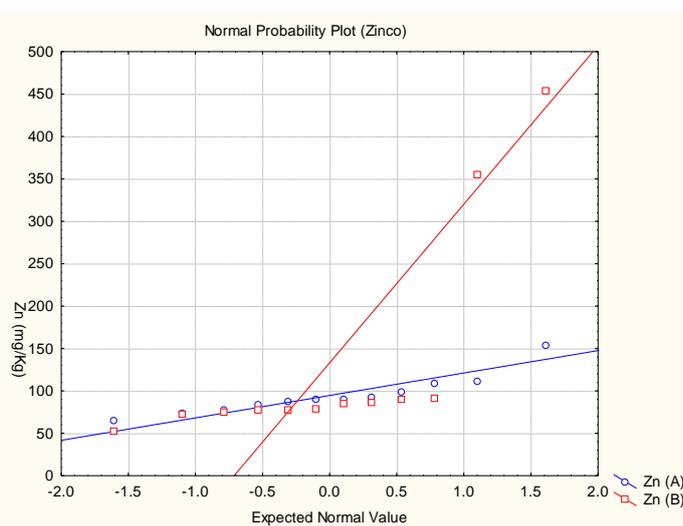
Il Valore di Fondo stabilito da ENEA (300 mg/kg), superiore al valore previsto della colonna B del 152/2006, non è mai raggiunto dai campioni raccolti.

Zinco

	Zn_A	Zn_B
IRSA01	153,7	89,9
IRSA02	90,6	454,2
IRSA03	98,9	90,7
IRSA04	88,2	72,8
IRSA05	89,6	86,9
IRSA06	111,4	354,8
IRSA07	65,5	75,3
IRSA08	84,3	77,7
IRSA09	77,9	53,0
IRSA10	74,4	78,8
IRSA11	88,8	83,1
IRSA12	110,0	75,9

	Zn (mg/kg)	
n	12	12
min	65,47	52,99
max	153,66	454,20
media	94,43	132,75
mediana	89,21	80,96
Dev. Std.	22,926	129,062
Var.	525,618	16657,01

	Valori soglia (mg/kg)
Col. A	150
Col. B	1500
VFN Enea	110





Lo zinco presenta distribuzioni della concentrazione normali sia nell'orizzonte superficiale sia in quello profondo, se non si tiene conto di due valori fortemente anomali rilevati nell'orizzonte profondo (IRSA02B: 454,2 mg/kg, IRSA06B: 354,8). I valori riscontrati nei due orizzonti sono molto simili ed è possibile osservare una certa correlazione fra le coppie di valori.

Le concentrazioni rilevate sono costantemente inferiori al valore soglia (150 mg/kg) previsto dalla colonna A della tabella 1, se si eccettua il lieve superamento del campione IRSA01A (153,7 mg/kg) ed i due valori anomali già ricordati.

Il Valore di Fondo stabilito da ENEA (110 mg/kg) è inferiore al valore previsto della colonna A del 152/2006 ed è raggiunto da ulteriori due campioni (IRSA06A: 111,4 e IRSA12A: 110 mg/kg).

Sintesi delle attività svolte e considerazioni preliminari sui risultati ottenuti

- Sono stati raccolte carote di circa un metro di lunghezza in corrispondenza di 12 siti di campionamento (vedi fig. 12);
- Tutte le perforazioni hanno attraversato per la maggior parte della loro lunghezza orizzonti pedologici e, solo in alcuni casi, livelli comunque alterati della formazione affiorante;
- Su queste carote sono stati raccolti 25 campioni distribuiti su due diversi orizzonti (-25÷30 cm, -80÷90 cm);
- I campioni sono stati essiccati, macinati, setacciati a 500 µm. Ricontrati problemi di omogeneità;
- Circa 250 mg di campione è stato digerito a 180°C con H₂O₂ e HNO₃;
- Il digestato è stato analizzato all'ICP-MS (25 campioni + 4 repliche + bianco di laboratorio);
- I risultati hanno mostrato in generale scarsa differenziazione fra campioni superficiali e campioni profondi;

In tabella 6, si riassumono i dati presentati nei paragrafi precedenti, confrontando i risultati analitici per tutti i parametri pesi in considerazione, relativi all'orizzonte di campionamento superficiale A di IRSA, i dati CDCA (risultanti da un campionamento sub-superficiale) ed i valori di fondo stabiliti da ENEA nel 2012 per il tufo lionato.

Tabella 6. Confronto fra i dati analitici IRSA (orizzonte superficiale), CDCA e ENEA. I valori sono tutti espressi in mg/kg

	IRSA-Orizzonte A			CDCA			Tabella 1		ENEA
	Min	Media	Max	Min	Media	Max	Col. A	Col. B	VFN
Sb	0,039	0,085	0,158	0,77	1,25	17	10	30	6
As	17,36	24,6	31,11	16	21,5	25	20	50	55
Be	10,33	14,12	17,96	8,3	9,6	11	2	10	16
Cd	0,676	1,72	2,328	0,27	0,49	1,1	2	15	1
Co	13,94	21,53	37,76	7	12,5	15	20	250	30
Cr	6,277	18,25	33,11	3,9	11	30	150	800	220
Ni	11,56	20,87	32,11	6,9	12,5	27	120	500	100
Pb	141,7	202,8	303,7	62	115	210	100	1000	230
Cu	51,12	67,89	91,68	41	54,5	550	120	600	69
Se	5,38	9,56	11,76	4,2	5,35	5,9	3	15	
Sn	0,080	0,987	4,320	1,9	3,05	8,2	1	350	7
Tl	1,554	2,219	2,947	1,1	1,9	2,6	1	10	
V	132,2	182,7	226,2	100	120	150	90	250	300
Zn	65,47	94,43	153,7	53	120	370	150	1500	110

In tabella 7 sono mostrati invece i risultati dei superamenti di tutti i campioni analizzati in relazione ai valori soglia riportati nelle colonne A e B della tabella 1 all'allegato 5 del D.lgs 152/2006.

Tabella 7. Superamenti riscontrati in relazione ai diversi valori soglia.

In **verde** i campioni con concentrazioni inferiori alla colonna A della tab. 1, allegato 5 del D.lgs.152/2006, in **giallo** quelli superiori a tale valore, in **rosso** i campioni con concentrazioni superiori alla colonna B della citata tabella.

Punto	Camp.	Prof.	Sb	As	Be	Cd	Co	Cr	Hg	Ni	Pb	Cu	Se	Sn	Tl	V	Zn
IRSA01	A	26 - 28	Verde	Giallo	Rosso	Giallo	Giallo	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo
	B	125 - 130	Verde	Giallo	Rosso	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo
	C	75 - 80	Verde	Giallo	Rosso	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Rosso	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo
IRSA02	A	25 - 30	Verde	Giallo	Rosso	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo
	B	90 - 95	Verde	Giallo	Rosso	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo
IRSA03	A	33 - 35	Verde	Giallo	Rosso	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo
	B	85 - 90	Verde	Giallo	Rosso	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Rosso	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo
IRSA04	A	32 - 35	Verde	Giallo	Rosso	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo
	B	88 - 90	Verde	Giallo	Rosso	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo
IRSA05	A	25 - 30	Verde	Giallo	Rosso	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo
	B	90 - 92	Verde	Giallo	Rosso	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo
IRSA06	A	20 - 24	Verde	Giallo	Rosso	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo
	B	100 - 105	Verde	Giallo	Rosso	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo
IRSA07	A	40 - 42	Verde	Giallo	Rosso	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo
	B	85 - 88	Verde	Giallo	Rosso	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo
IRSA08	A	20 - 23	Verde	Giallo	Rosso	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo
	B	90 - 93	Verde	Giallo	Rosso	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo
IRSA09	A	22 - 25	Verde	Giallo	Rosso	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo
	B	90 - 93	Verde	Giallo	Rosso	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo
IRSA10	A	29 - 32	Verde	Giallo	Rosso	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo
	B	92 - 95	Verde	Giallo	Rosso	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo
IRSA11	A	48 - 50	Verde	Giallo	Rosso	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo
	B	88 - 91	Verde	Giallo	Rosso	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo
IRSA12	A	20 - 25	Verde	Giallo	Rosso	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo
	B	87 - 90	Verde	Giallo	Rosso	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo

- Le concentrazioni dei diversi parametri sono generalmente omogenee, in molti casi con distribuzioni normali, ma per alcuni di essi, sono stati osservati valori anomali (es. zinco dei campioni profondi di IRSA02 e IRSA06);
- Le concentrazioni di alcuni parametri sono omogeneamente superiori ai limiti della normativa vigente: piombo, tallio, selenio e vanadio rispetto alla colonna A della Tab. 1, All. 5 del D.lgs. 152/2006. L'arsenico mostra la maggioranza dei valori riscontrati maggiori del valore soglia della colonna A, il cadmio ed il cobalto intorno al 50%. Il berillio mostra valori costantemente maggiori rispetto al valore soglia riportato nella colonna B. Gli altri, antimonio, cromo, mercurio, nichel, rame e zinco (salvo alcuni valori anomali) sono costantemente al disotto di valori soglia.
- Solo 4 concentrazioni di berillio (IRSA01C, IRSA06A, IRSA11A e IRSA12A) sono superiori al VFN stabilito da ENEA per il parametro berillio.
- Nessun particolare pattern è riconoscibile della distribuzione spaziale dei diversi parametri.

Attività ulteriori

Restano da approfondire le elaborazioni sui dati analitici sopra illustrati in relazione alla loro distribuzione spaziale nell'area di indagine e alla mobilità reale dei parametri chimici investigati in condizioni naturali. Ogni valutazione delle risultanze analitiche, sia dal punto di vista strettamente scientifico sia della valutazione della fruibilità dell'area, dovrà però essere condotta tenendo conto dei valori di fondo naturale specifici dell'Area.

A questo scopo, e come previsto dal programma, rimangono quindi da pianificare due importanti ulteriori attività sperimentali:

- campionamento di terreni omogenei dal punto di vista litologico e, possibilmente, pedologico rispetto a quelli presenti nell'Area del Parco di Centocelle e relative analisi;
- Test di cessione sui campioni già disponibili;

Allegato 1. Logs stratigrafici**IRSA01**

Prof	Descrizione	N°	Codice	Prof. Camp.
0-33	Suolo vegetale			
33-60	Pozzolana marrone rossastra, poco compatta	1	01 A	26 - 28
60-85	Pozzolana marrone scura	3	01 C	75 - 80
85-100	Pozzolana alterata con frammenti di laterizi e clasti tufacei			
100-133	Pozzolana marrone non consolidata con presenza di cristalli bianchi millimetrici	2	01 B	125 - 130

**IRSA02**

Prof	Descrizione	N°	Codice	Prof. Camp.
0-7	Terreno vegetale con scarsa materia organica			
3-22	Pozzolana marrone argillificata			
22-60	Pozzolana marrone abbastanza poco consolidate presenti rari frammenti di laterizi e frammenti scoriacei	4	02 A	25 - 30
60-80	Pozzolana compatta con tracce di ossidazione			
80-100	Pozzolana marrone poco alterata	5	02 B	90 - 95



IRSA03

Prof	Descrizione	N°	Codice	Prof. Camp.
0-15	Terreno vegetale con scarsa materia organica			
15-26	Materiale eterogeneo breccia calcarea prevalente			
26-40	Pozzolana marrone poco alterata e poco coerente	6	03 A	33 - 35
40-48	Livello breccioso grigiastro			
48-100	Pozzolana marrone piuttosto alterata	7	03 B	85 - 90

**IRSA04**

Prof	Descrizione	N°	Codice	Prof. Camp.
0-25	Materiale eterogeneo, riporto			
25-62	Pozzolana marrone poco alterata, abbastanza poco coerente	8	04 A	32 - 35
62-75	Livello non campionato, con frammenti ossei (sovrintendenza)			
75-95	Pozzolana marrone non consolidata con presenza di cristalli bianchi millimetrici	9	04 B	88 - 90



IRSA05

Prof	Descrizione	N°	Codice	Prof. Camp.
0-20	Terreno vegetale con scarsa materia organica			
20-70	Pozzolana marrone molto argillificata, tra 50 e 70 cm molto compatta	10	05 A	25 - 30
70-100	Alternanza di pozzolana marrone con cristalli bianchi e livelli argillificati (1cm)	11	05 B	90 -92

**IRSA06**

Prof	Descrizione	N°	Codice	Prof. Camp.
0-9	Terreno vegetale con scarsa materia organica			
9-37	Pozzolana marrone chiaro poco alterata e poco coerente con presenza di frammenti litoidi	12	06 A	20 - 24
37-55	Pozzolana marrone scura poco argillificata			
55-100	Pozzolana marrone con frammenti grossolani di materiale scoriaceo grigio (proietti ??)	13	06 B	100 -105 (matrice dalla busta)



IRSA07

Prof	Descrizione	N°	Codice	Prof. Camp.
0-25	Terreno vegetale con scarsa materia organica			
25-35	Grossi frammenti basaltici			
35-50	Pozzolana marrone scura poco argillificata	14	07 A	40 - 42
50-57	Livello pozzolanico rossiccio			
57-90	Pozzolana molto argillificata con livelli ossidati	15	07 B	85 - 88
90-100	Pozzolana marrone poco alterata leggermente grossolana			

**IRSA08**

Prof	Descrizione	N°	Codice	Prof. Camp.
0-7	Terreno vegetale con scarsa materia organica			
7-31	Pozzolana marrone poco alterata e poco coerente	16	08 A	20 - 23
31-83	Alternanza di livelli di pozzolane più o meno argillificati ed ossidati. A tratti molto compatta			
83-100	Pozzolana marrone non consolidata con presenza di cristalli bianchi millimetrici	17	08 B	90 - 93



IRSA09

Prof	Descrizione	N°	Codice	Prof. Camp.
0-73	Terreno vegetale con scarsa materia organica e piccoli clasti, poco argilloso, più chiaro nei primi 30 cm	18	09 A	22 - 25
73-100	Pozzolana marrone argillificata	19	09 B	90 - 93

**IRSA10**

Prof	Descrizione	N°	Codice	Prof. Camp.
0-24	Terreno vegetale con scarsa materia organica, piuttosto poco coerente			
24-65	Pozzolana marrone argillificata con frammenti ossidati	20	10 A	29 - 32
65-100	Pozzolana marrone poco argillificata, non consolidata con presenza di cristalli bianchi millimetrici	21	10 B	92 - 95



IRSA11

Prof	Descrizione	N°	Codice	Prof. Camp.
0-42	Terreno vegetale (primi 18 cm non campionati)			
42-56	Pozzolana marrone grossolana, poco alterata e poco coerente	22	11 A	48 - 50
56-82	Pozzolane marroni argillificate			
82-100	Pozzolana marrone poco argillificata, non consolidata, con presenza di cristalli bianchi millimetrici	23	11 B	88 - 91

**IRSA12**

Prof	Descrizione	N°	Codice	Prof. Camp.
0-10	Terreno vegetale con scarsa materia organica			
10-35	Pozzolana marrone non consolidata con clasti calcarei	24	12 A	20 - 25
35-70	Pozzolana marrone poco argillificata			
70-100	Pozzolana marrone poco argillificata, poco consolidata, con frammenti scoriacei	24	12 B	87 - 90



