



GRE CODE

GRE.EEC.R.28.IT.G.08015.00.023.00

PAGE

1 di/of 92

TITOLO-TITLE:

LINGUE DISPONIBILI - AVAILABLE LANGUAGE: IT

## CONCESSIONE "TRAVALE"

### POSTAZIONI GEOTERMICHE "Montieri 7" "Radicondoli 35" "Radicondoli 36"

### Progetto Definitivo

## Relazione tecnica sull'esito delle indagini ambientali di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo (ex D.P.R. 120/2017)

File: CTr021\_RAAmb

00	24/04/2024	Prima Emissione	L.Salvi L.Cortia ISMES		AMB F. Cappelli EGP	B. Saighetti EGP
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED by	COLLABORATORS	VERIFIED by	VALIDATED by
PROJECT / PLANT		GRE CODE				
		GROUP	FUNCTION	TYPE	ISSUER	COUNTRY
		GRE	EEC	R	2	8
					I	T
					G	0
					8	0
					1	5
					0	0
					0	0
					2	3
					0	0
CLASSIFICATION		PUBLIC <input type="checkbox"/>	CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/>		UTILIZATION SCOPE	
		COMPANY <input checked="" type="checkbox"/>	RESTRICTED <input type="checkbox"/>		Basic Design, Detailed Design, Issue for Construction, etc.	

This document is property of Enel Green Power S.r.l. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power S.r.l.

PAD C4300164 (3058946) - USO RISERVATO

A00GRT / AD Prot. 0262177 Data 09/05/2024 ore 10:05 Classifica P.140.050.

RAPPORTO

USO RISERVATO

APPROVATO

C4300164

**Cliente** Enel Green Power Italia S.r.l.

**Oggetto** Concessione "TRAVALLE"  
Postazioni geotermiche "Montieri 7", "Radicondoli 35" e "Radicondoli 36"  
Progetto definitivo  
**Relazione tecnica sull'esito delle indagini ambientali di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo ai sensi del D.P.R. 120/2017**

**Ordine** Contratto Aperto n° JA10125351  
Attivazione n° 3500444421 del 03/05/2023

**Note** Rev. 00 – WBS A1300004499 – Lettera di accompagnamento Prot. C4300166  
Progettista civile: Ing. Francesco Carnevale Direttore Tecnico ISMES

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta di ISMES.

**N. pagine** 91 **N. pagine fuori testo** -

**Data** 24/04/2024

**Elaborato** Salvi Luca (ISMES SCS), Corti Luca (ISMES SCS)  
C4300164 2604801 AUT C4300164 3578195 AUT

**Verificato** Pellegrini Rita (ISMES SCS), Bonalumi Pamela (ISMES TCD)  
C4300164 170018 VER C4300164 3340407 VER

**Approvato** Carnevale Francesco (ISMES IAD)  
C4300164 3194063 APP

**ISMES S.p.A.**

Via Lago dei Tartari, 3D-3E  
I-00012 Guidonia, (Roma) - Italy  
Tel: +39 0774 353580  
Fax: +39 0774 353762  
e-mail: info@istedil.it  
www.ismes.it - www.istedil.it

Capitale sociale € 200.000  
interamente versato  
Trib. di Roma 1256/72-C.C.I.A.A 358813  
P.I. IT00887271005-C.F. 00422780585

Società soggetta ad attività di Direzione e coordinamento di CESI S.p.A.

Pag. 1/91

PAD C4300164 (3058945) - USO RISERVATO

Mod. ISMES-RAPP v. 1

AOOGRT / AD Prot. 0262177 Data 09/05/2024 ore 10:05 Classifica P.140.050.

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI E BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>7</b>
2.1	Elenco elaborati di riferimento per il documento in oggetto .....	8
<b>3</b>	<b>RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE E CONFRONTO CON I LIMITI NORMATIVI..</b>	<b>9</b>
3.1	Montieri 7 .....	9
3.1.1	Terreni .....	9
3.1.2	Stratigrafia dei carotaggi ambientali .....	16
3.1.3	Acque di falda .....	20
3.2	Radicondoli 35 .....	22
3.2.1	Terreni .....	22
3.2.2	Stratigrafia dei sondaggi ambientali.....	27
3.2.3	Acque di falda .....	31
3.3	Radicondoli 36 .....	32
3.3.1	Terreni .....	32
3.3.2	Stratigrafia dei sondaggi ambientali.....	38
3.3.3	Acque di falda .....	42
3.4	Confronti comparati sui tre siti .....	42
<b>4</b>	<b>DEFINIZIONI .....</b>	<b>47</b>
4.1	Suolo.....	47
4.2	Valore di fondo.....	47
4.3	Caratteristiche principali degli elementi riscontrati in tenori eccedenti i limiti normativi .....	48
4.3.1	Arsenico (As).....	48
4.3.2	Antimonio (Sb).....	48
4.3.3	Nichel (Ni) .....	48
4.3.4	Cobalto (Co).....	48
4.3.5	Cromo (Cr totale).....	48
4.3.6	Rame (Cu) .....	49
4.3.7	Zinco (Zn).....	49
4.3.8	Idrocarburi pesanti C>12 .....	49
<b>5</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....</b>	<b>50</b>
5.1	Montieri 7 Condizioni geologiche.....	50
5.2	Montieri 7 Condizioni strutturali.....	51
5.3	Radicondoli 35 Condizioni geologiche.....	52
5.4	Radicondoli 35 Condizioni strutturali .....	54
5.5	Radicondoli 36 Condizioni geologiche.....	55
5.6	Radicondoli 36 Condizioni strutturali .....	56
<b>6</b>	<b>CONSIDERAZIONI MINERALOGICHE E MINERARIE .....</b>	<b>57</b>
6.1	Inquadramento generale.....	57
6.2	Mineralizzazioni nell'area di interesse .....	58
<b>7</b>	<b>ASSETTO GEOCHIMICO.....</b>	<b>64</b>
7.1	Assetto geochimico del campo geotermico di Larderello .....	65
7.2	Assetto geochimico ristretto dell'area comune alle tre postazioni. ....	68
7.3	Assetto geochimico locale delle aree di progetto.....	71

7.3.1	Montieri 7 .....	71
7.3.2	Radicondoli 35 .....	76
7.3.3	Radicondoli 36 .....	79
7.4	Confronto con i risultati della caratterizzazione ambientale .....	83
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>87</b>
8.1	Assetto geologico-strutturale.....	87
8.2	Confronto tra le concentrazioni riscontrate nei siti in progetto .....	88
8.3	Assetto mineralogico-minerario dell'area.....	88
8.4	Assetto geochimico .....	89
8.4.1	Assetto geochimico del campo geotermico di Larderello (area vasta) .....	89
8.4.2	Assetto geochimico dell'areale comune alle tre postazioni.....	89
8.4.3	Assetto geochimico locale dell'area della postazione Montieri 7 .....	90
8.4.4	Assetto geochimico locale dell'area della postazione Radicondoli 35 .....	90
8.4.5	Assetto geochimico locale dell'area della postazione Radicondoli 36.....	91
8.5	Considerazioni conclusive .....	91



## STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
00	24/04/2024	C4300164	Prima emissione

## 1 PREMESSA

Enel Green Power Italia S.r.l. (di seguito EGPI) ha avviato l'iter autorizzativo per la realizzazione di tre nuove postazioni nell'ambito della Concessione di Coltivazione di fluidi geotermici denominata "Travale".

Le tre postazioni di manutenzione campo geotermico sono denominate Radicondoli 35, Radicondoli 36 e Montieri 7: le prime due ricadono nel Comune di Radicondoli (SI), mentre Montieri 7 ricade in Comune di Montieri (GR). Le tre postazioni sono disposte quasi allineate secondo una direttrice Nord-Sud, ad una distanza massima in linea d'aria inferiore a 10 km (vedasi Figura 1-1): in particolare Radicondoli 36 si trova a circa 4,5 km da Radicondoli 35 e Radicondoli 35 si trova a circa 2 km da Montieri 7.

Nei siti delle tre postazioni è stata condotta una campagna di caratterizzazione ambientale secondo le indicazioni contenute nei Piani di Utilizzo redatti in forma preliminare ai sensi del D.P.R. 120/2017.

Nel Capitolo 2.1 si fornisce l'identificazione della documentazione pertinente, in particolare, quella inerente i risultati delle analisi chimiche sui terreni e sulle acque così come i Piani di Utilizzo.

La caratterizzazione ambientale ha riscontrato la presenza di alcuni superamenti delle concentrazioni soglia previste in Tab.1 dell'Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/06 e ss.mm. ii con particolare riferimento ad alcuni metalli e metalloidi.

La presente relazione tecnica si pone l'obiettivo di illustrare i risultati delle indagini ambientali svolte e di addurre motivazioni, basate su informazioni di letteratura oltre che su dati pubblicati e validati dalla Regione Toscana afferenti all'areale sotteso alle tre postazioni in progetto, al fine di avanzare l'ipotesi che l'origine dei superamenti dei limiti normativi osservati a carico del suolo sia da ricondurre a cause naturali.

La nota è organizzata come segue:

- nel Capitolo 3 sono presentate e confrontate le anomalie riscontrate nei tre siti con riferimento ai terreni e alle acque di falda;
- nel Capitolo 4 sono identificate le possibili origini accreditate in letteratura dei valori anomali per gli elementi identificati dalle analisi di caratterizzazione;
- nel Capitolo 5 sono presentate le caratteristiche geologiche e tettoniche dei siti previsti per le tre nuove postazioni al fine di identificare potenziali condizioni geologiche favorevoli alla presenza delle anomalie riscontrate;
- nel Capitolo 6 sono identificate le mineralizzazioni osservate in giacimenti minerari prossimi ai tre siti al fine di stabilire l'esistenza di possibili correlazioni causa-effetto fra la presenza di mineralizzazioni e le anomalie riscontrate;
- nel Capitolo 7 sono valutate, a tre diverse scale territoriali che includono i siti delle postazioni in progetto, le concentrazioni medie dei metalli e metalloidi di interesse pubblicate nella piattaforma Geobasi | Consorzio LaMMA (rete.toscana.it) messa a disposizione dalla Regione Toscana al fine di verificare correlazioni con i risultati ottenuti;
- nel Capitolo 8 si traggono le conclusioni in merito all'esame condotto.

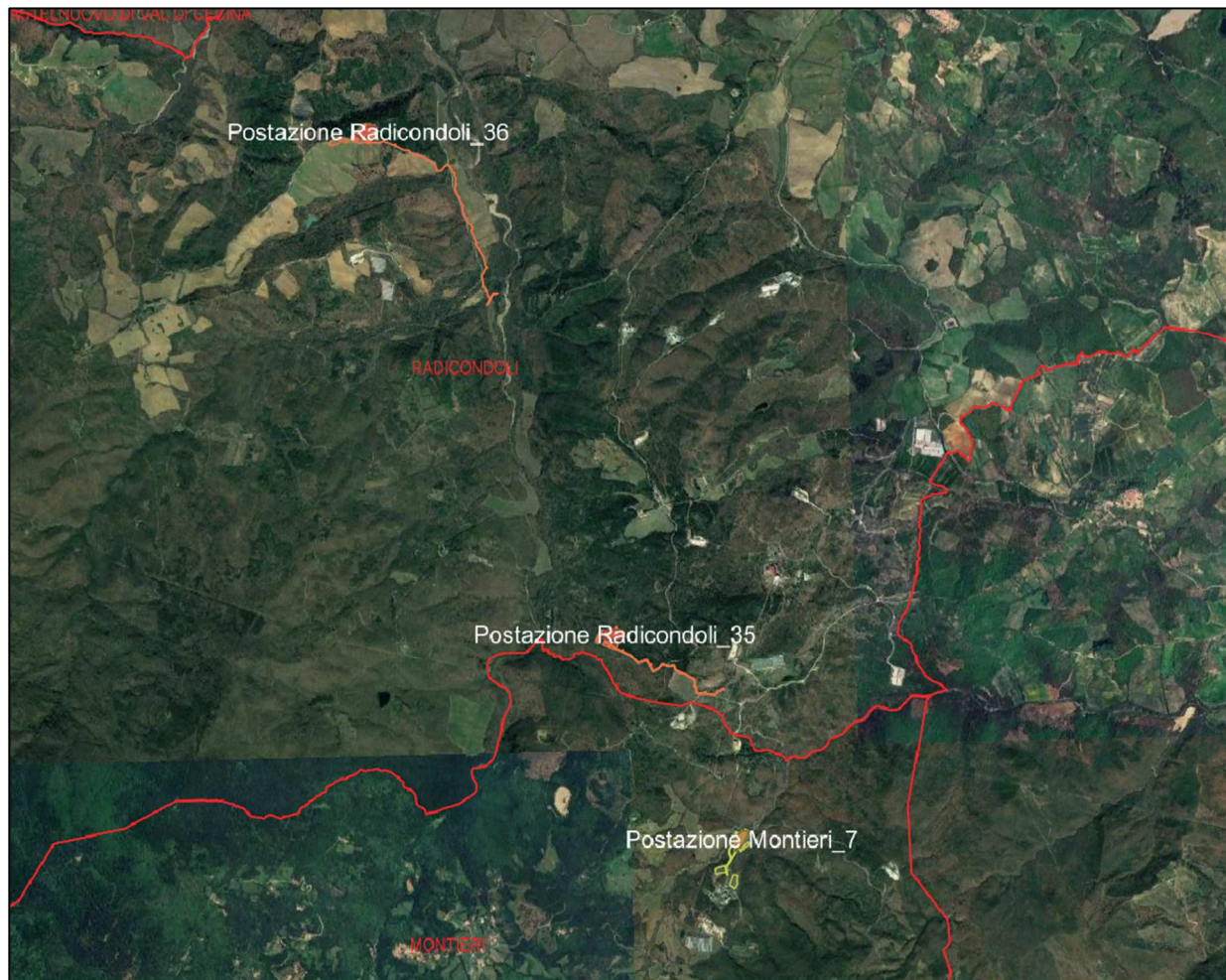


Figura 1-1: Identificazione della posizione delle tre Postazioni: Radicondoli 36, Radicondoli 35 e Montieri 7. Ortofoto OFC 2021 (GSD 20cm) fornite dalla Regione Toscana.

## 2 RIFERIMENTI E BIBLIOGRAFIA

- I. Alloway, B. J. – Soil processes and the behaviour of metals. Heavy metals in soils. 1995, 2<sup>nd</sup> edition, pp. 285.
- II. Lattanzi P., Tanelli G. – Le mineralizzazioni a pirite, ossidi di Fe e Pb-Zn (Ag) della zona di Niccioleta (Grosseto) – Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia. 1985, Vol. 40, pp. 385-408.
- III. Innocenti M., Lattanzi P., Tanelli G. – Mineralogy and Environment of formation of the Cu-Pb-Zn (Ag, Sb, As) mineralizations in the Niccioleta Deposit - Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia. 1984, Vol. 39, pp. 657-667.
- IV. Bencini A., Duchi V., Minissale A., Tanelli G. – Distribuzione di alcuni elementi metallici nelle rocce intrusive e carbonatiche associate alle mineralizzazioni a pirite di Gavorrano (Grosseto) - Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia. 1980, Vol. 36, pp. 599-609.
- V. Duchi V., Tanelli G., Vanacore. – studio geochimico sulle rocce carbonatiche mesozoiche dell'area mineralizzata a Pb-Ag Le Cornate-Gerfalco-Poggio Mutti (Montieri, Grosseto) – Bollettino della Società Geologica Italiana. 1987, 106: 317-523.
- VI. Tanelli G. – Mineralizzazioni metallifere e minerogenesi della Toscana – Memorie della Società Geologica Italiana. 1983, 25: 91-106.
- VII. Belkin H.E., De Vivo B., Lattanzi P. – Fluid inclusion studies on ore deposits of Tuscan Maremma, Italy. Memorie della Società Geologica Italiana. 1983, 25: 273-284.
- VIII. Marinelli G. – Il magmatismo recente in toscana e le sue implicazioni minerogenetiche. Memorie della Società Geologica Italiana. 1983, 25: 111-124.
- IX. Lattanzi P., Tanelli G. – Alcune considerazioni sulla genesi dei giacimenti a pirite della Maremma Toscana. Memorie della Società Geologica Italiana. 1981, 22: 159-164.
- X. De Vivo B., Lima A., Cicchella D., Frizzo P., Di Lella A., Raccagni L., Bove M.A., Albanese S., Grezzi G., Sabatini G., Protano G., Riccobono F. – Atlante Geochimico-Ambientale d'Italia. Aracne editrice s.r.l. 2004.
- XI. ERSAF – Analisi del contenuto in rame e altri metalli nei suoli agricoli Lombardi. 2007, Regione Lombardia, Quaderni della ricerca, n.61
- XII. Unione di Comuni Montana Colline Metallifere. <http://www.unionecomunicollinemetallifere.it>.
- XIII. Regione Toscana - Inventario dei siti minerari della Regione Toscana, Banca Dati Risorse Minerarie (BD\_RIMI) e Banca dati Ex-Rimin. <https://www.regione.toscana.it/-/risorse#3>
- XIV. Gregorio F., Lattanzi P., Tanelli G. – Contributo alla definizione degli ambienti di formazione dei giacimenti toscani di Niccioleta, Gavorrano, Boccheggiano e Campiano: Studio della sfalerite - Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia. 1980, Vol. 36, pp. 279-294.
- XV. Guerrini G. – I minerali della provincia di Grosseto in un quadro storico – Atti Museo Civico di Storia Naturale di Grosseto. N° 9/10, 31 dicembre 1986.
- XVI. ARPAT – Studio per la definizione dei valori di fondo dei sedimenti e delle acque marine costiere della Toscana; Firenze; maggio 2017
- XVII. ARPAT-ICRAM – Individuazione di valori chimici di riferimento per la movimentazione dei sedimenti dell'area di foce del fiume Cecina, Luglio 2006
- XVIII. ARPAT - Le attività di ARPAT nelle fasi autorizzative e di controllo delle attività estrattive in rocce ofiolitiche, 2012.
- XIX. LAMMA, Università di Firenze, Università di Pisa, Università di Siena, CNR di Pisa, SITA e ARPAT - Database Geochimico Regionale (DGR) consultabile tramite [piattaforma web GEOBASI](#).
- XX. Bacci R. – Idrocarburi pesanti nel suolo/sottosuolo nell'area del cantiere del Pozzo esplorativo Pergola 1 (Marsico Nuovo; Pz), 05 giugno 2015.

- XXI. Dove H, R.W. Mayes (2005) Using n-alkanes and other plant wax components to estimate intake, digestibility and diet composition of grazing/browsing sheep and goats. Small Ruminant Research, 59: 123-139.
- XXII. Eglinton G., R.J., Hamilton, R.A: Raphael, A.G. Gonzalez (1962) Hydrocarbon Constituents of the Wax Coatings of Plant Leaves: A Taxonomic Survey. Nature 193: 739-742
- XXIII. AA.VV. ARS Geotermia;1-Sez. Ambiente pp 1-38
- XXIV. ARPA SICILIA Monografia sulle caratteristiche dei metalli pesanti, marzo 2014
- XXV. SNPA – Linea guida per la determinazione dei valori di fondo per i suoli e per le acque sotterranee, agosto 2018.

## 2.1 Elenco elaborati di riferimento per il documento in oggetto

POSTAZIONE	CODIFICA EGPI	CODICE PAUR	TITOLO
MONTIERI 7	GRE.EEC.R.28.IT.G.13405.00.001	M07014_Rgeol	Postazione e Linee Fluidi: Relazione Geologica
	GRE.EEC.R.28.IT.G.13405.00.007	M07020_PUTRS	Piano di Utilizzo Terre e Rocce da scavo ai sensi del D.P.R. 120/2017 (Art.9) in forma preliminare
	GRE.EEC.R.25.IT.G.13405.49.005	M07005_RIAmb	Rapporto Indagini Sondaggi Ambientali per caratterizzazione Terre e Rocce da Scavo
	GRE.EEC.R.25.IT.G.13405.49.006	M07006_LabAm	Rapporto prove di laboratorio ambientale
RADICONDOLI 35	GRE.EEC.R.28.IT.G.13406.00.001	R35014_Rgeol	Postazione e Linee Fluidi: Relazione Geologica
	GRE.EEC.R.28.IT.G.13406.00.007	R35020_PUTRS	Piano di Utilizzo Terre e Rocce da scavo ai sensi del D.P.R. 120/2017 (Art.9) in forma preliminare
	GRE.EEC.R.25.IT.G.13406.49.005	R35005_RIAmb	Rapporto Indagini Sondaggi Ambientali per caratterizzazione Terre e Rocce da Scavo
	GRE.EEC.R.25.IT.G.13406.49.006	R35006_LabAm	Rapporto prove di laboratorio ambientale
RADICONDOLI 36	GRE.EEC.R.28.IT.G.13407.00.001	R36014_Rgeol	Postazione e Linee Fluidi: Relazione Geologica
	GRE.EEC.R.28.IT.G.13407.00.007	R36020_PUTRS	Piano di Utilizzo Terre e Rocce da scavo ai sensi del D.P.R. 120/2017 (Art.9) in forma preliminare
	GRE.EEC.R.25.IT.G.13407.49.005	R36005_RIAmb	Rapporto Indagini Sondaggi Ambientali per caratterizzazione Terre e Rocce da Scavo
	GRE.EEC.R.25.IT.G.13407.49.006	R36006_LabAm	Rapporto prove di laboratorio ambientale



### 3 RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE E CONFRONTO CON I LIMITI NORMATIVI

I terreni interessati dagli scavi, per tutte e tre le postazioni di manutenzione del campo geotermico e le relative nuove viabilità di accesso, appartengono, riferendosi alla vigente destinazione d'uso urbanistica, a *'siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale'*, per i quali le Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di riferimento sono quelle indicate in Colonna A della Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.lgs. 152/06 e ss.mm.ii..

Considerando tuttavia che l'autorizzazione alla realizzazione e all'esercizio delle nuove postazioni di manutenzione campo introdurrà nel sito una attività produttiva di diversa natura, ovvero l'attività di ricerca mineraria e di coltivazione della risorsa geotermica nell'ambito della Concessione Travale, la gestione delle terre da scavo potrà fare riferimento alla destinazione d'uso *"di fatto"*, *"siti ad uso commerciale e Industriale"*. In tale contesto, le Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di riferimento sono quelle indicate in Colonna B di Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.lgs. 152/06 e ss.mm.ii.

Coerentemente con quanto sopra riportato, i Piani di utilizzo relativi alle tre postazioni di manutenzione campo hanno definito come Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) ammissibili quelle di Colonna B.

Per le sole finalità dell'esame presentato in questo rapporto, saranno evidenziati tuttavia anche i superamenti di Colonna A.

#### 3.1 Montieri 7

È stato messo a punto un piano per la caratterizzazione delle Terre e Rocce da Scavo che comprende i luoghi interessati dal progetto relativo alla nuova Postazione Montieri 7 secondo i criteri indicati nella normativa vigente, ossia il *"Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo"* contenuto nel D.P.R. 13 Giugno 2017 n° 120 (D.P.R. 120/2017) e le *"Norme in materia ambientale"* del Decreto Legislativo 3 Aprile 2006 n. 152 (D.lgs. 152/2006).

I requisiti minimi di numerosità indicati dal dispositivo di legge di riferimento, il D.P.R. 120/2017, si basano, per le opere a sviluppo areale, sulla dimensione dell'area interessata; per la viabilità di accesso il criterio è quello di un campionamento ogni 500m.

Per il dettaglio vedasi il Documento *M07020\_PUTRS, Capitolo 6. Piano di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo.*

##### 3.1.1 Terreni

###### 3.1.1.1 Punti di prelievo

Nel mese di novembre 2023 è stato eseguito il campionamento ambientale nell'area destinata alla costruzione della Postazione Montieri 7 e della viabilità d'accesso, contestualmente all'esecuzione della campagna di sondaggi geognostici.

La campagna di indagini ha visto l'esecuzione di tutti e 10 i sondaggi previsti con prelievo di campioni, utilizzando un'attrezzatura di perforazione costituita da sonda a rotazione CMV MP4; le carote estratte nel corso della perforazione sono state catalogate in apposite cassette con coperchio apribile, munite di setti separatori, fotografate ed analizzate da un geologo.

### Area della postazione

La numerazione, la posizione e la profondità dei punti di campionamento previsti dal Piano di caratterizzazione è riportata in Tabella 3-1, mentre quella relativa ai punti effettivamente campionati<sup>1</sup> è riportata in Tabella 3-2.

Denominazione	Coordinate			Profondità campionamento* (m)		
	Est	Nord	Quota	C1	C2	C3
MO7_AMB_01	1665906.82	4782303.93	400.50	0.00-1.00	1.00-2.00	-
MO7_AMB_02	1665944.19	4782287.50	400.70	0.00-1.00	-	-
MO7_AMB_03	1665882.33	4782263.83	401.90	0.00-1.00	1.00-2.00	2.00-3.00
MO7_AMB_04	1665913.50	4782247.55	402.30	0.00-1.00	-	-
MO7_AMB_05	1665888.78	4782228.82	402.50	0.00-1.00	-	-
MO7_AMB_06	1665840.52	4782221.89	401.90	0.00-1.00	1.00-2.00	-
MO7_AMB_07	1665897.95	4782202.19	403.80	0.00-1.00	-	-
MO7_AMB_08	1665951.66	4782218.65	403.20	0.00-1.00	-	-

\* Profondità riferita al piano campagna attuale.

Tabella 3-1 Numerazione, ubicazione e profondità dei punti di campionamento previsti nel piano di caratterizzazione per l'area della postazione.

Denominazione	Coordinate			Profondità campionamento* (m)		
	Est	Nord	Quota	C1	C2	C3
MO7_AMB_01	1665906.81	4782303.88	400.50	0.00-1.00	1.00-2.00	-
MO7_AMB_02	1665944.21	4782287.46	400.70	0.00-1.00	-	-
MO7_AMB_03	1665882.33	4782263.83	401.90	0.00-1.00	1.00-2.00	2.00-3.00
MO7_AMB_04	1665913.47	4782247.59	402.30	0.00-1.00	-	-
MO7_AMB_05	1665888.79	4782228.88	402.50	0.00-1.00	-	-
MO7_AMB_06	1665839.76	4782218.57	401.90	0.00-1.00	1.00-2.00	-
MO7_AMB_07	1665897.98	4782202.21	403.80	0.00-1.00	-	-
MO7_AMB_08	1665951.67	4782218.63	403.20	0.00-1.00	-	-

\* Profondità riferita al piano campagna attuale.

Tabella 3-2 Numerazione, ubicazione e profondità dei punti di campionamento effettivamente realizzati nell'area della postazione.

<sup>1</sup> Le coordinate relative ai punti di indagine sono state rilevate in campagna con GPS ROVER GEOMAX MOD. ZENITH 35 PRO. Tutte le coordinate sono riferite al sistema Monte Mario/Gauss Boaga zona 1.

### Viabilità di accesso

La numerazione, la posizione e la profondità dei punti di campionamento previsti dal Piano di Caratterizzazione è riportata in Tabella 3-3, mentre quella relativa ai punti effettivamente campionati è riportata in Tabella 3-4.

Denominazione	Coordinate		Profondità campionamento* (m)	
	Est	Nord	C1	C2
MO7_AMB_09	1665769.28	4782004.84	0.00-1.00	1.00-2.00
MO7_AMB_10	1665776.52	4782051.11	0.00-1.00	1.00-2.00

\* Profondità riferita al piano campagna attuale.

Tabella 3-3 Numerazione, ubicazione e profondità dei punti di campionamento previsti nel piano di caratterizzazione per la nuova viabilità di ingresso.

Denominazione	Coordinate		Profondità campionamento* (m)	
	Est	Nord	C1	C2
MO7_AMB_09	1665769.28	4782004.84	0.00-1.00	1.00-2.00
MO7_AMB_10	1665776.52	4782051.11	0.00-1.00	1.00-2.00

\* Profondità riferita al piano campagna attuale.

Tabella 3-4 Numerazione, ubicazione e profondità dei punti di campionamento effettivamente realizzati per la nuova viabilità di ingresso.

Si può quindi concludere che le posizioni e le profondità di campionamento corrispondono a quanto previsto e, pertanto, descrivono in modo adeguato le caratteristiche ambientali dell'area destinata alla postazione ed alla strada di accesso.

Per completezza, si riportano di seguito le immagini che presentano la localizzazione dei punti effettivamente campionati, sia per l'area della postazione che per la viabilità d'accesso.

Si ricorda che le verticali M07\_AMB\_08, M07\_AMB\_09, M07\_AMB\_10 sono state poste, già in sede di pianificazione, nei punti più convenienti per la logistica delle indagini, ovvero assenza di aree boscate, distanza di rispetto dal cavo esistente AT.



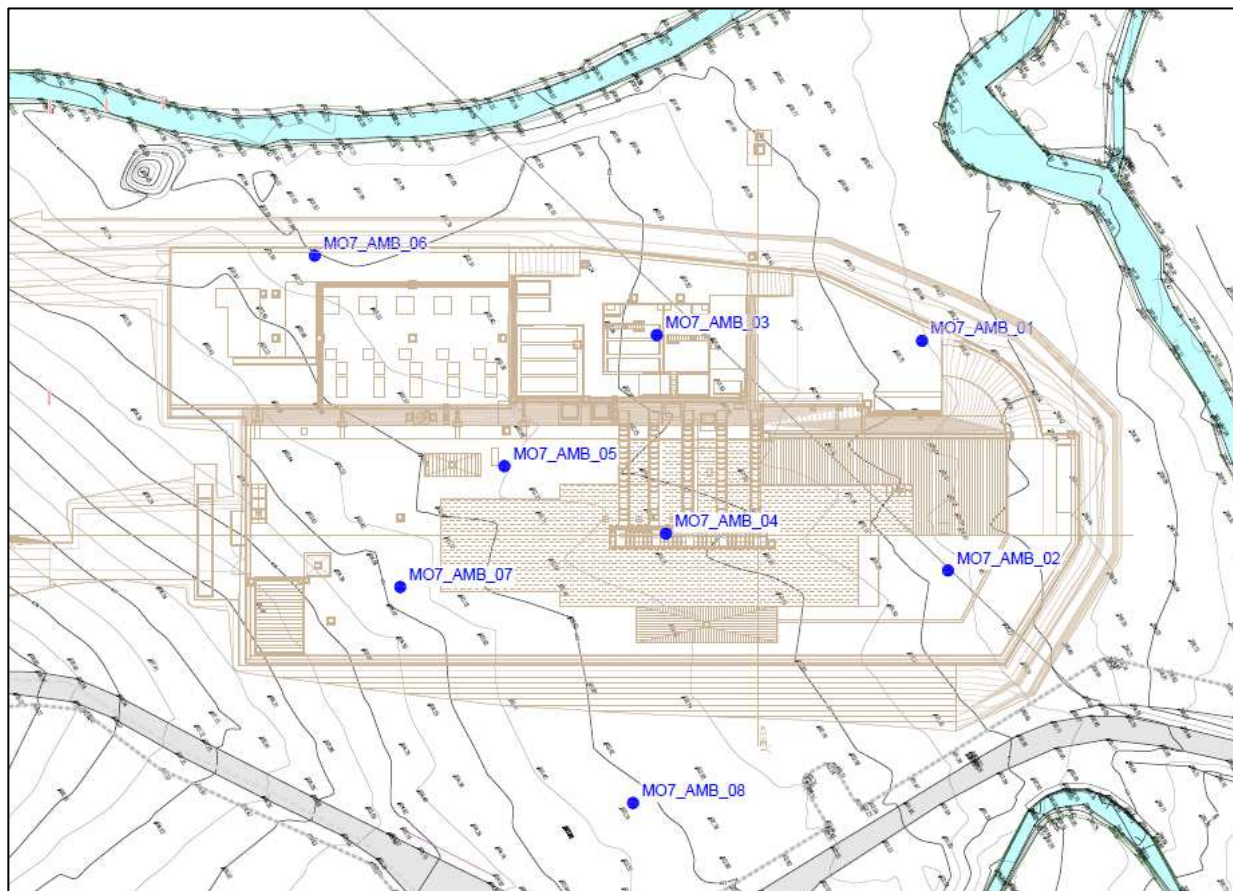


Figura 3-1: Localizzazione dei punti di campionamento effettivamente realizzati per l'area della postazione su rilievo topografico.

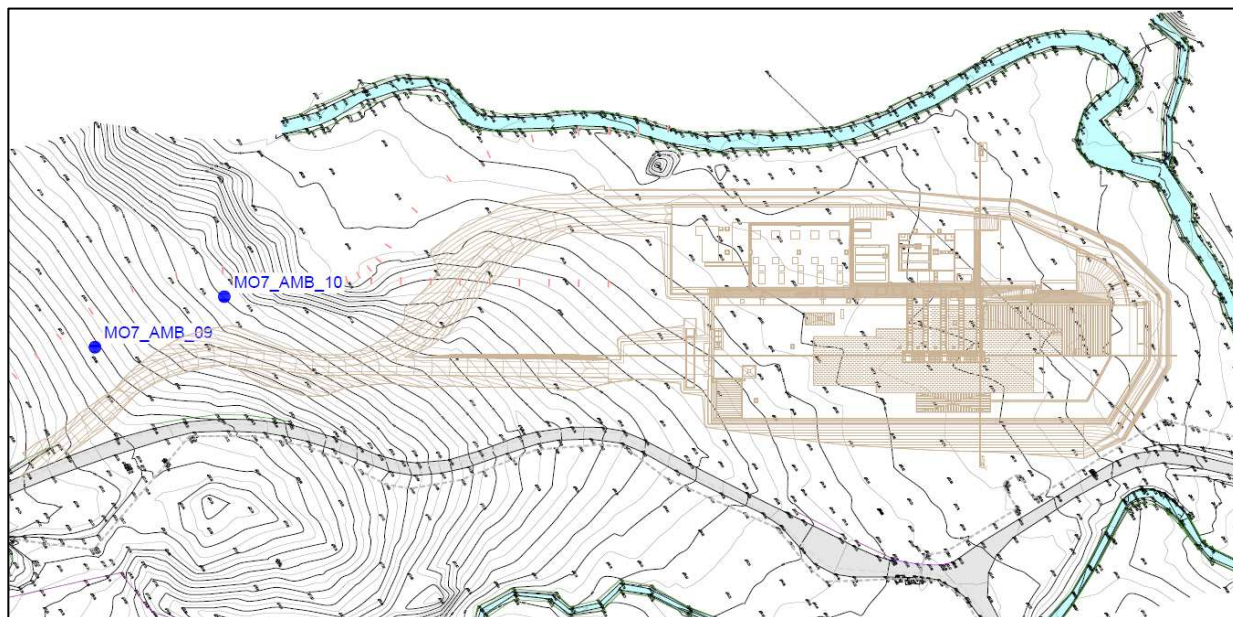


Figura 3-2: Localizzazione dei punti di campionamento effettivamente realizzati per le opere infrastrutturali lineari su rilievo topografico.

### 3.1.1.2 Analisi di laboratorio sui campioni di terra

I campioni prelevati (n.16) e destinati alle analisi di laboratorio previste ai sensi del D.P.R. 120/2017 sono identificati nella seguente tabella:

ID Sondaggio	ID campione superficiale	ID campione intermedio	ID campione profondo
MO7_AMB_01	01_C1	01_C2	
MO7_AMB_02	02_C1		
MO7_AMB_03	03_C1	03_C2	03_C3 (*)
MO7_AMB_04	04_C1		
MO7_AMB_05	05_C1		
MO7_AMB_06	06_C1	06_C2	
MO7_AMB_07	07_C1		
MO7_AMB_08	08_C1		
MO7_AMB_09	09_C1	09_C2	
MO7_AMB_10	10_C1	10_C2	

(\*) È stato utilizzato anche un campione replica di MO7\_AMB\_03\_C3 fornito dalla Committenza (EGPI) per effettuare una nuova misura di concentrazione del composto C>12.

*Tabella 3-5 Campioni sui quali è stata svolta l'analisi di laboratorio*

Il suolo campionato è risultato di origine naturale, come evidenziato dalle stratigrafie commentate nel Paragrafo 3.1.2. Non è stato rinvenuto materiale di riporto, così come definito all'art. 41 della Legge 98/2013.

### 3.1.1.3 Parametri da determinare sui campioni di terra

Come stabilito nell'Allegato 4 del D.P.R. 120/2017, il set di parametri analitici da ricercare è definito in base alle possibili sostanze ricollegabili alle attività antropiche svolte sul sito o nelle sue vicinanze, ai parametri caratteristici di eventuali pregresse contaminazioni o di potenziali anomalie del fondo naturale.

Potenziali anomalie legate alle alterazioni naturali indotte dalla geotermia interessano in particolare la concentrazione di Arsenico, Mercurio e Antimonio. Considerato lo stato incolto del sito, sono stati eseguiti gli accertamenti previsti dal set analitico minimo indicato nella Tabella 4.1 dell'Allegato 4 del D.P.R. n. 120/2017, con l'aggiunta di Antimonio.

I campioni prelevati alle profondità previste nella tabella sopra riportata sono stati pertanto assoggettati alla misura della concentrazione dei seguenti parametri analitici:

<b>Composti</b>
<b>Antimonio</b>
<b>Arsenico</b>
<b>Piombo</b>
<b>Cadmio</b>
<b>Cobalto</b>
<b>Nichel</b>
<b>Rame</b>
<b>Zinco</b>
<b>Mercurio</b>
<b>Idrocarburi C&gt;12</b>
<b>Cromo totale</b>
<b>Cromo VI</b>
<b>Amianto</b>
<b>BTEX</b>
<b>IPA</b>
--
<b>PH</b>
<b>Scheletro (frazione granulometrica) &gt;2mm</b>
<b>Contenuto d'acqua</b>
<b>Residuo fisso a 105 C</b>

### 3.1.1.4 Analisi chimiche terreni

Le indagini di tipo ambientale eseguite sui campioni prelevati dai sondaggi previsti nel sito di Montieri 7, i cui certificati di prova sono presentati nel Doc. M07006\_LabAm, mostrano che il terreno campionato, al netto dell'incertezza:

- non è conforme ai valori soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo di cui alla **Colonna B** della tab.1 dell'Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs. 152/06 e ss.mm. ii per le specie chimiche **Antimonio (Sb)** in 12 campioni su 16 e **Arsenico (As)** in 12 campioni su 16;
- non è conforme ai valori soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo di cui alla **Colonna A** della tab. 1 dell'Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs 152/06 e ss.mm. ii, per le specie chimiche **Antimonio (Sb - tutti i campioni tranne uno)** e **Arsenico (As)** in tutti i campioni; per le specie chimiche **Cobalto (Co)** in un campione e per idrocarburi pesanti (**C>12**) in quattro campioni.

Di seguito si riporta la sintesi delle concentrazioni degli elementi/composti che hanno mostrato il superamento delle CSC, ottenuti dall'analisi dei campioni descritte al Par 3.1.1.2. In rosso sono evidenziati i valori che superano la soglia di concentrazione limite di cui alla Colonna B tab.1 dell'Allegato 5 al Titolo V Parte IV del D.L. 152/06 e ss.mm. ii; in giallo i valori che superano la soglia di concentrazione limite di cui alla Colonna A tab.1 dell'Allegato 5 al Titolo V Parte IV del D.L. 152/06 e ss.mm.

Ubicazione	Sondaggio	Campione	Profondità [m]		Sb [mg/kg]	As [mg/kg]	Co [mg/kg]	C>12 [mg/kg]
CSC Colonna A					10	20	20	50
CSC Colonna B					30	50	250	750
Montieri 07 Postazione	MO7_AMB_01	C1	0	1	37	55,2	9,5	12,5
		C2	1	2	40,2	73,1	5,5	11,5
	MO7_AMB_02	C1	0	1	155	109	7,4	22,4
		MO7_AMB_03	C1	0	1	15	57	16,1
	C2		1	2	10,7	48,5	7,9	21
	C3		2	3	9,8	36,2	12,4	196,0 / 46.9(*)
	MO7_AMB_04	C1	0	1	33,6	125	12,9	77,2
	MO7_AMB_05	C1	0	1	77	89,2	11	89,5
	MO7_AMB_06	C1	0	1	84,4	65,4	13,4	66
		C2	1	2	91,2	57,6	11,2	22,4
MO7_AMB_07	C1	0	1	15	47,5	13,6	21,3	
MO7_AMB_08	C1	0	1	80	155	15,4	11,4	
Montieri 07 Viabilità	MO7_AMB_09	C1	0	1	56,4	55	12,8	10
		C2	1	2	96,5	48,4	10,7	12,4
	MO7_AMB_10	C1	0	1	85,7	100	12	16,4
		C2	1	2	98	112	85,9	11,6
Media					61,6	77,1	16,1	39,8
Valore minimo					9,8	36,2	5,5	10
Valore massimo					155	155	85,9	196,0 / 46.9(*)

Tabella 3-6 – Sintesi delle concentrazioni di Sb, As, Co e C>12 ottenuti dall'analisi dei campioni delle indagini ambientali eseguiti nel sito di progetto Montieri 7.

(\*) La misura della Concentrazione di C>12 per il campione replica M07\_AMB\_03\_C3 ha fornito il valore 46,9 mg/kg, inferiore alla CSC limite di Colonna A tab.1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.. Il valore di concentrazione misurato è tuttavia prossimo alla concentrazione limite di Colonna A tab.1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii e dunque più vicino alle concentrazioni del gruppo di campioni che hanno mostrato superamento delle CSC limite di Colonna A tab.1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii rispetto alla concentrazione della restante popolazione di risultati ottenuti per questo composto nel sito.

### 3.1.2 Stratigrafia dei carotaggi ambientali

I sondaggi eseguiti nel sito di progetto hanno avuto profondità variabile da 1 a 3 m. Le stratigrafie, presentate per intero nel Documento *M07005\_RIAmb* e delle quali sono riportate di seguito le più rappresentative della variabilità litologica dell'area (Figura 3-3, Figura 3-4 e Figura 3-5), descrivono il seguente assetto lito-stratigrafico dei suoli costituenti l'area analizzata:

- Porzione superficiale da p.c. a 0.2÷0.8 m da p.c. Strato vegetale, presente in tutto l'areale indagato e costituito da alternanze di sabbia limosa, da debolmente argillosa ad argillosa, di colore marrone-grigiastro, con livelli debolmente ghiaiosi (clasti e rari ciottoli eterogenei di dimensioni fino a 8cm, talora alterati) e presenze di filamenti vegetali.
- Porzione intermedia da 0.2÷0.8 m a 1.0÷2.0 m da p.c. Terreni alluvionali e/o eluvio-colluviali costituiti in prevalenza da limo argilloso, a tratti debolmente sabbioso, di colore marrone-grigio-verdastro, con screziature di colore arancio e nerastro, debolmente ghiaioso (clasti eterogenei, talora alterati) e presenza di filamenti vegetali. Si segnalano variazioni laterali caratterizzate sia da un aumento della componente sabbiosa, sia da un aumento della frazione ghiaiosa (clasti fino a dimensioni centimetriche), sia da variazioni di colore da termini più scuri a termini di colore biancastro-ocraceo.
- Porzione profonda a profondità maggiori di 2.0 m da p.c. Terreni alluvionali e/o eluvio-colluviali costituiti da limo sabbioso, talora argilloso, di colore marrone-grigio-verdastro e con rari clasti eterogenei da millimetrici a centimetrici, talora alterati. Questi terreni sono caratterizzati da screziature di colore arancio e nerastro. Queste ultime possono essere ricondotte a probabili resti vegetali che, compressi dal peso litostatico, si organizzano in plaghe<sup>2</sup> più o meno fitte a seconda dei livelli di concentrazione originaria (Figura 3-6).

Le stratigrafie dei sondaggi ambientali, spinti fino ad una profondità da p.c. pari a 3 m, non indicano la presenza di falda. Si segnala che durante la perforazione e l'installazione del piezometro M07\_BH01-PZs si è rilevato che il livello dell'acqua è variabile da 5,33 m a 5,85 m da testa tubo<sup>3</sup>. Successivamente, a conferma della presenza di materiali poco permeabili, la falda si è stabilizzata lentamente ad una profondità di 3,89m da testa tubo.

<sup>2</sup> Plaga: porzione di terreno caratterizzata da un aggregato di forma irregolare e ben distinguibile dalla matrice.

<sup>3</sup> La testa tubo del piezometro M07\_BH01-PZs si trova a 0,34 m sopra il p.c.; mentre per il piezometro M07\_BH02-PZs si trova a 0,20 m sopra il p.c.



SCALA 1:20

STRATIGRAFIA - MO7 AMB 03

Pagina 1/1

Ø mm	R mm	metri LITOLOGIA	prof. m	Spes. m	DESCRIZIONE	A metri	Prel. 0 --- 100	% RP	Campioni	Standard Penetration Test			prove in faro	Pz
										m	S.P.T.	N		
			0,30	0,3	Terreno vegetale costituito da limo debolmente sabbioso, tra debolmente argilloso ed argilloso, di colore marrone-grigiastro, con rari clasti millimetrici eterogenei e con filamenti vegetali				C1) Amb < 0,01 1,00					
			1,20	0,9	Limo debolmente sabbioso, tra debolmente argilloso ed argilloso, di colore marrone-ocraceo-verdastro, con rari clasti da millimetrici a centimetrici eterogenei, talora alterati	1			C2) Amb < 1,00 2,00					
			3,01	1,8	Limo sabbioso, tra debolmente argilloso ed argilloso, di colore marrone-grigio-verdastro, con screziature di colore arancio e nerastro (probabili resti vegetali), con rari clasti eterogenei, da millimetrici a centimetrici, talora alterati	2			C3) Amb < 2,00 3,00					
101		3				3								



Figura 3-3: Sondaggio ambientale MO7\_AMB\_03, eseguito nell'area della postazione.

SCALA 1:20		STRATIGRAFIA - M07_AMB_06										Pagina 1/1		
o mm	R V metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	spes. m	DESCRIZIONE	A metri	Prel. % 0 --- 100	RP	Campioni	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	prove in foro	Pz
			0.30	3	Terreno vegetale costituito da limo sabbioso e/o sabbia limosa, di colore marrone, con rari clasti millimetrici eterogenei e con filamenti vegetali				C1) Amb < 0.01 1.00					
	1				Sabbia limosa di colore marrone-grigio-verdastro, con screziature o zone di alterazione di colore giallastro e ocreo, tra debolmente ghiaiosa e ghiaiosa (clasti e rari ciottoli eterogenei, talora alterati)	1			C2) Amb < 1.00 2.00					
			1.51	2	Limo sabbioso e/o sabbia limosa di colore marrone, con screziature di colore arancio e giallastro, tra debolmente ghiaiosi e ghiaiosi (clasti eterogenei da millimetrici a centimetrici, talora alterati)									
101	2		2.00	5		2								



Figura 3-4 Sondaggio ambientale M07\_AMB\_06, eseguito nell'area della postazione.



SCALA 1:20

STRATIGRAFIA - M07\_AMB\_09

Pagina 1/1

o mm	R v	metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Specia. m	DESCRIZIONE	A metri	Prel. % 0 --- 100	RP	Campioni	Standard Penetration Test			prova in foro	Pz
											m	S.P.T.	N		
				0.2	0.2	Terreno vegetale costituito da limo argilloso, a tratti debolmente sabbioso, di colore marrone-grigiastro, con rari clasti eterogenei da millimetrici a centimetrici, talora alterati), e con filamenti vegetali				C1) Amb < 0.01 1.00					
		1		1.2	1.0	Limo argilloso e/o argilla limosa, debolmente sabbiosi, di colore marrone-giallastro, con screziature di colore grigiastro e nerastro, con frequenti clasti eterogenei da millimetrici a centimetrici, talora alterati)	1			C2) Amb < 1.00 2.00					
						Limo sabbioso di colore biancastro-ocraceo									
101	2			2.0	0.8		2								



Figura 3-5: Sondaggio ambientale M07\_AMB\_09, eseguito in corrispondenza della nuova strada di accesso alla postazione.





Figura 3-6 Plaghe nerastre definite da accumuli di materiale organico rinvenute all'interno dei depositi colluviali costituenti il suolo campionato nel sito di progetto "Montieri 7".

### 3.1.3 Acque di falda

Come indicato nella Relazione Geologica di Progetto (doc. *M07014\_RGeol*) è prevista una pur limitata e localizzata interferenza dell'acqua di falda con la massima profondità degli scavi necessari per la realizzazione delle opere in progetto. Sono stati quindi previsti prelievi dai piezometri superficiali installati (Figura 3-7) al fine di acquisire un campione delle acque sotterranee e sottoporlo agli appositi accertamenti.



Figura 3-7: Piano indagini geognostiche. Planimetria con indicati in color ciano i piezometri superficiali.

I sondaggi MO7\_BH01-PZs e MO7\_BH02-PZs, previsti nella concomitante campagna di indagini geotecniche, condizionati a piezometro, sono stati dunque interessati dal campionamento di acqua sotterranea da sottoporre al set di analisi chimiche previste (Cap. 3.1.3.1).

La modalità operativa ha comportato preliminarmente lo spurgo del piezometro, utilizzando una pompa sommersa a basso flusso da 12V e ha permesso di constatare che non era possibile emungere i tre volumi teorici di acqua previsti dalle procedure di campionamento, dato l'abbassamento della falda sino al fondo del piezometro.

I tempi di ricarica per il raggiungimento del livello di falda originali sono stati molto lunghi (>6h) e per tale motivo si è dovuto effettuare il prelievo di campioni di acqua monitorando in emungimento, con sonda multiparametrica, i parametri chimici caratteristici fondamentali (ORP, EC, T, e PH – Potenziale di Ossido- Riduzione, Conduttività Elettrica, Temperatura e PH). Il campionamento è stato effettuato una volta raggiunta la fase di stabilizzazione dei parametri.

La stabilizzazione dei parametri non è stata raggiunta nel piezometro MO7\_BH02-PZs per il quale non è stato pertanto possibile procedere con il campionamento. Quindi solo il campione prelevato in MO7\_BH01-PZs è stato sigillato, etichettato e spedito in laboratorio per le analisi previste.

#### 3.1.3.1 Parametri da determinare sui campioni di acqua.

Il set analitico previsto per le acque sotterranee nel caso di rinvenimento di falda è presentato nel seguente prospetto.

<b>Composti</b>
Arsenico
Antimonio
Cadmio
Cobalto
Cromo
Cromo (VI)
Mercurio
Nichel
Piombo
Rame
Zinco
Inquinanti inorganici
Idrocarburi totali (espressi come n-esano)
Amianto

### 3.1.3.2 Analisi chimiche acque

L'analisi condotte sul campione di acqua MO7\_BH01-PZs ha restituito concentrazioni inferiori alle concentrazioni limite di tab. 2, Allegato 5 Titolo V Parte IV del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii, per gli analiti previsti dal Piano di caratterizzazione.

Per il dettaglio vedasi Doc. M07006\_LabAm.

## 3.2 Radicondoli 35

È stato messo a punto un piano per la caratterizzazione delle Terre e Rocce da Scavo che comprende i luoghi interessati dal progetto della nuova postazione Radicondoli 35 secondo i criteri indicati nella normativa vigente, ossia il "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo" contenuto nel D.P.R. 13 Giugno 2017 n° 120 (D.P.R. 120/2017) e le "Norme in materia ambientale" del Decreto Legislativo 3 Aprile 2006 n. 152 (D. Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.).

I requisiti minimi di numerosità indicati dal dispositivo di legge di riferimento, il D.P.R. 120/2017, si basano, per le opere a sviluppo areale, sulla dimensione dell'area interessata dalle opere.

Per il dettaglio vedasi il Documento R35020\_PUTRS, Capitolo 6. Piano di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo.

### 3.2.1 Terreni

#### 3.2.1.1 Punti di prelievo

Nel mese di dicembre 2023 è stato eseguito il campionamento ambientale nell'area destinata alla costruzione della nuova postazione Radicondoli 35, contestualmente all'esecuzione della campagna di sondaggi geognostici.

La campagna indagini ha visto l'esecuzione di tutti e 10 i sondaggi previsti con prelievo di campioni, utilizzando un'attrezzatura di perforazione costituita da sonda a rotazione CMV MP3; le carote estratte nel corso della perforazione sono state catalogate in apposite cassette con coperchio apribile, munite di setti separatori, fotografate ed analizzate da un geologo.



La numerazione, la posizione e la profondità dei punti di campionamento previsti dal piano di caratterizzazione è riportata in Tabella 3-7, mentre quella relativa ai punti effettivamente campionati<sup>4</sup> è riportata in Tabella 3-8.

Denominazione	Coordinate			Profondità campionamento* (m)		
	Est	Nord	Quota	C1	C2	C3
RA35_AMB_01	1664823.29	4783830.82	399.30	0.00-1.00	1.00-2.00	2.00-3.00
RA35_AMB_02	1664830.87	4783858.21	395.30	0.00-1.00	1.00-2.00	-
RA35_AMB_03	1664906.50	4783869.31	391.70	0.00-1.00	1.00-2.00	2.00-3.00
RA35_AMB_04	1664952.26	4783859.68	395.60	0.00-1.00	1.00-2.00	-
RA35_AMB_05	1664841.54	4783802.76	401.30	0.00-1.00	2.20-3.20	4.40-5.40
RA35_AMB_06	1664857.24	4783818.76	400.00	0.00-1.00	1.50-2.50	3.10-4.10
RA35_AMB_07	1664910.52	4783834.62	397.30	0.00-1.00	1.00-2.00	2.00-3.00
RA35_AMB_08	1664811.72	4783843.57	397.20	0.00-1.00	1.30-2.30	2.70-3.70
RA35_AMB_09	1664910.60	4783808.30	401.00	0.00-1.00	2.00-3.00	4.10-5.10
RA35_AMB_10	1664957.24	4783814.55	399.70	0.00-1.00	1.40-2.40	2.80-3.80

\* Profondità riferita al piano campagna attuale.

Qualora si riscontrasse la presenza di falda freatica si preleverà anche un campione d'acqua.

Tabella 3-7 Numerazione, ubicazione e profondità dei punti di campionamento previsti nel piano di caratterizzazione.

Denominazione	Coordinate			Profondità campionamento* (m)		
	Est	Nord	Quota	C1	C2	C3
RA35_AMB_01	1664823.30	4783831.05	399.48	0.00-1.00	1.00-2.00	2.00-3.00
RA35_AMB_02	1664830.87	4783858.21	395.65	0.00-1.00	1.00-2.00	-
RA35_AMB_03	1664907.62	4783869.37	392.04	0.00-1.00	1.00-2.00	2.00-3.00
RA35_AMB_04	1664952.77	4783860.50	395.76	0.00-1.00	1.00-2.00	-
RA35_AMB_05	1664842.51	4783803.61	401.44	0.00-1.00	2.20-3.20	4.40-5.40
RA35_AMB_06	1664857.30	4783819.32	400.26	0.00-1.00	1.50-2.50	3.10-4.10
RA35_AMB_07	1664911.11	4783835.29	397.62	0.00-1.00	1.00-2.00	2.00-3.00
RA35_AMB_08	1664812.49	4783844.24	397.48	0.00-1.00	1.30-2.30	2.70-3.70
RA35_AMB_09	1664911.22	4783808.80	401.48	0.00-1.00	2.00-3.00	4.10-5.10
RA35_AMB_10	1664957.01	4783815.11	400.10	0.00-1.00	1.40-2.40	2.80-3.80

\* Profondità riferita al piano campagna attuale.

Tabella 3-8 Numerazione, ubicazione e profondità dei punti di campionamento effettivamente realizzati.

Le differenze tra la posizione dei punti di campionamento previsti nel piano di caratterizzazione e quelle effettivamente realizzate sono impercettibili. Si ricorda che le verticali RA35\_AMB\_01 e RA35\_AMB\_08

<sup>4</sup> Le coordinate relative ai punti di indagine sono state rilevate in campagna con GPS ROVER GEOMAX MOD. ZENITH 35 PRO. Tutte le coordinate sono riferite al sistema Monte Mario/Gauss Boaga zona 1.

si riferiscono all'area ove sono realizzati gli scavi per la preparazione del sedime degli accessi alla postazione (nuove bretelle di accesso).

Si può quindi concludere che le posizioni e le profondità di campionamento corrispondono a quanto previsto e, pertanto, descrivono in modo adeguato le caratteristiche ambientali dell'area destinata alla Postazione ed alla strada di accesso<sup>5</sup>.

Per completezza, si riporta di seguito anche l'immagine con la localizzazione dei punti effettivamente campionati.

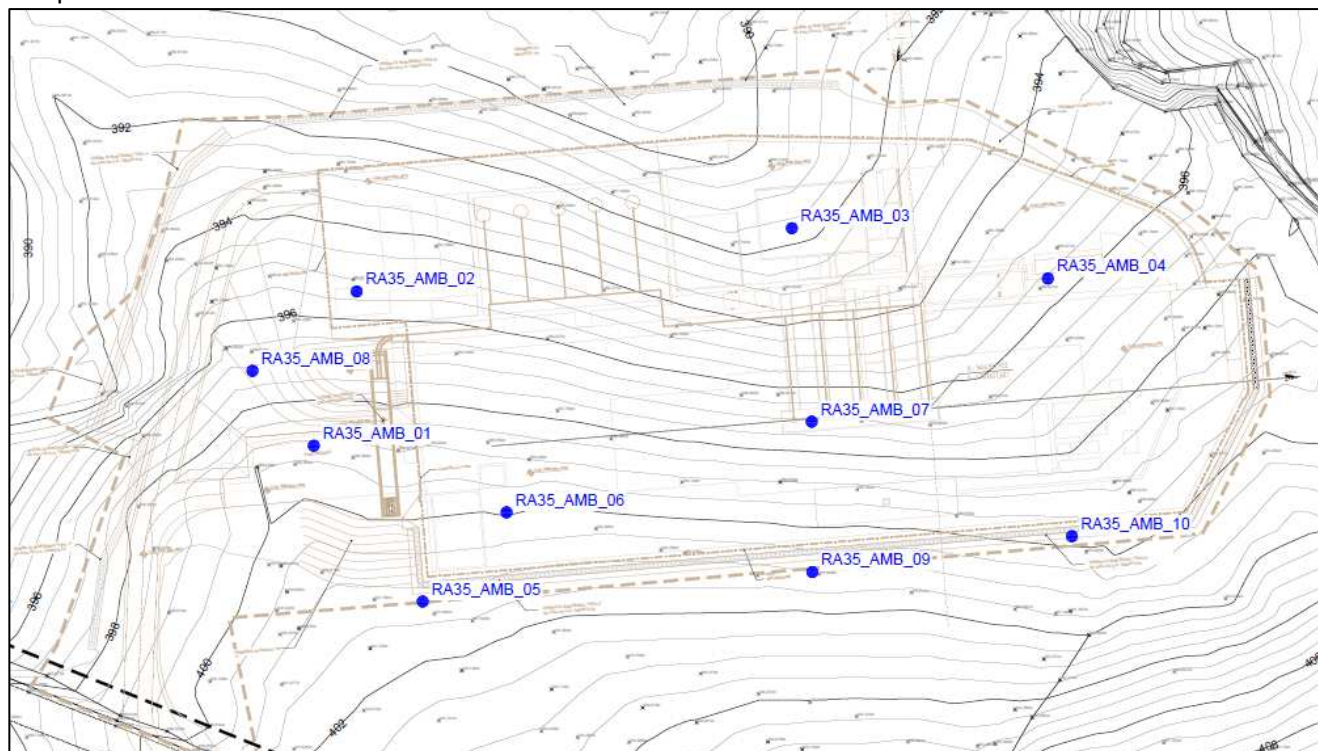


Figura 3-8: Localizzazione dei punti di campionamento effettivamente realizzati su rilievo topografico.

<sup>5</sup> il sondaggio R35\_AMB03 è stato approfondito dai 3 m previsti a 6 m, per consentire l'installazione di un ulteriore piezometro previsto per la ricostruzione della posizione della falda.

### 3.2.1.2 Analisi di laboratorio sui campioni di terra

I n.28 campioni prelevati e destinati alle analisi di laboratorio previste ai sensi del D.P.R. 120/2017, sono identificati nella seguente tabella:

ID Sondaggio	ID campione superficiale	ID campione intermedio	ID campione profondo
RA_35_AMB_01	01_C1	01_C2	01_C3
RA_35_AMB_02	02_C1	02_C2	
RA_35_AMB_03	03_C1	03_C2	03_C3
RA_35_AMB_04	04_C1	04_C2	
RA_35_AMB_05	05_C1	05_C2	05_C3
RA_35_AMB_06	06_C1	06_C2	06_C3
RA_35_AMB_07	07_C1	07_C2	07_C3
RA_35_AMB_08	08_C1	08_C2	08_C3
RA_35_AMB_09	09_C1	09_C2	09_C3
RA_35_AMB_10	10_C1	10_C2	10_C3

Tabella 3-9 Campioni sui quali sono state svolte le analisi di laboratorio

Il suolo campionato è risultato di origine naturale, come evidenziato dalle stratigrafie commentate nel Paragrafo 3.2.2. Non è stato rinvenuto materiale di riporto, così come definito all'art. 41 della Legge 98/2013.

### 3.2.1.3 Parametri da determinare sui campioni di terra

Come stabilito nell'Allegato 4 del D.P.R. 120/2017, il set di parametri analitici da ricercare è definito in base alle possibili sostanze ricollegabili alle attività antropiche svolte sul sito o nelle sue vicinanze, ai parametri caratteristici di eventuali pregresse contaminazioni, di potenziali anomalie del fondo naturale (tipicamente Arsenico, Mercurio e Antimonio), e della presenza di rocce potenzialmente amiantifere.

Considerata la vocazione naturale del sito, l'attività svolta, riconducibile ad *arboricoltura da legno da parte dei carabinieri forestali*, sono stati eseguiti gli accertamenti previsti dal set analitico minimo indicato nella Tabella 4.1 dell'Allegato 4 del D.P.R. n. 120/2017, con l'aggiunta di Antimonio.

I campioni prelevati sono stati assoggettati alla misura della concentrazione dei seguenti elementi analitici:

<b>Composti</b>
<u>Antimonio</u>
Arsenico
Piombo
Cadmio
Cobalto
Nichel
Rame
Zinco
Mercurio
Idrocarburi C>12
Cromo totale

<b>Composti</b>
Cromo VI
Amianto
BTEX
IPA
--
PH
Scheletro (frazione granulometrica) >2mm
Contenuto d'acqua
Residuo fisso a 105 C

### 3.2.1.4 Analisi chimiche terreni

Le indagini di tipo ambientale eseguite sui campioni prelevati dai sondaggi previsti nel sito di Radicondoli 35 mostrano che il terreno campionato, al netto dell'incertezza:

- non è conforme ai valori soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo di cui alla **Colonna B** della tab.1 Allegato 5 Parte IV Titolo V del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii., per le specie chimiche **Antimonio (Sb)** in 10 dei 28 campioni, **Cromo totale (Cr tot)** in 4 dei 28 campioni, **Nichel (Ni)** in 8 dei 28 campioni analizzati;
- non è conforme ai valori soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo di cui alla **Colonna A** tab.1 dell'Allegato 5 Parte IV Titolo V del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii., per le specie chimiche **Antimonio (Sb)** in tutti campioni, **Cromo totale (Cr)** in 11 dei 28 campioni, **Nichel (Ni)** in 11 campioni; per le specie chimiche **Arsenico (As; 1 dato)** **Rame (Cu; 1 dato)** e **Zinco (Zn; 2 dati)**.

Di seguito si riporta una sintesi delle concentrazioni misurate per gli elementi che hanno visto il superamento delle CSC. In rosso sono evidenziati i valori che superano la soglia di concentrazione limite di cui alla Colonna B tab.1 dell'Allegato 5 Parte IV Titolo V del D.L. 152/06 e ss.mm. ii; in giallo i valori che superano la soglia di concentrazione limite di Colonna A tab.1 dell'Allegato 5 Parte IV Titolo V del D.L. 152/06 e ss.mm.ii.

Sondaggio	Campione	Profondità [m]		Sb [mg/kg]	As [mg/kg]	Cr tot [mg/kg]	Ni [mg/kg]	Cu [mg/kg]	Zn [mg/kg]
CSC Colonna A				10	20	150	120	120	150
CSC Colonna B				30	50	800	500	600	1500
RA35_AMB_01	C1	0	1	31,9	15,7	89,7	34,2	92,6	139
	C2	1	2	30,3	17	51,9	52,5	108	140
	C3	2	3	31,4	20,7	54	17	96,2	153
RA35_AMB_02	C1	0	1	12,1	10,6	161	357	46,5	39
	C2	1	2	28,1	17,9	319	332	20,8	71,7
RA35_AMB_03	C1	0	1	33,7	11,7	143	390	47,9	96,4
	C2	1	2	24,1	3,2	836	584	13,1	98,3
	C3	2	3	33,8	7,5	685	591	12,5	64,3
RA35_AMB_04	C1	0	1	10,5	9,1	877	605	50,4	80,8
	C2	1	2	32,8	7,4	792	581	16,2	79
RA35_AMB_05	C1	0	1	22,1	13	156	110	68,1	132
	C2	2,2	3,2	11,9	6,9	57,9	26,5	71,4	132
	C3	4,4	5,4	22,3	9,2	37	55,2	124	102
RA35_AMB_06	C1	0	1	14,9	17,9	70,4	49	89,1	120
	C2	1,5	2,5	25,9	16,3	93,9	36,1	64,7	161
	C3	3,1	4,1	33	12,4	88,9	67,4	67,4	141
RA35_AMB_07	C1	0	1	23,9	14,3	514	590	56	114
	C2	1	2	31,4	17,2	2017	2805	13,5	85,7
	C3	2	3	12	16,1	1512	2246	9,7	76,1
RA35_AMB_08	C1	0	1	19,9	12,7	54,5	41,5	54,1	125
	C2	1,3	2,3	32,2	5,6	75,9	23,1	83,5	134
	C3	2,7	3,7	16,2	4,7	94,6	22	47,4	124
RA35_AMB_09	C1	0	1	11,1	7,6	635	618	35,9	103
	C2	2	3	30	13,1	38,3	32,5	32,5	97,1
	C3	4,1	5,1	30	17,3	76	36	56	93,4
RA35_AMB_10	C1	0	1	15,1	10,8	66,1	10,8	53,2	134
	C2	1,4	2,4	31,6	5,3	64,4	22,4	25,7	102
	C3	2,8	3,8	13,5	12,8	72,1	47,4	34	105
Media				23,8	11,9	347,6	370,8	53,2	108,7
Valore minimo				10,5	3,2	37	10,8	9,7	39
Valore massimo				33,8	20,7	2017	2805	124	161

Tabella 3-10 – Sintesi delle concentrazioni di Sb, As, Cr tot, Ni, Cu, Zn ottenuti dall'analisi dei campioni delle indagini ambientali eseguiti nel sito di progetto Radicondoli 35.

I certificati delle analisi sono presentati in dettaglio nel Doc. R35006\_LabAm.

### 3.2.2 Stratigrafia dei sondaggi ambientali

I sondaggi eseguiti nel sito di progetto hanno avuto profondità variabile da 1 a 6,0 m. Le stratigrafie, presentate per intero nel Documento R35005\_RIAmb e delle quali sono riportate di seguito le più rappresentative della variabilità litologica dell'area (Figura 3-9Figura 3-10), descrivono il seguente assetto lito-stratigrafico dei suoli costituenti l'area analizzata:

- Porzione superficiale da p.c. a 0.2÷0.5 m da p.c. Strato vegetale, presente in tutto l'areale indagato e costituito da argilla limosa debolmente sabbiosa, di colore marrone-grigiastro, con frequenti clasti centimetrici eterogenei e con filamenti vegetali



- Porzione intermedia da 0,2÷0,5 m a 1,0÷5,1 m da p.c. Terreni alluvionali costituiti in prevalenza da argilla limosa, talora tra debolmente sabbiosa e sabbiosa e debolmente ghiaiosa (clasti e rari ciottoli, principalmente carbonatici), di colore da granata a marrone-grigiastro e presenza di screziature sia di colore ocreo-verdastro, sia di colore grigio. Si segnalano variazioni laterali caratterizzate dalla presenza di livelli con frequenti clasti e ciottoli eterogenei, dall'aumento della componente marnosa e talora di intercalazioni costituiti da trovanti calcareo-marnosi (specie tra 4,50÷5,00m).
- Porzione profonda da 3,9 m a 6,0 m da p.c. Terreni alluvionali e/o eluvio-colluviali costituiti da alternanze di limo sabbioso a limo debolmente argilloso, di colore grigio-verdastro, con intercalati trovanti carbonatici. Sono presenti sia livelli di colore grigio con screziature di colore granata, sia livelli ghiaiosi (clasti da millimetrici a centimetrici, principalmente carbonatici), di colore grigiastro, talora con screziature e/o livelli di colore marrone-grigiastro e giallastro.

Le stratigrafie dei sondaggi ambientali, spinti fino ad una profondità da p.c. pari a 6 m, non indicano la presenza di falda. Tuttavia, si segnala che, durante la perforazione e l'installazione del piezometro RA35\_BH01-PZs si è rilevato un livello dell'acqua posto a 0,70÷0,72 m da t.t. (testa tubo); mentre, per quanto riguarda il piezometro RA35\_BH02-PZs, il livello di falda è stato rilevato a profondità di 4,82÷5,01 m da t.t.<sup>6</sup>. Successivamente, per quanto riguarda il piezometro RA35\_BH01-PZs, al momento del campionamento delle acque, la falda si è stabilizzata ad una profondità di 0,85 m da testa tubo.; mentre il piezometro RA35\_BH02-PZs ha mostrato un livello di falda stabilizzato a 5,27m da t.t.<sup>7</sup>

<sup>6</sup> Si tenga conto che il sito è disposto su un pendio, che i due piezometri sono posti a quote differenti del sito e che pertanto le due misure rappresentano la stessa falda.

<sup>7</sup> La testa tubo del piezometro RA35\_BH01-PZs si trova a 0,13 m sopra il p.c.; mentre per il piezometro RA35\_BH02-PZs si trova a 0,32 m sopra il p.c.

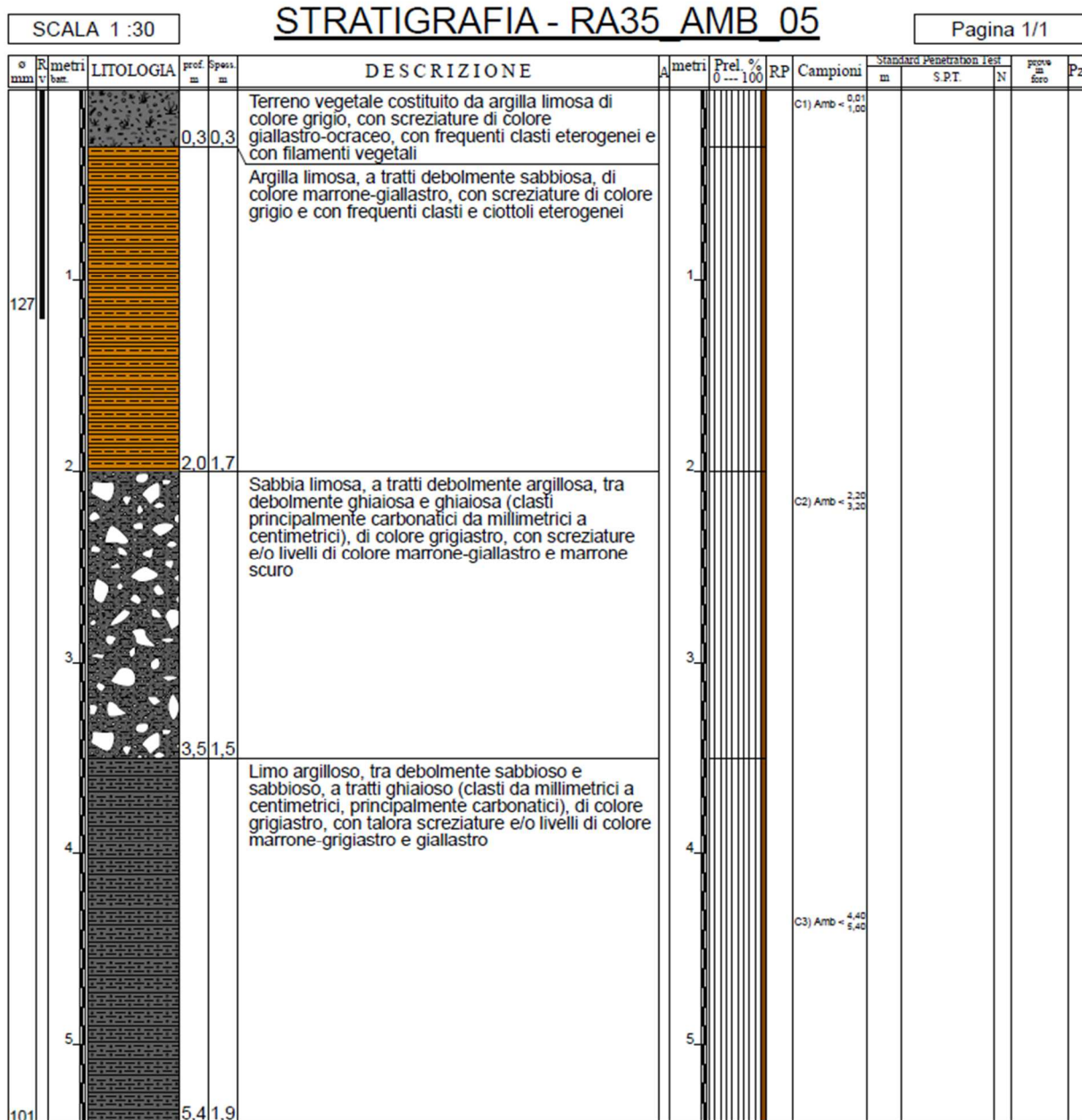
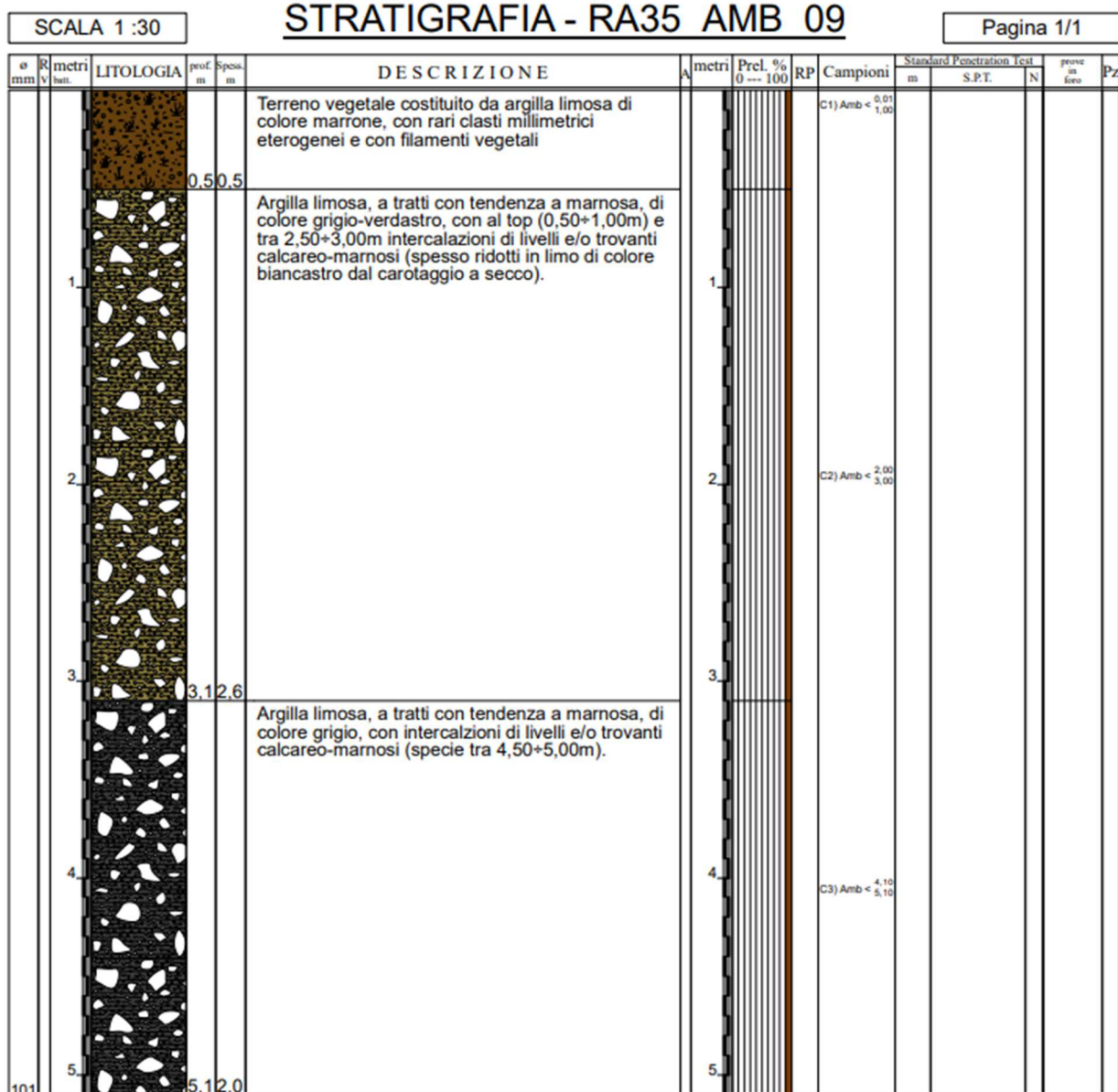


Figura 3-9: Sondaggio ambientale RA35\_AMB\_03 eseguito nell' area della postazione.



Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00



Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 5,10

Figura 3-10: Sondaggio ambientale RA35\_AMB\_09 eseguito nell' area della postazione.



### 3.2.3 Acque di falda

Come indicato nella Relazione Geologica di Progetto (doc. *R35014\_RGeol*) è prevista una pur limitata interferenza dell'acqua di falda con la massima profondità degli scavi necessari per la realizzazione delle opere in progetto. Sono stati quindi previsti dei prelievi dai piezometri installati (vedasi figura riportata di seguito) al fine di acquisire un campione delle acque sotterranee e sottoporlo agli accertamenti previsti.

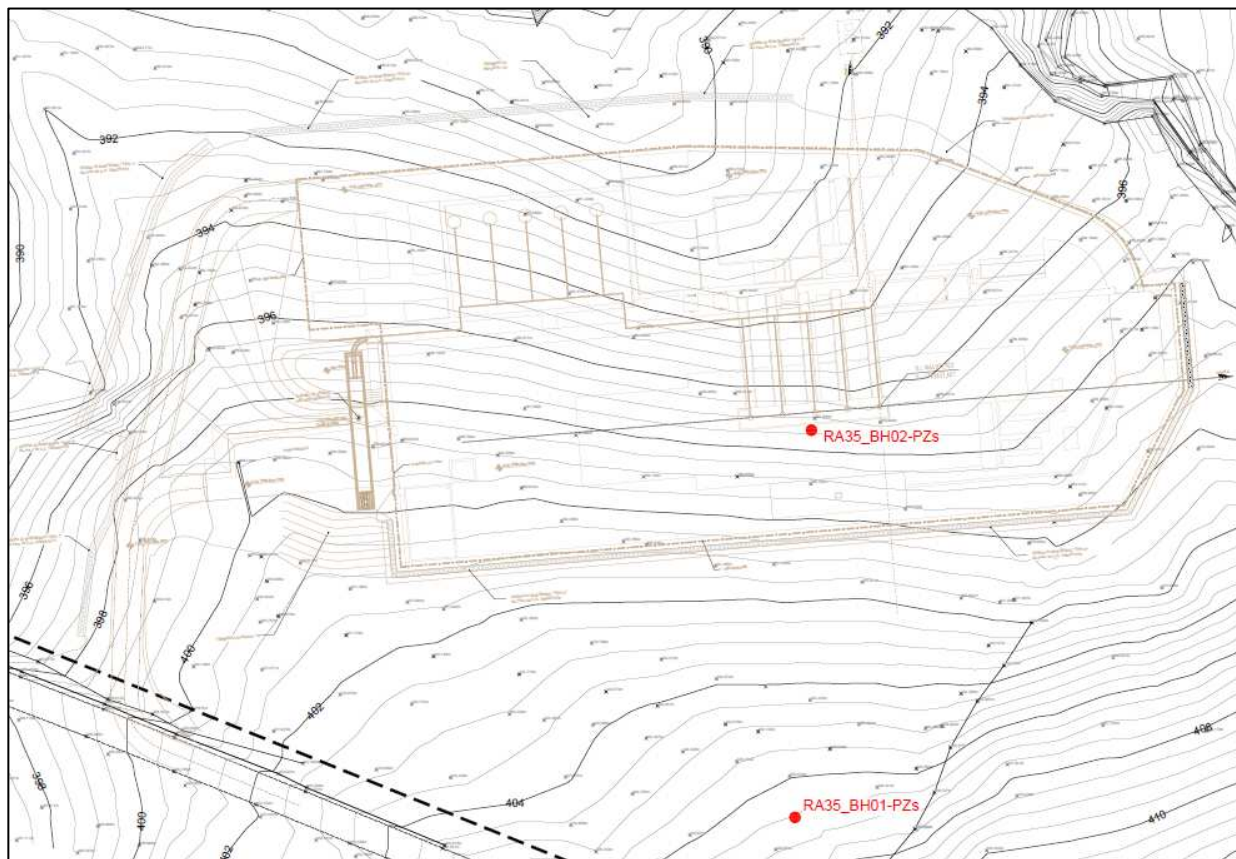


Figura 3-11: Planimetria delle indagini ambientali con indicati in rosso i punti di campionamento.

I sondaggi RA35\_BH01-PZs e RA35\_BH02-PZs, rientranti nella campagna di indagini geotecniche e condizionati a piezometro, sono stati quindi interessati da campionamento di acqua da sottoporre al set di analisi chimiche previste. Si ricorda che il sondaggio RA35\_AMB\_03 è stato approfondito e condizionato a piezometro per l'esigenza di avere più punti per la definizione della falda.

La modalità operativa ha comportato preliminarmente lo spurgo del piezometro, utilizzando una pompa sommersa a basso flusso da 12V.

Come da normativa, sono stati emunti i tre volumi teorici di acqua previsti dalle procedure di campionamento e successivamente sono stati prelevati i campioni in bottiglie di vetro con tappo a vite e riposti in frigo. Il prelievo di campioni di acqua è stato effettuato monitorando in emungimento, con sonda multiparametrica, i parametri chimici caratteristici fondamentali (ORP, EC, T, e PH – Potenziale di Ossido-Riduzione, Condutibilità Elettrica, Temperatura e PH).

Il campionamento è stato effettuato una volta raggiunta la fase di stabilizzazione dei parametri.

### 3.2.3.1 Parametri da determinare sui campioni di acqua

Il set analitico previsto per le acque sotterranee nel caso di rinvenimento di falda è presentato nel seguente prospetto.

<b>Composti</b>
Arsenico
Antimonio
Cadmio
Cobalto
Cromo
Cromo (VI)
Mercurio
Nichel
Piombo
Rame
Zinco
Inquinanti inorganici
Idrocarburi totali (espressi come n-esano)
Amianto

### 3.2.3.2 Analisi chimiche acque

L'analisi sui campioni di acqua RA35\_BH01-PZs e RA35\_BH02-PZs ha restituito concentrazioni inferiori alle concentrazioni limite di tab. 2, Allegato 5 Titolo V Parte IV del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii., per gli analiti previsti dal Piano di caratterizzazione.

Per il dettaglio vedasi Doc. R35006\_LabAm.

## 3.3 Radicondoli 36

È stato messo a punto un piano per la caratterizzazione delle Terre e Rocce da Scavo che comprende i luoghi interessati dal progetto della nuova postazione Radicondoli 36 secondo i criteri indicati nella normativa vigente, ossia il "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo" contenuto nel D.P.R. 13 Giugno 2017 n° 120 (D.P.R. 120/2017) e le "Norme in materia ambientale" del Decreto Legislativo 3 Aprile 2006 n. 152 (D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.).

I requisiti minimi di numerosità indicati dal dispositivo di legge di riferimento, il D.P.R. 120/2017, si basano, per le opere a sviluppo areale, sulla dimensione dell'area interessata dalle opere.

Per il dettaglio vedasi il Documento R36020\_PUTRS, Capitolo 6. Piano di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo.

### 3.3.1 Terreni

#### 3.3.1.1 Punti di prelievo

Nel mese di gennaio 2024 è stato eseguito il campionamento ambientale nell'area destinata alla costruzione della postazione Radicondoli 36, contestualmente all'esecuzione della campagna di sondaggi geognostici.

La campagna indagini ha visto l'esecuzione di tutti e 10 i sondaggi richiesti con prelievo di campioni ambientali, utilizzando un'attrezzatura di perforazione costituita da sonda a rotazione CMV MP3; le

carote estratte nel corso della perforazione sono state catalogate in apposite cassette con coperchio apribile, munite di setti separatori, fotografate ed analizzate da un geologo.

La numerazione, la posizione e la profondità dei punti di campionamento previsti dal piano di caratterizzazione<sup>8</sup> è riportata in Tabella 3-11, mentre quella relativa ai punti effettivamente campionati<sup>9</sup> è riportata in Tabella 3-12.

Denominazione	Coordinate			Profondità campionamento* (m)		
	Est	Nord	Quota	C1	C2	C3
RA36_AMB_01	1662923.57	4787789.03	359.50	0.00-1.00	-	-
RA36_AMB_02	1662925.28	4787759.45	363.50	0.00-1.00	-	-
RA36_AMB_03	1662959.51	4787809.87	362.40	0.00-1.00	3.00-4.00	6.10-7.10
RA36_AMB_04	1662995.79	4787826.42	362.80	0.00-1.00	1.00-2.00	2.00-3.00
RA36_AMB_05	1662913.14	4787731.49	366.50	0.00-1.00	1.50-2.50	3.00-4.00
RA36_AMB_06	1662870.47	4787766.50	357.80	0.00-1.00	-	-
RA36_AMB_07	1662984.60	4787776.16	364.90	0.00-1.00	1.20-2.20	2.40-3.40
RA36_AMB_08	1662862.31	4787735.66	363.70	0.00-1.00	-	-
RA36_AMB_09	1662967.82	4787740.98	367.50	0.00-1.00	2.00-3.00	4.10-5.10
RA36_AMB_10	1663028.00	4787790.06	359.20	0.00-1.00	-	-

\* Profondità riferita al piano campagna attuale.

Qualora si riscontrasse la presenza di falda freatica si preleverà anche un campione d'acqua.

Tabella 3-11 Numerazione, ubicazione e profondità dei punti di campionamento previsti nel piano di caratterizzazione.

<sup>8</sup> La tabella di Figura 3-11 è quella pertinente all'opera e rispondente alla configurazione degli scavi presentata nel documento R36020\_PUTRS. È stato riscontrato che la Tabella 6.1 presente nel Piano di Utilizzo (Documento R36020\_PUTRS) presenta refusi che saranno corretti nella prossima revisione prevista del Piano stesso.

<sup>9</sup> Le coordinate relative ai punti di indagine sono state rilevate in campagna con GPS ROVER GEOMAX MOD. ZENITH 35 PRO. Tutte le coordinate sono riferite al sistema Monte Mario/Gauss Boaga zona 1.

Denominazione	Coordinate			Profondità campionamento* (m)		
	Est	Nord	Quota	C1	C2	C3
RA36_AMB_01	1662923.00	4787791.47	359.52	0.00-1.00	-	-
RA36_AMB_02	1662928.15	4787763.37	363.86	0.00-1.00	-	-
RA36_AMB_03	1662960.33	4787813.81	362.49	0.00-1.00	3.60-4.60	6.10-7.10
RA36_AMB_04	1662996.59	4787830.35	362.95	0.00-1.00	1.00-2.00	2.00-3.00
RA36_AMB_05	1662913.96	4787734.69	366.86	0.00-1.00	1.50-2.50	3.00-4.00
RA36_AMB_06	1662870.01	4787764.87	359.08	0.00-1.00	-	-
RA36_AMB_07	1662981.84	4787780.99	365.14	0.00-1.00	1.20-2.20	2.40-3.40
RA36_AMB_08	1662877.65	4787741.16	363.06	0.00-1.00	-	-
RA36_AMB_09	1662968.40	4787745.11	367.65	0.00-1.00	2.00-3.00	4.10-5.10
RA36_AMB_10	1663026.18	4787795.84	359.64	0.00-1.00	-	-

\* Profondità riferita al piano campagna attuale.

(\*): la profondità di campionamento del Campione C2 per il sondaggio RA36\_AMB\_03, originariamente di 3,00-4,00m, è stata variata come indicato, a causa della presenza di ghiaia.

*Tabella 3-12 Numerazione, ubicazione e profondità dei punti di campionamento effettivamente realizzati.*

Le differenze tra la posizione dei punti di campionamento previsti nel Piano di caratterizzazione e quelle effettivamente realizzate sono sostanzialmente impercettibili.

Si può quindi concludere che le posizioni e le profondità di campionamento corrispondono a quanto previsto e, pertanto, descrivono in modo adeguato le caratteristiche ambientali dell'area destinata alla Postazione ed alla strada di accesso.

Per completezza, si riporta di seguito anche l'immagine con la localizzazione dei punti effettivamente campionati.

Il suolo campionato è risultato di origine naturale, come evidenziato dalle stratigrafie commentate al Paragrafo 3.2.2 Non è stato rinvenuto materiale di riporto, così come definito all'art. 41 della Legge 98/2013.



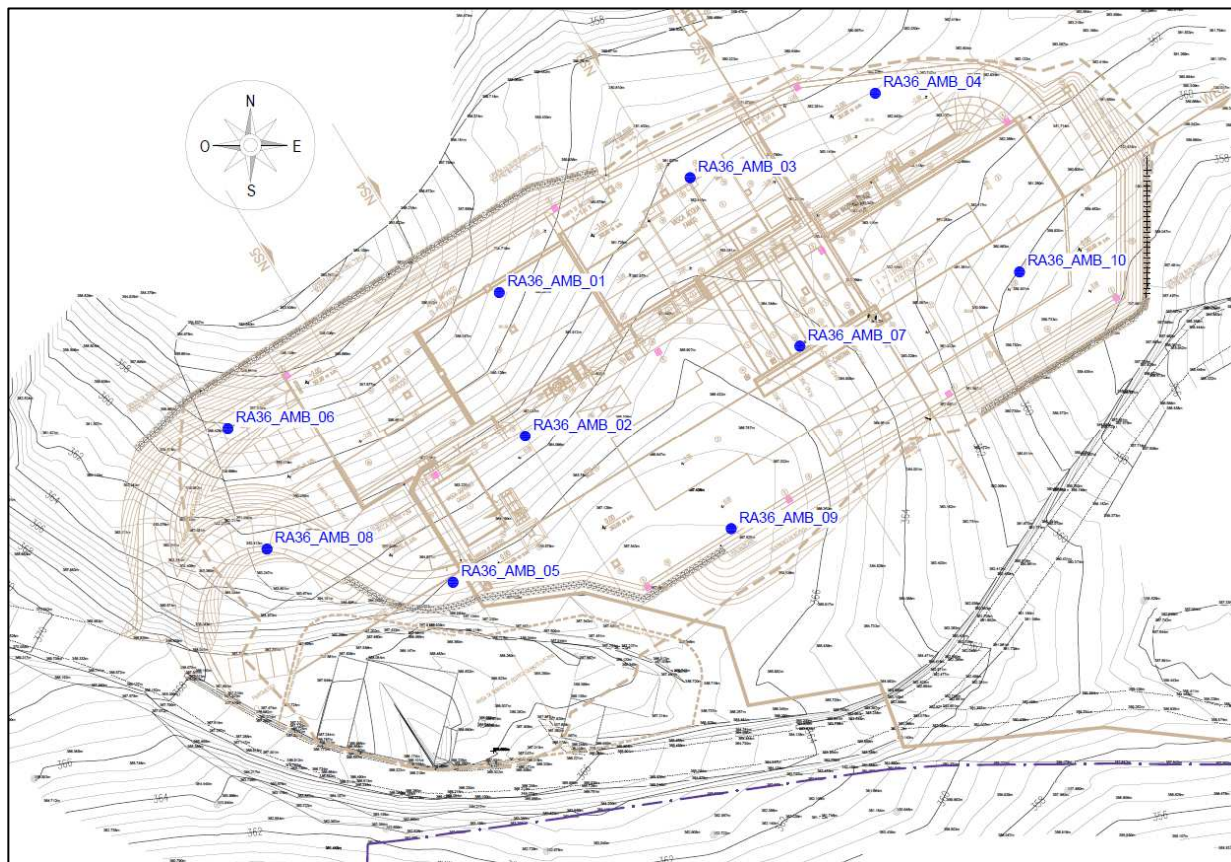


Figura 3-12: Localizzazione dei punti di campionamento effettivamente realizzati su rilievo topografico.

### 3.3.1.2 Analisi di laboratorio sui campioni di terra

I campioni prelevati (n.20) per effettuare le analisi di laboratorio previste ai sensi del D.P.R. 120/2017, sono identificati nella seguente tabella:

ID Sondaggio	ID campione superficiale	ID campione intermedio	ID campione profondo
RA36_AMB_1	01_C1		
RA36_AMB_2	02_C1		
RA36_AMB_3	03_C1	03_C2	03_C3
RA36_AMB_4	04_C1	04_C2	04_C3
RA36_AMB_5	05_C1	05_C2	05_C3
RA36_AMB_6	06_C1		
RA36_AMB_7	07_C1	07_C2	07_C3
RA36_AMB_8	08_C1		
RA36_AMB_9	09_C1	09_C2	09_C3
RA36_AMB_10	10_C1		

Tabella 3-13 Campionamenti sui quali è stata svolta l'analisi di laboratorio



### 3.3.1.3 Parametri da determinare sui campioni di terra

Come stabilito nell'Allegato 4 del D.P.R. 120/2017, il set di parametri analitici da ricercare è definito in base alle possibili sostanze ricollegabili alle attività antropiche svolte sul sito o nelle sue vicinanze, ai parametri caratteristici di eventuali pregresse contaminazioni, di potenziali anomalie del fondo naturale. Potenziali anomalie legate alle alterazioni naturali indotte dalla geotermia interessano in particolare la concentrazione di Arsenico, Mercurio e Antimonio.

Considerato anche che il sito è oggetto di attività riconducibile a *produttiva agricola, in particolare seminativi irrigui e non irrigui*, sono stati eseguiti gli accertamenti previsti dal set analitico minimo indicato nella Tabella 4.1 dell'Allegato 4 del D.P.R. n. 120/2017, con l'aggiunta di Antimonio e di alcuni composti identificati nel D.M. 46/2019<sup>10</sup> che presentano, in riferimento allo stesso D.M., limiti di contaminazione, riferibili all'attività agricola, con soglia diversa da Colonna A Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006.

I campioni prelevati alle profondità previste dalla tabella sopra riportata sono stati assoggettati alla misura della concentrazione dei seguenti parametri analitici:

<b>Composti</b>
Antimonio
Arsenico
Piombo
Cadmio
Cobalto
Nichel
Rame
Zinco
Mercurio
Fitofarmaci
Diossine e furani (*)
Idrocarburi C≤12
Idrocarburi C>12
Cromo totale
Cromo VI
Amianto
BTEX
IPA
--
PH
Scheletro (frazione granulometrica) >2mm
Contenuto d'acqua
Residuo fisso a 105 C

(\*) Diossine e Furani sono stati determinati per tre campioni superficiali (0-1.0 m) delle verticali di prelievo: RA36\_AMB02, RA36\_AMB03, RA36\_AMB10.

<sup>10</sup> D.M. Ambiente 1 marzo 2019, n. 46 Regolamento relativo agli interventi di bonifica, di ripristino ambientale e di messa in sicurezza, d'emergenza, operativa e permanente, delle aree destinate alla produzione agricola e all'allevamento.

### 3.3.1.4 Analisi chimiche terreni

Le indagini di tipo ambientale eseguite su campioni prelevati dai sondaggi previsti nel sito di Radicondoli 36 mostrano che il terreno campionato, al netto dell'incertezza:

- non è conforme ai valori soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo di cui alla **Colonna B** tab.1 dell'Allegato 5 Titolo V Parte IV del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii., per la specie chimica **Antimonio (Sb)** in 5 campioni su 20;
- non è conforme ai valori soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo di cui alla **Colonna A** tab.1 dell'Allegato 5 Titolo V Parte IV del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii., per la specie chimica **Antimonio (Sb)** in tutti i 20 campioni; **per Cobalto (Co) in 3 campioni su 20 e per Rame (Cu) in 1 campione su 20.**

Nel seguito si riporta la sintesi delle concentrazioni degli elementi che hanno mostrato il superamento delle CSC. In rosso sono evidenziati i valori che superano la soglia di concentrazione limite di Colonna B tab.1 dell'Allegato 5 del Titolo V del D.L. 152/06 e ss.mm. ii; in giallo, i valori che superano la soglia di concentrazione limite Colonna A tab.1 dell'Allegato 5 del Titolo V del D.L. 152/06 e ss.mm.ii.

Sondaggio	Campione	Profondità		Sb	Cu	Co
		[m]		[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
Colonna B				30	600	250
Colonna A				10	120	20
RA36_AMB_01	C1	0	1	35,1	38,6	50
RA36_AMB_02	C1	0	1	17,5	43,6	23,6
RA36_AMB_03	C1	0	1	32,3	55,1	10,5
	C2	3,6	4,6	26	31,6	11,8
	C3	6,1	7,1	21,3	79,1	9,7
RA36_AMB_04	C1	0	1	10,2	37,6	12,4
	C2	1	2	33,9	43,4	13,1
	C3	2	3	30,7	49,4	12,5
RA36_AMB_05	C1	0	1	26,2	40,7	11,9
	C2	1,5	2,5	26,4	130	11,4
	C3	3	4	32,3	75,2	10,6
RA36_AMB_06	C1	0	1	11,4	55,2	18,5
RA36_AMB_07	C1	0	1	25,8	37,9	16
	C2	1,2	2,2	26,2	45,8	12,4
	C3	2,4	3,4	18,7	51,2	11,3
RA36_AMB_08	C1	0	1	33,2	50,6	16,9
RA36_AMB_09	C1	0	1	28,5	55,6	21
	C2	2	3	21,6	48,3	14,6
	C3	4,1	5,1	20	69,2	15,8
RA36_AMB_10	C1	0	1	18,5	51,7	11,3
Media				24,8	54,5	15,8
Valore minimo				10,2	31,6	9,7
Valore massimo				35,1	130	50

Tabella 3-14 – Sintesi delle concentrazioni di Sb, Cu e Co ottenuti dall'analisi dei campioni delle indagini ambientali eseguiti nel sito di progetto Radicondoli 36.

I certificati delle analisi sono presentati in dettaglio nel Doc. R36006\_LabAm.

### 3.3.2 Stratigrafia dei sondaggi ambientali

I sondaggi eseguiti nel sito di progetto hanno avuto profondità variabile da 1 a 7,1 m. Le stratigrafie, presentate per intero nel Documento GRE.EEC.R.25.IT.G.13407.49.005 R36005\_RIAmb e delle quali sono riportate di seguito le più rappresentative della variabilità litologica dell'area (Figura 3-13, Figura 3-14 e Figura 3-15) descrivono il seguente assetto lito-stratigrafico dei suoli costituenti l'area analizzata:

- Porzione superficiale da p.c. a 0.1÷0.6 m da p.c. Strato vegetale, presente in tutto l'areale indagato e costituito da argilla limosa di colore grigio-verdastro, con clasti da millimetrici a centimetrici e con filamenti vegetali
- Porzione intermedia da 0.1÷0.6 m a 0.7÷5.1 m da p.c. Terreni perlopiù eluvio-colluviali costituiti da alternanze di argille limose umide e limi sabbiosi asciutti. Le argille sono debolmente sabbiose con presenza di laminazioni, di colore da giallastro a grigio-verdastro, con clasti millimetrici eterogenei e ciottoli carbonatici sub-arrotondati con dimensioni massime di 6cm. Si segnala anche la presenza di probabili resti vegetali e screziature di colore grigio. I limi sono debolmente argillosi con presenza di stratificazione appena accennata, di colore da marrone-giallastro a grigio-verdastro, con screziature di colore variabile (biancastro-marrone-giallastro-arancio). Inoltre, si riconoscono intercalazioni ghiaiose costituite perlopiù da clasti carbonatici con dimensioni da millimetrici a centimetrici.
- Porzione profonda da 4,0 m a 7,1 m da p.c. Substrato costituito da alternanze di conglomerati limi, e sabbie. La facies conglomeratica è costituita da clasti e ciottoli sub-arrotondati perlopiù carbonatici. La facies limosa si presenta talora debolmente argillosa, a tratti sabbiosa, di colore marrone-grigiastro-verdastro, con frequenti clasti alterati da millimetrici a centimetrici perlopiù carbonatici. La facies sabbiosa si presenta da umida a bagnata, a tratti limosa con intercalazioni ghiaiose (clasti e ciottoli principalmente carbonatici), di colore marrone chiaro-grigio chiaro e con screziature grigie e biancastre.

Le stratigrafie dei sondaggi ambientali, spinti fino ad una profondità massima da p.c. pari a 7,1 m, non indicano la presenza di falda. Inoltre, a conferma della presenza di materiali poco permeabili, tutti i piezometri installati mostrano un livello di falda variabile, ma sempre relativamente profondo, e quindi non interferente con le opere in progetto. Di seguito, si riportano le più recenti misure piezometriche:

- RA36\_BH01-PZp: 30,25m da testa tubo (t.t.) (asciutto);
- RA36\_BH01-PZs: 13,04m da t.t.;
- RA36\_BH02-PZp: 14,90m da t.t.;
- RA36\_BH02-PZs: 13,04m da t.t.

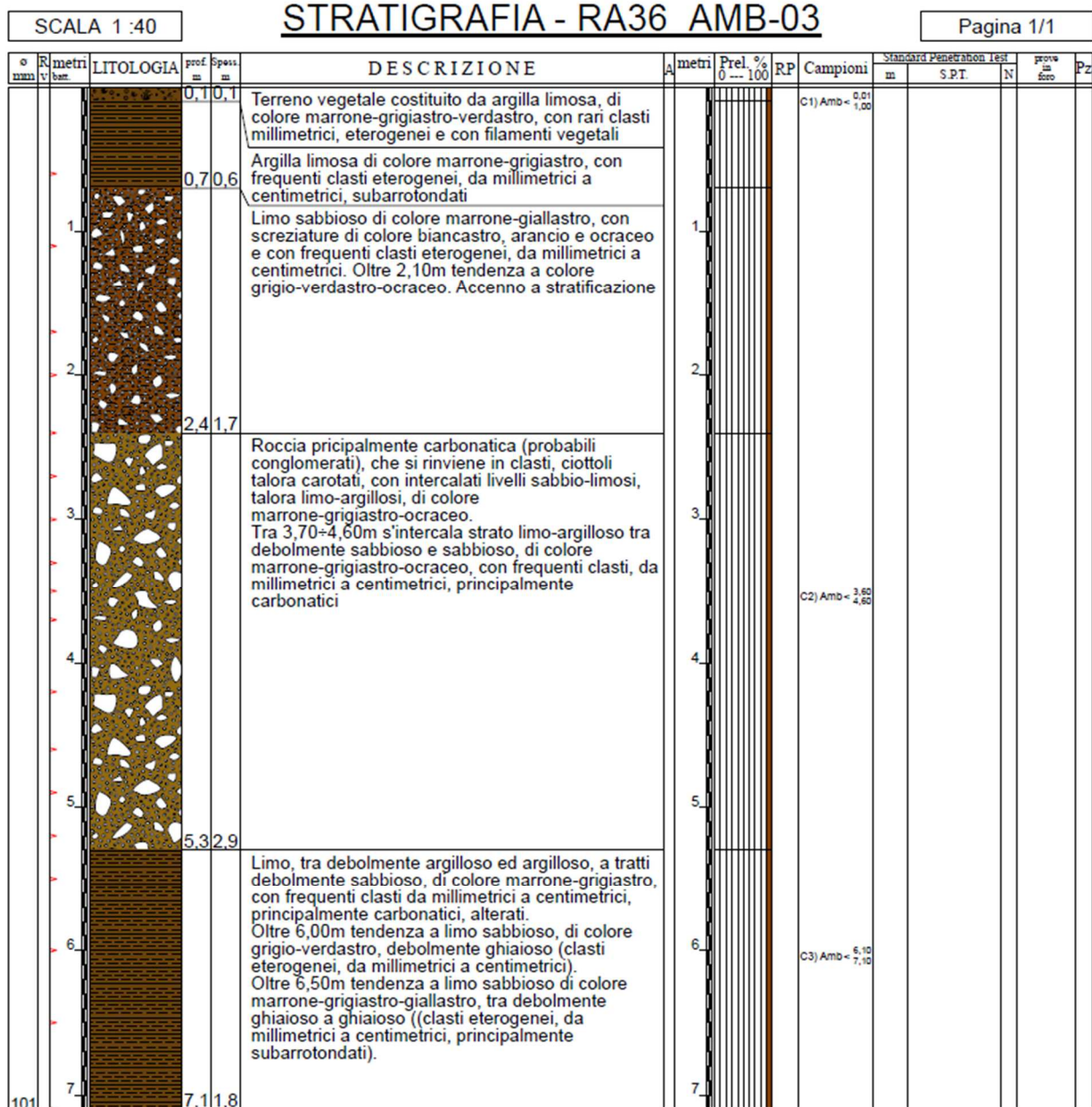


Figura 3-13: Sondaggio ambientale RA36\_AMB\_03 eseguito nell' area della postazione.



SCALA 1:30			STRATIGRAFIA - RA36 AMB-04										Pagina 1/1			
o mm	R v	metri ban.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	A metri	Prel. % 0 --- 100	RP	Campioni	Standard Penetration Test				prova la foro	Pz
				0,1	0,1	Terreno vegetale costituito da argilla limosa, di colore marrone-grigiastro-verdastro, con rari clasti da millimetrici a centimetrici eterogenei e con filamenti vegetali				C1) Amb < 0,01 1,00						
				0,7	0,6	Argilla limosa di colore marrone-grigiastro-ocraceo-verdastro, con frequenti clasti eterogenei, da millimetrici a centimetrici.										
		1				Limo argilloso, tra debolmente sabbioso e sabbioso e tra debolmente ghiaioso e ghiaioso (clasti eterogenei, da millimetrici a centimetrici, di dimensioni fino a 3cm), di colore marrone-grigiastro. Tra 1,30÷1,70m s'intercala livello argillo-limoso di colore marrone-grigiastro, con screziature di colore arancio-nerastro-ocraceo. Oltre 2,70m tendenza a limo sabbioso debolmente argilloso, con ghiaia (clasti e ciottoli carbonatici).	1			C2) Amb < 1,00 2,00						
		2					2			C3) Amb < 2,00 3,00						
101		3		3,0	2,3		3									



Figura 3-14: Sondaggio ambientale RA36\_AMB\_04 eseguito nell' area della postazione.



SCALA 1:30			STRATIGRAFIA - RA36 AMB-09					Pagina 1/1							
o m	R m	metri bat.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	A m	Prel. 0 --- 100	RP	Campioni	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	prove in foro	Pz
				0,2	0,2	Terreno vegetale costituito da limo argilloso, di colore marrone-ocraceo-verdastro, con clasti centimetrici eterogenei, subarrotondi e con filamenti vegetali				C1) Amb = 0,01 1,00					
		1				Argilla limosa, a tratti debolmente sabbiosa, di colore marrone-ocraceo-verdastro, con sfumature grigie, a tratti limo-sabbioso, debolmente argilloso e argilla debolmente limosa, con rari clasti millimetrici eterogenei. Tra 1,30÷1,60m s'intercala livello argillo-limoso di colore grigio, con screziature di colore marrone-ocraceo e con rari clasti eterogenei da millimetrici a centimetrici, subarrotondati. Si rinvengono umidi, a tratti leggermente laminati e con talora rari residui vegetali	1								
		2					2			C2) Amb = 2,00 3,00					
		3					3								
		4					4			C3) Amb = 4,10 5,10					
				4,7	4,5										
		5				Argilla di colore grigiastro, con frequenti clasti, da millimetrici a centimetrici, alterati	5								
100				5,1	0,4										



Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00



Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 5,10

Figura 3-15: Sondaggio ambientale RA36\_AMB\_09 eseguito nell' area della postazione.

### 3.3.3 Acque di falda

Come indicato nella Relazione Geologica di Progetto (doc. *R36014\_RGeoI*) non si prevede di intercettare la falda acquifera con la massima profondità degli scavi necessari per la realizzazione delle opere in progetto. Per gestire l'evenienza di rinvenimento, erano comunque stati previsti prelievi dai piezometri superficiali installati (PZs) al fine di acquisire un campione delle acque sotterranee e sottoporlo agli opportuni accertamenti.

Entrambi i piezometri sono posizionati esternamente alla sagoma della postazione perché il proprietario del fondo non permette, allo stato attuale, installazioni permanenti.



Figura 3-16: Planimetria delle indagini ambientali con indicati in azzurro i punti di campionamento.

La falda acquifera è stata rinvenuta a circa -13 m da p.c. ovvero in posizione non interferente con le opere in progetto, facendo definitivamente decadere l'interesse a caratterizzarla.

### 3.4 Confronti comparati sui tre siti

Le indagini di tipo ambientale eseguite sui campioni prelevati dai sondaggi previsti nei tre siti hanno mostrato che il terreno campionato, al netto dell'incertezza analitica, non è conforme in alcuni campioni ai valori soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo di Colonna B tab.1 Allegato 5 Titolo V Parte IV del D.Lgs 152/2006 e ss-mm-ii.

Le analisi sulle acque sotterranee indicano che, a fronte di anomalie nelle concentrazioni misurate di alcuni elementi nei terreni, le acque presentano concentrazioni inferiori ai limiti stabiliti dal D.Lgs

152/2006 e ss.mm.ii. per gli analiti previsti, che includono i metalli interessati dai superamenti osservati nelle terre.

Comune a tutte le postazioni è l'anomalia di concentrazione misurata dell'Antimonio, che interessa quasi tutti i campioni esaminati, con valori sempre superiori alla soglia di concentrazione stabilita per 'siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale' e, per alcuni campioni, alla soglia stabilita per 'siti ad uso commerciale ed industriale' della tab.1 dell'Allegato 5 Titolo V Parte IV D. Lgs 152/2006 e ss.mm.ii. Il valore medio e massimo è più elevato nel sito di Montieri 7 e confrontabile nei due siti di Radicondoli 35 e 36 (Tabella 3-15).

Sb	N. campioni	Valore di concentrazione		
		medio (mg/kg s.s.)	minimo (mg/kg s.s.)	massimo (mg/kg s.s.)
Montieri 7	16	61,6	9,8	155
Radicondoli 35	28	23,8	10,5	33,8
Radicondoli 36	20	24,8	10,2	35,1

Tabella 3-15 Valore medio, valore minimo e massimo delle concentrazioni di antimonio (Sb) misurate nei campioni analizzati.

I valori medi di Arsenico di Montieri 7 sono superiori a quelli medi misurati nei siti di Radicondoli 35 e Radicondoli 36, Tabella 3-16.

As	N. campioni	Valore di concentrazione		
		medio (mg/kg s.s.)	minimo (mg/kg s.s.)	massimo (mg/kg s.s.)
Montieri 7	16	77,1	36,2	155
Radicondoli 35	28	11,9	3,2	20,7
Radicondoli 36	20	10,4	6,4	13,4

Tabella 3-16 Valore medio, valore minimo e massimo delle concentrazioni di arsenico (As) misurate nei campioni analizzati.

Per quanto riguarda il Nichel e il Cromo totale hanno rilievo i valori di Radicondoli 35, mentre le minori concentrazioni si rinvenivano nel sito di Montieri 7 (Tabella 3-17, Tabella 3-18).

Ni	N. campioni	Valore di concentrazione		
		medio (mg/kg s.s.)	minimo (mg/kg s.s.)	massimo (mg/kg s.s.)
Montieri 7	16	26,7	10,2	81,2
Radicondoli 35	28	370,8	10,8	2805
Radicondoli 36	20	71	41,6	109

Tabella 3-17 Valore medio, valore minimo e massimo delle concentrazioni di nichel (Ni) misurate nei campioni analizzati.

Cr tot	N. campioni	Valore di concentrazione		
		medio (mg/kg s.s.)	minimo (mg/kg s.s.)	massimo (mg/kg s.s.)
Montieri 7	16	14,2	5,9	67,5
Radicondoli 35	28	347,6	37	2017
Radicondoli 36	20	30,2	11,8	58,2

Tabella 3-18 Valore medio, valore minimo e massimo delle concentrazioni di cromo totale (Cr tot) misurate nei campioni analizzati.



Per quanto riguarda Cobalto, Rame e Zinco, il sito di Montieri 7 presenta concentrazioni medie maggiori, e solo alcuni valori massimi rientrano nel novero delle anomalie.

Co	N. campioni	Valore di concentrazione		
		medio (mg/kg s.s.)	minimo (mg/kg s.s.)	massimo (mg/kg s.s.)
Montieri 7	16	16,1	5,5	85,9
Radicondoli 35	28	15,5	11,3	19,5
Radicondoli 36	20	15,8	9,7	50

Tabella 3-19 Valore medio, valore minimo e massimo delle concentrazioni di Cobalto (Co) misurate nei campioni analizzati.

Cu	N. campioni	Valore di concentrazione		
		medio (mg/kg s.s.)	minimo (mg/kg s.s.)	massimo (mg/kg s.s.)
Montieri 7	16	75,1	35,7	103
Radicondoli 35	28	53,2	9,7	124
Radicondoli 36	20	54,5	31,6	130

Tabella 3-20 Valore medio, valore minimo e massimo delle concentrazioni di Rame (Cu) misurate nei campioni analizzati.

Zn	N. campioni	Valore di concentrazione		
		medio (mg/kg s.s.)	minimo (mg/kg s.s.)	massimo (mg/kg s.s.)
Montieri 7	16	100,8	58,4	142
Radicondoli 35	28	108,7	39	161
Radicondoli 36	20	75,8	53,9	11

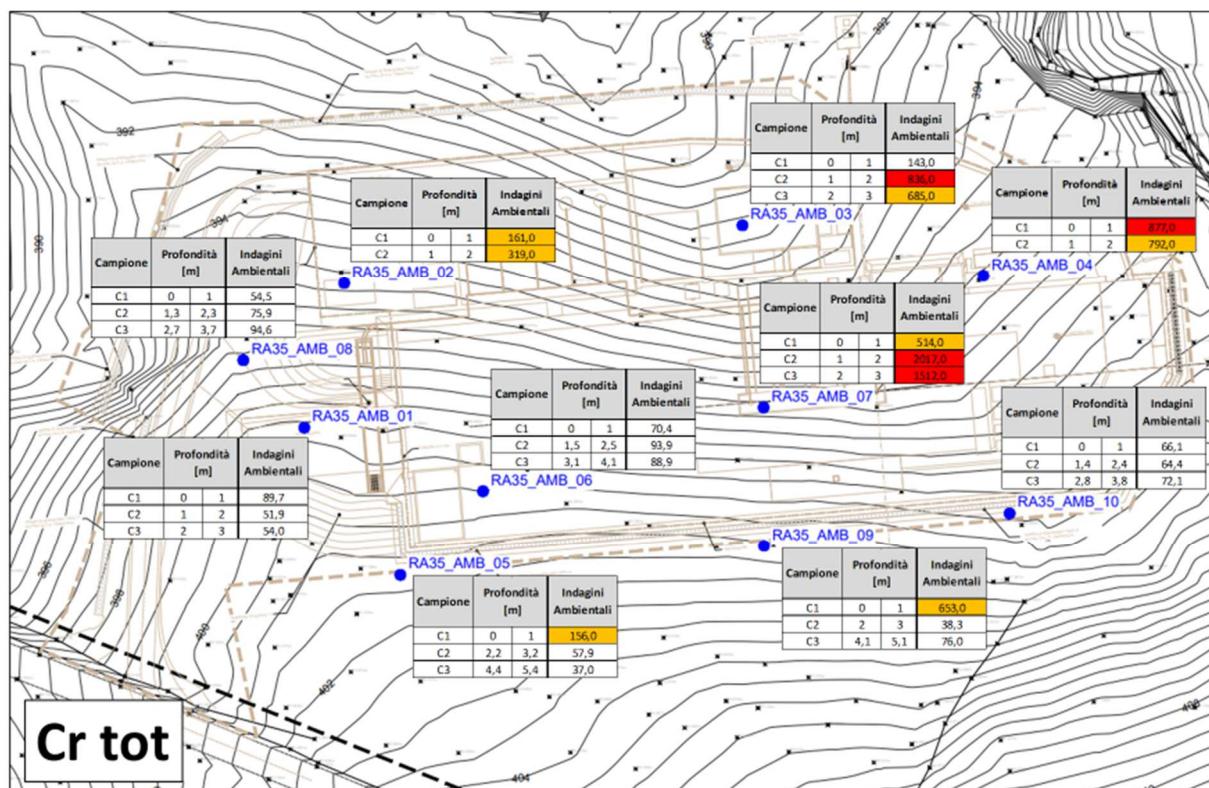
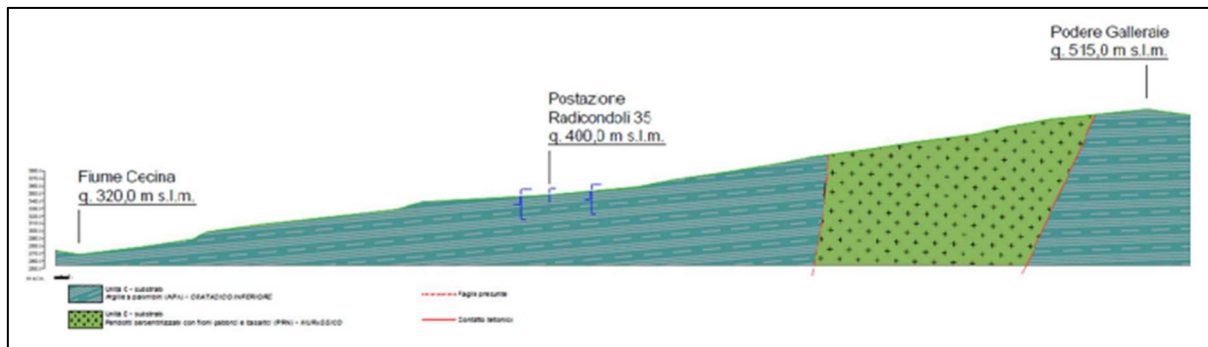
Tabella 3-21 Valore medio, valore minimo e massimo delle concentrazioni di zinco (Zn) misurate nei campioni analizzati.

Il valore medio e i valori minimi e massimi del parametro C>12 sono del tutto simili nei siti di Radicondoli 35 e Radicondoli 36 e inferiori a quelli rilevati nel sito di Montieri 7 dove il valore medio risente di quattro risultati anomali su 16.

C>12	N. campioni	Valore di concentrazione		
		medio (mg/kg s.s.)	minimo (mg/kg s.s.)	massimo (mg/kg s.s.)
Montieri 7	16	39,8	10	196
Radicondoli 35	28	5,9	<5	12
Radicondoli 36	20	6,7	<5	12,6

Tabella 3-22 Valore medio, valore minimo e massimo delle concentrazioni soglia di idrocarburi pesanti (C>12) misurate nei campioni analizzati.

Per il sito di progetto di Radicondoli 35 si identifica una possibile correlazione tra la distribuzione areale dei valori anomali di Ni e Cr tot e l'assetto geologico del substrato. La variazione delle concentrazioni di questi metalli, verosimilmente legate alla presenza dello spinello cromifero attribuibile alle rocce ultrafemiche dei massicci ofiolitici affioranti in prossimità del sito, mostra un aumento da SE a NE correlabile alla presenza verso i quadranti settentrionali di filoni serpentinitici (Figura 3-17).







## 4 DEFINIZIONI

### 4.1 Suolo

Con il termine “suolo” si definisce lo strato superiore della crosta terrestre formata da particelle minerali, materia organica, acqua, aria e organismi viventi. Capace di sostenere la vita delle piante, il suolo è caratterizzato da una atmosfera interna, da una flora e da una fauna determinate da una particolare autonomia dell’acqua. Il suolo si origina dall’alterazione, la disgregazione e trasformazione della roccia madre, le cui caratteristiche ne determinano la composizione mineralogica iniziale<sup>11</sup>.

Pertanto, le caratteristiche fondamentali del suolo sono date sia dalla composizione della roccia di origine (roccia madre) sia dai processi pedogenetici, vale a dire l’insieme delle interazioni tra processi chimici, fisici e biologici che avvengono al suo interno.

Per sottosuolo si deve intendere la porzione di terreno posta inferiormente alla “pellicola che risente più direttamente dei processi di pedogenesi”<sup>11</sup>.

### 4.2 Valore di fondo

Per alcune sostanze inorganiche come quelle presenti nei siti in studio, la concentrazione di fondo di un suolo in cui si registrano valori anomali delle concentrazioni, è per lo più dovuta al suo contenuto geochimico e quindi alla sua composizione mineralogica; tuttavia, bisogna considerare anche la possibilità che ci potrebbe essere una amplificazione dovuta ad attività antropiche, ad esempio di tipo minerario estrattivo.

Come sarà illustrato nei paragrafi successivi, pur essendo spesso difficoltoso distinguere con certezza se il valore di fondo sia dovuto alla frazione pedogenetica o a quella antropogenica, in prima istanza, si ritiene lecito affermare che le anomalie riscontrate nei tenori di metalloidi quali Sb, As e di metalli quali Co, Cr, Cu, Ni e Zn, possano essere ascrivibili in buona parte alla frazione pedogenetica.

Secondo SNPA (2018) “Linea guida per la determinazione dei valori di fondo per i suoli e per le acque sotterranee” per il termine valore di fondo si hanno le seguenti definizioni:

#### **Valore di fondo naturale**

Caratteristiche statistiche rappresentative del fondo naturale, ovvero distribuzione di una sostanza nelle matrici ambientali (suolo, sottosuolo materiale lapideo e acque sotterranee) derivante dai processi naturali (geochimici, biologici, idrogeologici naturali), con eventuale componente antropica non rilevabile o non apprezzabile.

Nel seguente capitolo si indicherà il contesto naturale a cui possono essere associati gli elementi e i composti di cui sono state osservate concentrazioni anomale nei siti investigati. L’origine naturale appare infatti fin d’ora una chiave di lettura coerente dei risultati ottenuti nei tre siti rispetto a quanto noto delle caratteristiche geologiche e geochimiche del territorio delle Colline metallifere.

<sup>11</sup> ARPAT (2006): Manuale per le indagini ambientali nei siti contaminati.

### 4.3 Caratteristiche principali degli elementi riscontrati in tenori eccedenti i limiti normativi

#### 4.3.1 Arsenico (As)

L'Arsenico, considerato un elemento minore, è un semimetallo e, seppur ritrovabile come elemento nativo, è per lo più associato a solfuri e solfoarseniuri. In genere non vi è arricchimento di arsenico né nei magmi basici né in quelli acidi, mentre è comune come risultato dell'attività idrotermale. Nelle rocce sedimentarie è concentrato prevalentemente nelle argille.

Principalmente viene rilasciato nell'ambiente attraverso le acque, dove l'elemento può essere contenuto perché dissolto da alcuni suoli o rocce che lo contengono in concentrazioni elevate.

In genere si riscontra la presenza di arsenico sia nelle rocce vulcaniche, metamorfiche e in quelle sedimentarie. Molte formazioni contenenti arsenico sono quelle caratterizzate da una estensiva mineralizzazione idrotermale.

Presenta circa 250 specie mineralogiche e in quelle più importanti e diffuse si presenta combinato allo zolfo in numerosi minerali. Una tipica associazione mineralogica è quella formata da arsenopirite (FeAsS), pirite (FeS<sub>2</sub>), galena (PbS) e antimonite (conosciuta anche come stibina) (Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>).

#### 4.3.2 Antimonio (Sb)

Il comportamento cristallografico dell'antimonio è simile a quello dell'arsenico e la sua distribuzione nelle rocce è legata a quella dei minerali dello zolfo. In genere le maggiori concentrazioni si registrano in prossimità di depositi idrotermali di galena e sfalerite.

#### 4.3.3 Nichel (Ni)

Anche il nichel è da considerarsi un elemento minore. In ambiente idrotermale si ritrova associato a depositi filoniani di cobalto, argento e rame. Il nichel si riscontra in quantità discrete nei solfuri in genere associato con cobalto, rame e platino. Nelle rocce sedimentarie è maggiormente concentrato nelle argilliti e in genere nei minerali loro costituenti. Nell'ambiente può essere rilasciato dall'erosione delle rocce madri e anche dalle emissioni vulcaniche.

Si trova in alte concentrazioni nelle rocce ignee ultramafiche e mafiche, mentre quelle ignee acide e le rocce sedimentarie presentano concentrazioni basse (Alloway, 1995).

#### 4.3.4 Cobalto (Co)

È abbondante nei minerali ferro-magnesi come l'olivina, i pirosseni, gli anfiboli e la biotite, minerali comuni nelle rocce magmatiche basiche e ultrabasiche; al contrario, è molto scarso nelle rocce magmatiche acide come le trachiti e i graniti, mentre nelle rocce sedimentarie il contenuto di Cobalto è in relazione ai materiali di origine (Alloway, 1995).

#### 4.3.5 Cromo (Cr totale)

Il Cromo è abbondante nelle rocce magmatiche mafiche e ultramafiche, in quanto nei primi stadi della cristallizzazione frazionata del magma entra a far parte di minerali come spinelli e pirosseni (De Vivo et alii, 2004), mentre nelle rocce magmatiche acide e nelle rocce sedimentarie ha una concentrazione molto più bassa (Alloway, 1995).

#### **4.3.6 Rame (Cu)**

È più abbondante nelle rocce ignee mafiche e intermedie, ricche in minerali ferro-manganesiferi, mentre è presente in concentrazioni molto basse nelle rocce carbonatiche.

#### **4.3.7 Zinco (Zn)**

È rinvenuto nelle rocce vulcaniche con contenuto variabile da 40 mg/kg nei graniti, a 100 mg/kg nei basalti; nelle rocce sedimentarie si rilevano valori molto diversi tra loro in funzione della tipologia di sedimento: nei sedimenti argillosi e nelle marne si riscontrano valori compresi tra 80 e 120 mg/kg mentre le arenarie, i calcari e le dolomie hanno valori nettamente inferiori, compresi tra 10 e 30 mg/kg (Alloway,1995).

#### **4.3.8 Idrocarburi pesanti C>12**

Gli idrocarburi pesanti possono essere di origine petrolifera oppure biogenica, animale e/o vegetale, con pesi molecolari, caratteristiche chimiche e chimico-fisiche differenti. Nelle matrici ambientali essi si trovano in genere in rapporti differenti tra loro a seconda dell'origine.



## 5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

### 5.1 Montieri 7 Condizioni geologiche

L'area di Montieri 7 è caratterizzata dalla presenza dei Calcari Cavernosi della Falda Toscana, sovrascorsi in contatto tettonico sottrattivo a basso angolo dalla formazione delle Argille a Palombini appartenenti alle Unità Liguridi Interne. Nell'area di imposta della postazione gli ammassi sono coperti da depositi eluvio colluviali e detritici di versante, e dai depositi alluvionali recenti, di probabile potenza decametrica (doc. *M07014\_Rgeol*).

I Calcari Cavernosi sono distribuiti nella porzione meridionale dell'area in studio e definiscono i principali e modesti rilievi dell'area. In particolare, la postazione in studio con annessa viabilità di accesso è posizionata in parte nei depositi alluvionali del Torrente Saio ed in parte sulla copertura eluviale, colluviale e detritica che copre i Calcari Cavernosi, i quali definiscono una dorsale di modesto rilievo che si estende in direzione SSO.

Nella Figura 5-1 è riportato uno stralcio della carta geologica di progetto allegata al documento *M07014\_Rgeol*, realizzata sulla base della cartografia geologica del Piano Operativo Intercomunale Montieri e Monterotondo Marittimo con le opportune integrazioni derivanti dal rilevamento in sito. In questo estratto è possibile osservare la distribuzione delle unità litoidi del substrato (Calcari Cavernosi e Argille a Palombini). Mentre, nella Figura 5-2 è riportato uno stralcio della carta geomorfologica di progetto allegata al documento *M07014\_Rgeol*, nella quale è possibile osservare la distribuzione dei terreni di copertura interferenti con l'opera in progetto, ovvero i depositi alluvionali e depositi detritici.

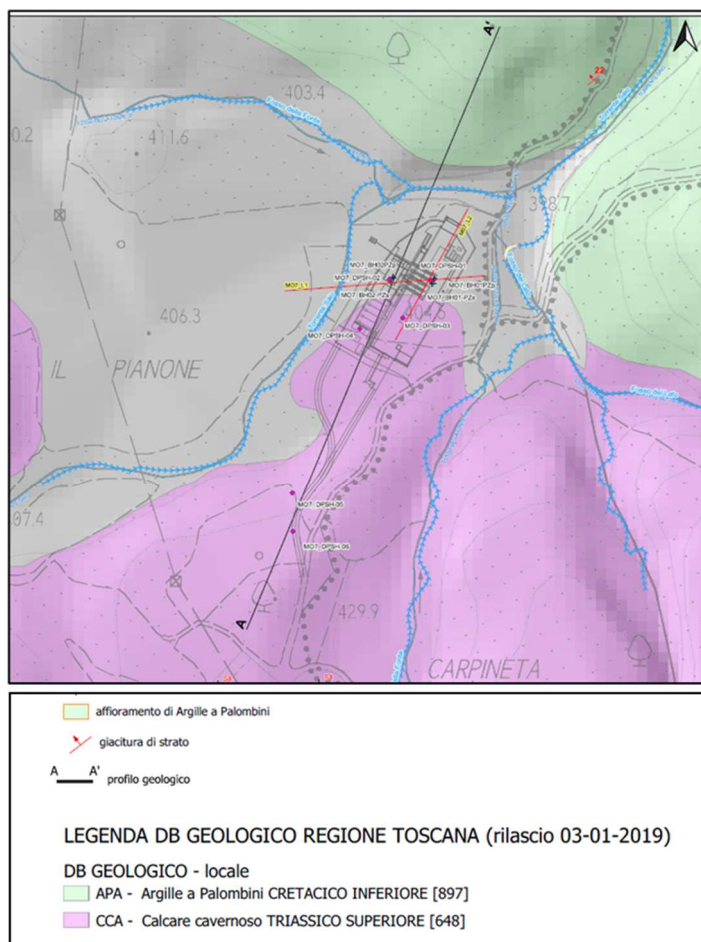


Figura 5-1 Stralcio Carta Geologica del progetto (doc. *M07014\_Rgeol*).

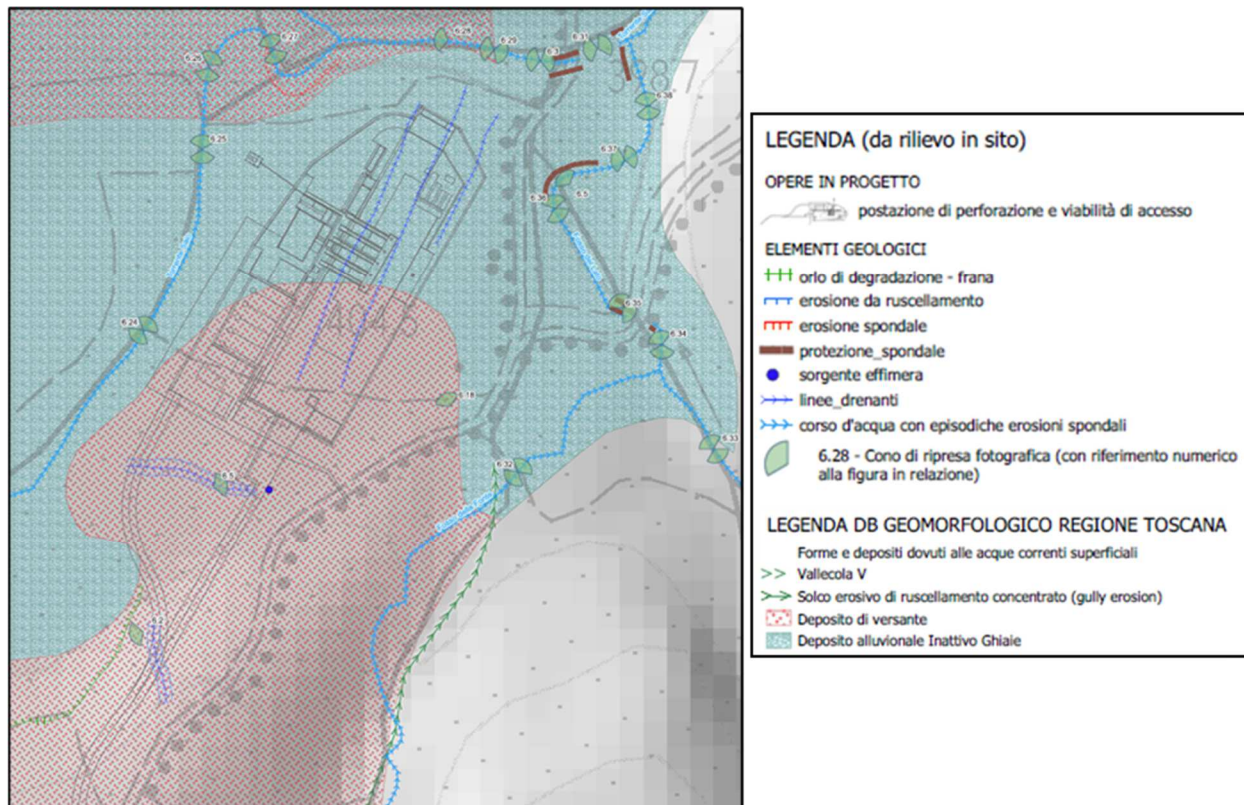


Figura 5-2 Stralcio Carta Geomorfologica del progetto (GRE.EEC.R.28.IT.G.13405.00.001.00 M07014\_Rgeol).

## 5.2 Montieri 7 Condizioni strutturali

L'attuale configurazione tettonica della porzione di appennino in cui si inserisce l'area in esame è caratterizzata dai fronti di accavallamento della Falda Toscana e dell'unità Cervarola di pertinenza del dominio toscano.

La Falda Toscana è a sua volta ricoperta per sovrascorrimiento dalle unità della Falda Ligure; la Figura 5-3 mostra in modo schematico la configurazione dei domini sedimentari e dei principali fronti di accavallamento dell'appennino toscano.

In generale, le unità toscane e liguri sono organizzate in scaglie e falde tettoniche sovrapposte, dove le unità della Falda Toscana sono quelle strutturalmente più basse, mentre le unità liguri sono le più alte. Le Argille a Palombini costituiscono la falda tettonica più alta, essendo sovrascorsa anche sulle altre unità liguri. La fase compressiva responsabile dell'impilamento delle falde si è esaurita nel Miocene inferiore (Aquitaniense). Le è quindi succeduta una fase distensiva che ha originato una serie di faglie normali principalmente N-S e NO-SE che hanno disarticolato l'edificio appenninico in *horst* e *graben*. L'erosione degli *horst* ha quindi riesumato le unità strutturalmente più profonde della Falda Toscana ed in particolare il Calcare Cavernoso, ponendolo a contatto laterale con le Argille a Palombini.

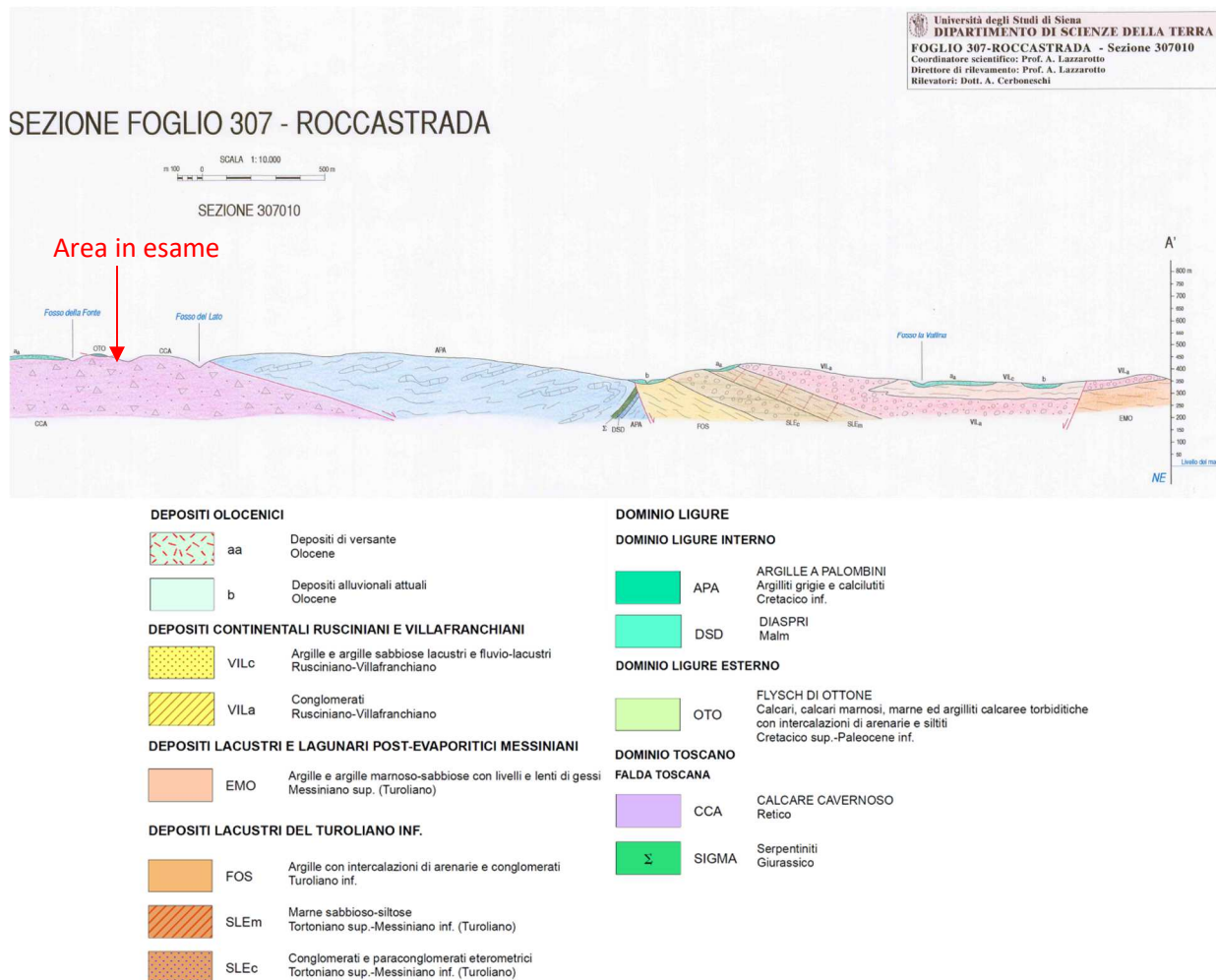


Figura 5-3 – Profilo geologico in prossimità dell'area in esame, estratto dalla sezione 307010 del Foglio Roccastrada (DataBase geologico della Regione Toscana).

### 5.3 Radicondoli 35 Condizioni geologiche

L'assetto geologico dell'area di studio è costituito essenzialmente dall'unità ofiolitiforme delle Argille a Palombini, rappresentato in prevalenza dalla Formazione delle Argille a Palombini, con associate esigue porzioni di Serpentiniti e Gabbri. Tale substrato è quindi ricoperto da depositi continentali eluvio-colluviali olocenici. Nella seguente Figura 5-4Figura 5-4 viene mostrato lo schema dei rapporti tra le unità tettoniche della Toscana meridionale.

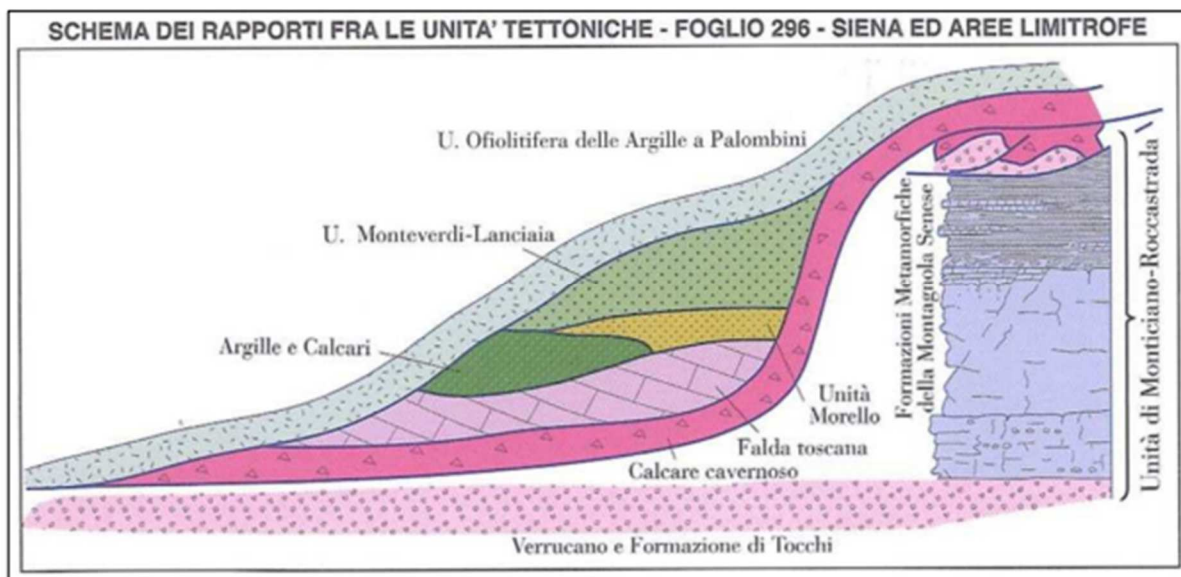


Figura 5-4: Schema delle unità tettoniche estratto dal Foglio CARG n. 296-Siena.

Nella figura seguente (Figura 5-5) è riportato uno stralcio della carta geologica di progetto (doc. R35014\_Rgeol), realizzata sulla base della cartografia geologica regionale con le opportune correzioni derivanti dal rilevamento in sito. In sintesi, l'assetto geologico dell'area della nuova postazione in progetto è caratterizzato dalla presenza di due unità: la *Formazione delle Argille a Palombini (APA)* e la *Formazione delle Peridotiti serpentinite (PRN)*, che risultano diffusamente affioranti o sub-affioranti in tutta l'area in esame.

Le Argille a Palombini sono costituite prevalentemente da argilliti e siltiti argillose di colore grigio-marrone o verde, marcatamente fissili, con intercalati calcari silicei a grana fine, di colore generalmente grigio o grigio-scuro, in strati, spesso lentiformi, che raggiungono eccezionalmente lo spessore di 1,5 metri. Localmente si rinvencono anche marne calcaree di colore grigio chiaro in frattura fresca e marrone in superficie alterata con spessore variabile da qualche decimetro a circa un metro. Del tutto subordinata è la presenza di arenarie quarzose, debolmente carbonatiche, a grana media, di colore grigio chiaro. All'interno delle Argille a palombini si intercalano anche masse di ofioliti sempre di modesta entità.

Le Peridotiti serpentinite sono costituite da masse disarticolate di dimensioni molto variabili. Si tratta di rocce di colore variabile dal verde chiaro al verde molto scuro, quasi bluastro, con tessitura massiccia o debolmente foliata. Talvolta sono visibili limitate porzioni a struttura cataclastica con elementi, di dimensioni da centimetriche a decimetriche, cementati da un fitto reticolato di vene di calcite e/o di serpentino.



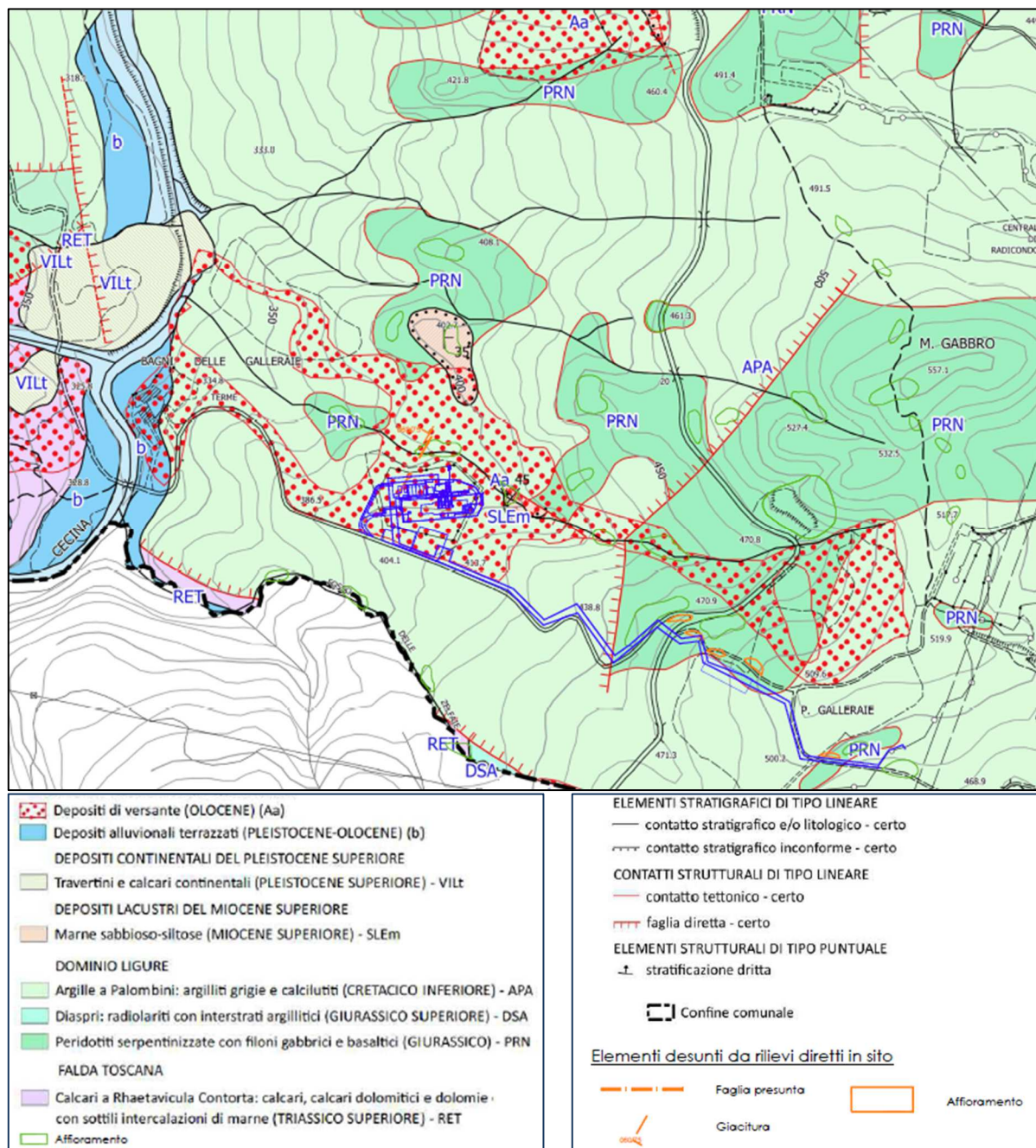


Figura 5-5 Stralcio Carta geologica di progetto, dall'elaborato R35014\_Rgeol.

## 5.4 Radicondoli 35 Condizioni strutturali

L'attuale configurazione tettonica della porzione di Appennino in cui si inserisce l'area in esame è caratterizzata dai fronti di accavallamento della Falda Toscana e dell'unità Cervarola di pertinenza del dominio toscano. La Falda Toscana è a sua volta ricoperta da formazioni sovrascorse della Falda Ligure. Successivamente, l'edificio appenninico è stato interessato da una fase distensiva con la formazione di numerose faglie di tipo diretto, le quali si sono impostate prevalentemente all'interno delle Formazioni lapidee e in corrispondenza dei contatti con le formazioni del Dominio Ligure. L'andamento di tali elementi strutturali è in generale di tipo appenninico, ovvero con orientazione NO-SE (Figura 5-6).

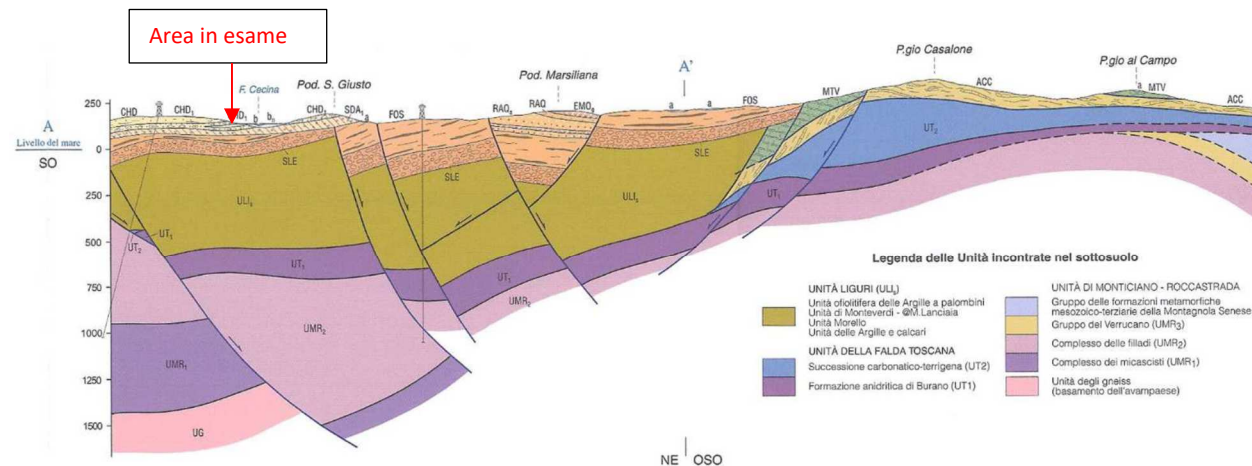


Figura 5-6 Stralcio CARG Foglio 296 Siena (da R35014\_Rgeol).

Nell'intorno dell'area in esame si riconoscono contatti tettonici diretti impostati su discontinuità intraformazionali delle Peridotiti Serpentinizzate. Tale assetto strutturale è evidenziato anche dal contatto rilevato verso sud dell'area in esame, in cui le Unità del Dominio Ligure risultano localmente ribassate e messe in contatto con le unità Triassiche della Falda Toscana.

## 5.5 Radicondoli 36 Condizioni geologiche

Nella figura seguente (Figura 5-7) è riportato uno stralcio della carta geologica del Piano Strutturale Comunale, realizzata sulla base della cartografia geologica regionale con le opportune implementazioni derivanti dal rilevamento diretto in campagna.

Nello specifico, l'area in studio è caratterizzata dalla presenza del membro dei Conglomerati di M. Capino (CHD1) della Formazione di Chiusdino, in facies conglomeratica. L'unità è qui costituita da un conglomerato poligenico mal classato, con clasti eterometrici (2-35 centimetri), di forma da sub-arrotondata ad arrotondata, matrice-sostenuto (localmente clasto-sostenuto), scarsamente o affatto cementato e con matrice argilloso-sabbiosa di colore nocciola (a tratti giallo ocra o rossa).

Il substrato risulta costantemente mascherato dalla coltre di copertura costituita sia da depositi continentali pliocenici a granulometria variabile da argille-argille sabbiose a conglomerati e ciottolami poligenici, organizzati in strati alternati di spessore plurimetrico, sia da depositi recenti di natura eluvio colluviale alterati e modellati dagli agenti morfodinamici legati alla gravità (colamenti, soliflussi).



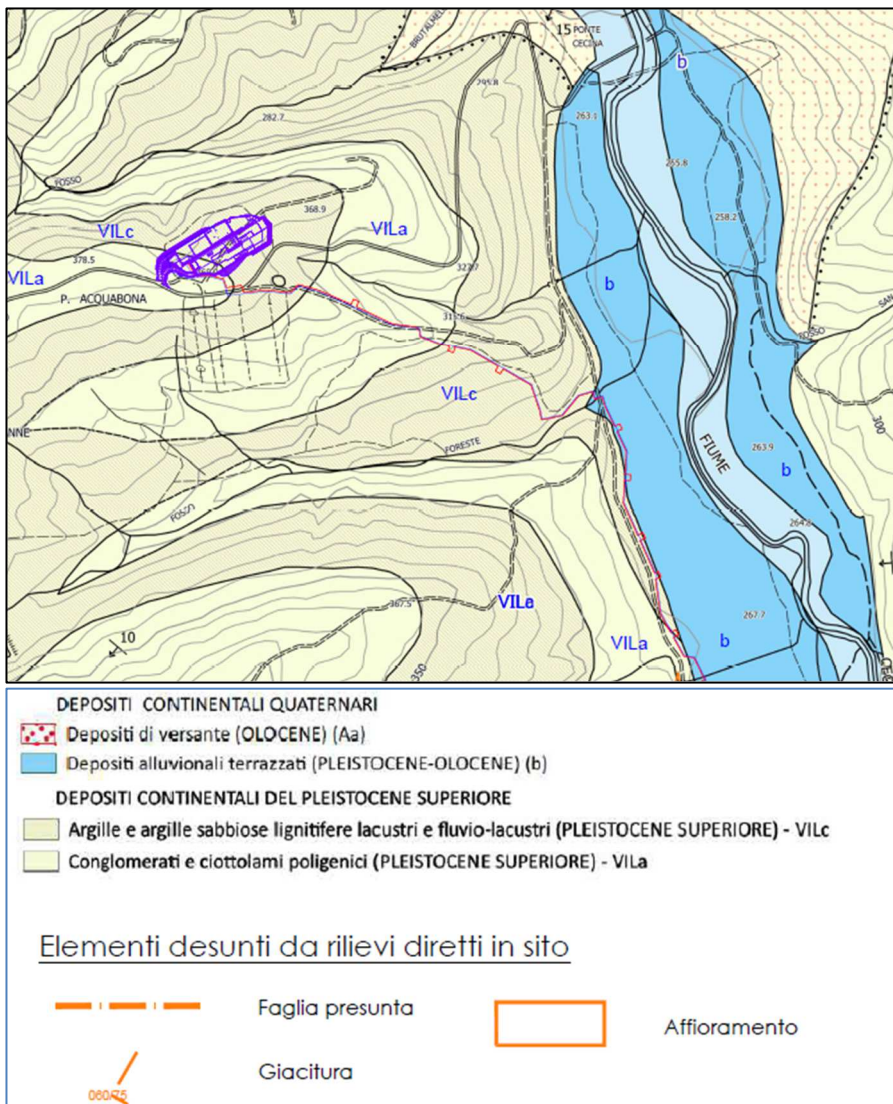


Figura 5-7 Stralcio Carta geologica di progetto, da R36014\_Rgeol.

## 5.6 Radicondoli 36 Condizioni strutturali

L'attuale configurazione tettonica della porzione di Appennino in cui si inserisce l'area in esame è caratterizzata dai fronti di accavallamento della Falda Toscana e dell'unità Cervarola di pertinenza del dominio toscano. La Falda Toscana è a sua volta ricoperta da formazioni sovrascorse della Falda Ligure. La fase compressiva responsabile dell'impilamento delle falde si è esaurita nel Miocene inferiore (Aquitano); successivamente l'orogene è stato interessato da una fase distensiva che ha originato una serie di faglie normali con andamento principale N-S e NO-SE, le quali hanno disarticolato l'edificio appenninico in *horst* e *graben*. L'andamento di tali elementi tettonici e la rappresentazione strutturale di questa porzione dell'appennino settentrionale è raffigurata in Figura 5-6.

## 6 CONSIDERAZIONI MINERALOGICHE E MINERARIE

### 6.1 Inquadramento generale

I siti in progetto sono ubicati nei Comuni di Montieri e Radicondoli, nell'areale delle Colline Metallifere, in Toscana Meridionale, noto distretto minerario italiano oramai completamente inattivo.

Tale distretto estrattivo, sfruttato fin dall'epoca etrusca, è stato progressivamente dismesso e ha quindi definitivamente concluso la sua attività nei primi anni '90 del secolo scorso. Sono state oggetto di sfruttamento numerose mineralizzazioni metallifere principalmente a rame, piombo, antimonio, mercurio, stagno, argento, zinco e ferro (Tanelli, 1983). A queste si deve aggiungere la coltivazione nel XX secolo delle mineralizzazioni a pirite per la produzione industriale di acido solforico; coltivazione che per alcuni decenni è risultata una delle più importanti del mondo (Rif. Bencini et alii, 1980; Lattanzi & Tanelli, 1981; Tanelli, 1983; Lattanzi e Tanelli, 1985; Duchi et alii, 1987).

In sintesi, le mineralizzazioni presenti nel distretto minerario delle Colline Metallifere sono riferibili a due tipologie; le quali si distinguono per giacitura e per paragenesi metallifera di ganga, ovvero le mineralizzazioni a pirite e le mineralizzazioni a solfuri misti.

#### Mineralizzazioni a pirite

Sono generalmente rinvenibili sia in lenti solfato-carbonatiche all'interno di formazioni filladiche Paleozoiche, sia nella formazione del Calcare Cavernoso; quest'ultima appartiene al gruppo delle formazioni carbonatiche – evaporitiche di età Triassica che risultano essere in contatto tettonico con le litologie Paleozoiche del basamento della Toscana meridionale (Belkin et alii, 1983; Marinelli, 1983; Innocenti et alii, 1984; Lattanzi & Tanelli, 1985). Tali mineralizzazioni si rinvencono in corpi lentiformi costituiti da pirite massiva con subordinati solfuri quali blenda, galena, calcopirite e pirrotina ed ossidi quale la magnetite. Nelle mineralizzazioni a pirite la ganga è formata da calcite e lo sterile, per lo più scarso, è rappresentato da relitti della formazione del Calcare Cavernoso come calcare o anidrite.

In questo tipo di mineralizzazioni fra i minerali più frequenti si possono annoverare: pirite ( $\text{FeS}_2$ ), pirrotina ( $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ ), galena ( $\text{PbS}$ ), calcopirite ( $\text{CuFeS}_2$ ), blenda ( $\text{ZnS}$ ), tetraedrite  $[\text{Cu}_{12}(\text{SbS}_3)_4\text{S}]$  per la quale si ricorda la larga miscibilità fra Sb e As, arsenopirite ( $\text{FeAsS}$ ), limonite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), cerussite ( $\text{PbCO}_3$ ), calcite ( $\text{CaCO}_3$ ), quarzo ( $\text{SiO}_2$ ), gesso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), clorite  $[(\text{Mg,Fe,Al})_{12}(\text{Si,Al})_8\text{O}_{20}(\text{OH})_{16}]$ , smithsonite ( $\text{ZnCO}_3$ ), solfosali ( $\text{AsS}_3$ ,  $\text{SbS}_3$  e simili), silicati di Skarn, ossidi di manganese, zincite ( $\text{ZnO}$ ), aurichalcite  $[(\text{Zn,Cu})_5(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_6]$ , linarite  $[\text{CuPbSO}_4(\text{OH})_2]$ , anglesite ( $\text{PbSO}_4$ ).

#### Mineralizzazioni a solfuri misti

Consistono in manifestazioni polimetalliche a Cu-Pb-Zn prevalenti, per lo più di tipo filoniano, correlate a faglie di direzione prevalentemente appenninica, che pongono a contatto formazioni del basamento Paleozoico con quelle riferibili alla Falda Toscana, alle Unità Liguri, ed al complesso Neogenico (Gregorio et alii, 1980; Guerrini, 1986; Unione di Comuni Montana Colline Metallifere; Inventario dei siti minerari della Regione Toscana "BD-RIMI").

In questo tipo di mineralizzazioni fra i minerali più frequenti si possono annoverare (in ordine casuale): galena ( $\text{PbS}$ ), calcopirite ( $\text{CuFeS}_2$ ), blenda ( $\text{ZnS}$ ), tetraedrite  $[\text{Cu}_{12}(\text{SbS}_3)_4\text{S}]$  per la quale si ricorda la larga miscibilità fra Sb e As, pirite ( $\text{FeS}_2$ ), arsenopirite ( $\text{FeAsS}$ ), limonite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), calamina  $[\text{Zn}_4(\text{OH})_2]$ , malachite  $[\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2]$ , azzurrite  $[\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2]$ , argentite ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ), covellina ( $\text{CuS}$ ), cerussite ( $\text{PbCO}_3$ ), calcite ( $\text{CaCO}_3$ ), quarzo ( $\text{SiO}_2$ ), fluorite ( $\text{CaF}_2$ ), chermesite ( $\text{Sb}_2\text{S}_2\text{O}$ ), ematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), aragonite ( $\text{CaCO}_3$ ), calcantite ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ); gesso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), clorite  $[(\text{Mg,Fe,Al})_{12}(\text{Si,Al})_8\text{O}_{20}(\text{OH})_{16}]$ , smithsonite ( $\text{ZnCO}_3$ ).



## 6.2 Mineralizzazioni nell'area di interesse

La consultazione delle schede dell'inventario dei siti minerari della Regione Toscana (BD\_RIMI)<sup>12</sup> ha permesso di constatare che nel bacino imbrifero sotteso dalle tre postazioni geotermiche in progetto, specialmente Montieri 7 e Radicondoli 35, sono presenti tre siti minerari di diversa epoca storica, tutti abbandonati ma comunque censiti all'interno del database regionale. In generale, sono quindi censite delle coltivazioni di mineralizzazioni sia tipo "Lagoni" collegate ai soffioni boraciferi (Travale MIN-193), sia a solfuri misti (Poggio Mutti-Gerfalco MIN\_138 e Montieri MIN\_117).

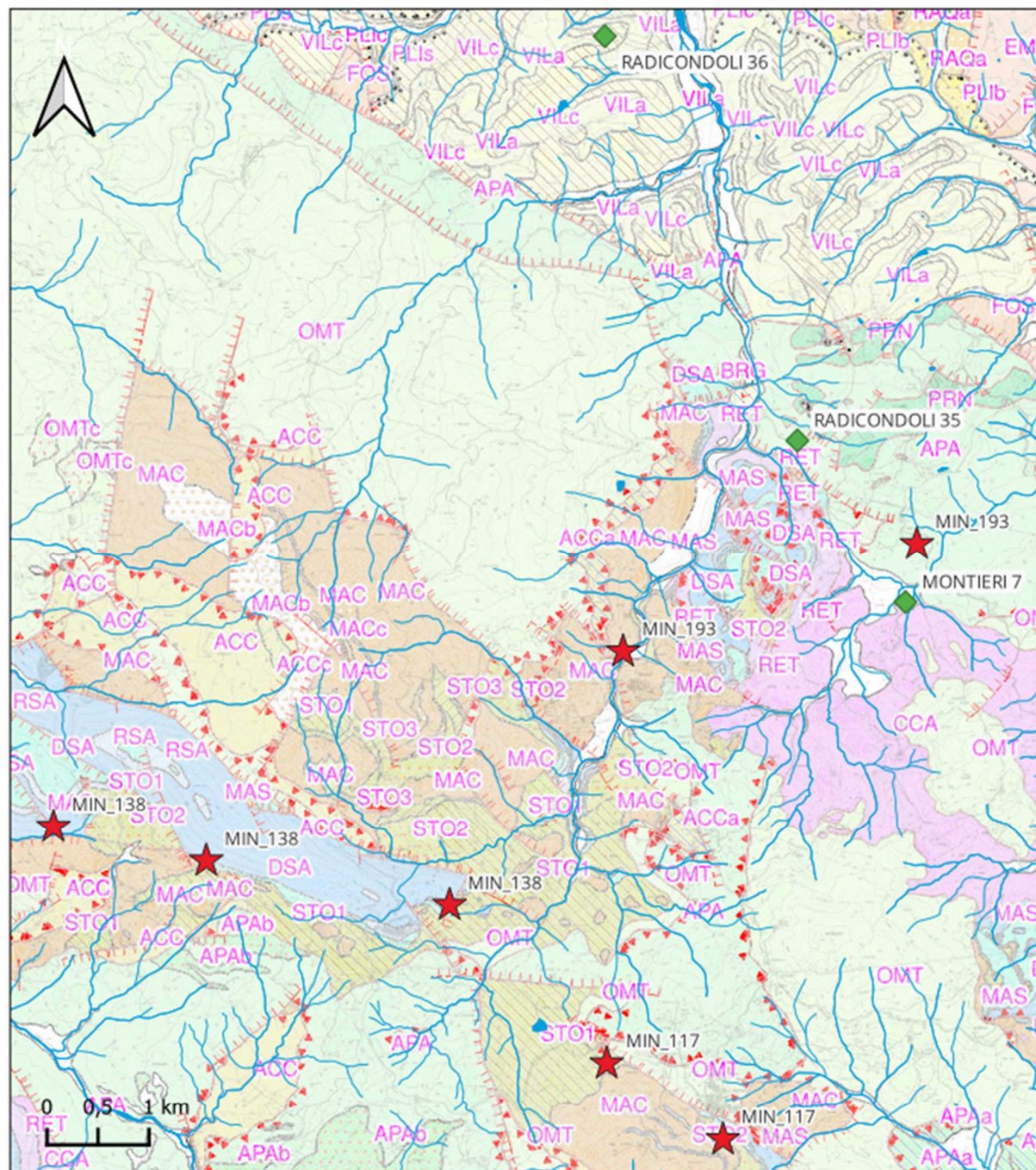
In particolare, le mineralizzazioni a solfuri misti furono coltivate prevalentemente per l'estrazione dell'Argento fino agli inizi del '900. Tali coltivazioni minerarie sono conosciute come "le miniere d'argento di Montieri", le quali sono già note in epoca medievale per l'eccezionale ricchezza del loro minerale; attive per tutto il medioevo, furono riaperte in età medicea per nuove prospezioni minerarie, senza risultato; quindi, vi lavorò l'Arduino nel XVIII secolo; infine furono fatte nuove ricerche dal Porte intorno alla metà del XIX secolo e dalla Montecatini agli inizi del secolo successivo. L'attività cessò del tutto nel 1903. All'interno di queste aree si ritrovano molte tracce di lavorazioni antiche: gallerie, pozzi, ammassi di scorie, raramente discariche e i resti di edifici per la lavorazione del minerale.

L'ubicazione di questi siti minerari, in relazione alla posizione delle postazioni geotermiche in progetto e all'assetto geologico ricavato dal DB geologico della Regione Toscana<sup>13</sup>, è riportata nella Figura 6-1.

Come si può osservare, i siti di interesse minerario censiti in prossimità delle postazioni geotermiche in progetto, sono ubicati sia in formazioni appartenenti al Dominio Toscano, sia lungo le zone di contatto tettonico tra le unità toscane (Formazione del Calcere Cavernoso, Formazione del Macigno e Formazione della Scaglia Toscana) e le unità liguri (Formazione delle Argille a Palombini, Diaspri e Flysch di ottone-Monteverdi).

<sup>12</sup> [Regione Toscana - Banca Dati Risorse Minerarie \(BD\\_RIMI\)](#)

<sup>13</sup> <https://www502.regione.toscana.it/geoscopio/geologia.html>



### DOMINIO LIGURE

- APA - Argille a Palombini
- DSA - Diaspri
- PRN - Peridotiti serpentizzate
- OMT - Flysch di Ottone-Monteverdi

### DOMINIO TOSCANO

- CCA - Calcare cavernoso
- MAC - Macigno
- STO - Scaglia Toscana

Figura 6-1 Ubicazione dei siti minerari censiti dalla Regione Toscana (stella rossa, BD\_RIMI) in relazione alle postazioni geotermiche in progetto (rombo verde) e l'assetto geologico dell'area in esame (estratto da DB geologico della Regione Toscana). Legenda coltivazioni minerarie: MIN\_193 Travale "tipo Lagoni, soffioni boraciferi"; MIN\_138 Poggio Mutti-Gerfalco "solfuri misti"; MIN\_117 Montieri "solfuri misti".

Di seguito si riportano le caratteristiche geologiche e giacimentologiche dei tre siti minerari indentificati estratte dalle schede dell'inventario dei siti minerari della Regione Toscana (BD\_RIMI):

- **Travale (MIN\_193)**

- Descrizione del giacimento: mineralizzazione in croste, in masse cristalline, in venuzze e stalattiti di miscugli di vari minerali in particolare gesso, solfati e borati. La mineralizzazione si ritrovava al bordo dei lagoni ed intorno al punto di emergenza dei soffioni "boraciferi".
- Descrizione Geologica: le mineralizzazioni si formano per evaporazione dalle acque dei lagoni, prodotte dalla condensazione dei vapori dei soffioni, e come prodotti dell'alterazione delle rocce affioranti. La presenza dei soffioni e lagoni "boraciferi" come pure delle cosiddette putizze e mofete presenti nella zona è legata ai fenomeni di magmatismo e idrotermalismo che hanno caratterizzato la fase finale dell'orogenesi appenninica.

- **Poggio Mutti-Gerfalco (MIN\_138)**

- Descrizione del giacimento: mineralizzazione principalmente di galena, blenda e pirite, con tetraedrite argentifera, in filoncelli e reticolati di venuzze tipo stockwork all'interno di fratture nel Calcare Massiccio ed al passaggio con il sovrastante Calcare Rosso Ammonitico. Presenti anche fluorite e mossottite (varietà dell'aragonite). La mineralizzazione è analoga a quella presente nella vicina Montieri.
- Descrizione Geologica: mineralizzazione epigenetica di tipo idrotermale, formata in seguito agli eventi di magmatismo, metamorfismo e tettonica distensiva tardo appenninici, che hanno interessato la Toscana Meridionale durante il Miocene-Pliocene.









- **Montieri (MIN\_117)**

- Descrizione del giacimento: mineralizzazione in prevalenza di galena, blenda, pirite, con tetraedrite argentifera, formata, probabilmente, da una serie irregolare di vene e filoncelli a matrice calcitica e quarzosa, con fluorite, incassata sia nel Calcare Massiccio e Calcare Rosso Ammonitico, sia al contatto tettonico con i flysch delle Liguridi.
- Descrizione Geologica: mineralizzazione epigenetica di tipo idrotermale, formata in seguito agli eventi di magmatismo, metamorfismo e tettonica distensiva tardo appenninici, che hanno interessato la Toscana Meridionale durante il Miocene-Pliocene.

Le schede descrittive delle località minerarie censite dall'inventario dei siti minerari della regione Toscana (BD\_RIMI) ed ubicate nei pressi delle postazioni geotermiche in progetto (Montieri 7, Radicondoli 35 e Radicondoli 36) sono riportate nelle Figura 6-2, Figura 6-3 e Figura 6-4.



**Codice Miniera: MIN\_193**
**TRAVALE**

Morfologia	Dati Economici
 in ammasso - <i>massive</i>	 giacimento piccolo non più in coltivazione <i>small deposit, abandoned</i>
Tessitura	Coltivazione
 disseminata - <i>disseminated</i>	Affioramento non sfruttato
Processo Genetico	Età minerogenesi
 idrotermale, alterazione ipogenica <i>hydrothermal, hypogenic alteration</i>  magmatico - <i>magmatic</i>	 Terziario - <i>Tertiary</i>
Elementi e Minerali	
 Hg  S	
Chimismo	Ganga
t - solfati s - silicati	- - - - carbonatica - <i>carbonatic</i> — silicatica - <i>silicatic</i> - - - - - solfatica - <i>sulphatic</i>

**Sezione CTR:** 307010

**Area Protetta:** no

**Attiva:** no

**Provincia:** GR

**Comune:** Montieri











**Mineralogia:** gesso, sassolino, epsomite, alunogeno, mascagnite, boussigaultite, mohrite, cinabro.

**Sostanze Estratte:** -

Figura 6-2 Scheda descrittiva della località MIN\_193 "Travale" caratterizzata da mineralizzazioni tipo "Lagoni" collegate ai soffioni boraciferi. Estratto da BD\_RIMI della Regione Toscana.



**Codice Miniera: MIN\_138**  
**POGGIO MUTTI – GERFALCO**

Morfologia	Dati Economici
 filoniana - <i>veins</i>	 giacimento piccolo non più in coltivazione <i>small deposit, abandoned</i>
Tessitura	Coltivazione
 concentrazione sparsa - <i>discontinuous</i> (vene - stockwork - brecciato - ecc.) (veins - stockwork - brecciated)	
Processo Genetico	Età minerogenesi
 idrotermale, alterazione ipogenica <i>hydrothermal, hypogenic alteration</i>	 Terziario - <i>Tertiary</i>
Elementi e Minerali	
 Pb  Zn  Ag  Cu  Fe	
Chimismo	Ganga
z - solfuri e combinazioni affini o - ossidi	----- carbonatica - <i>carbonatic</i>

**Sezione CTR:** 306040

**Area Protetta:** sì

**Attiva:** no

**Provincia:** GR













**Comune:** Montieri

**Mineralogia:** galena, blenda, tetraedrite, pirite, calcopirite, fluorite, calcite, aragonite, quarzo, malachite, azzurrite, limonite, smithsonite, calamina.

**Sostanze Estratte:** Ag (Argento)

Figura 6-3 Scheda descrittiva della località MIN\_138 "Poggio Mutti-Gerfalco": caratterizzata da Mineralizzazione a solfuri misti. Estratto da BD\_RIMI della Regione Toscana.

**Codice Miniera: MIN\_117**
**MONTIERI**

Morfologia	Dati Economici
 filoniana - <i>veins</i>  in ammasso - <i>massive</i>	 giacimento grande non più in coltivazione <i>large deposit, abandoned</i>
Tessitura	Coltivazione
 concentrazione sparsa - <i>discontinuous</i> <i>(vene-stockwork - brecciato - ecc.)</i> <i>(veins-stockwork- brecciated)</i>	
Processo Genetico	Età minerogenesi
 idrotermale, alterazione ipogenica <i>hydrothermal, hypogenic alteration</i>  metasomatico - <i>metasomatic</i>	 Terziario - <i>Tertiary</i>
Elementi e Minerali	
 Pb  Zn  Ag  Cu  F	
Chimismo	Ganga
<b>t</b> - solfati <b>s</b> - silicati	- - - - - carbonatica - <i>carbonatic</i>

**Sezione CTR:** 307050

**Area Protetta:** sì

**Attiva:** no

**Provincia:** GR

**Comune:** Montieri

**Mineralogia:** galena, blenda, tetraedrite, pirite, calcopirite, calcite, quarzo, fluorite, azzurrite, malachite, smithsonite, calamina, gesso, calcantite.

**Sostanze Estratte:** Ag (Argento)

Figura 6-4 Scheda descrittiva della località MIN\_117 "Montieri" caratterizzata da mineralizzazione a solfuri misti. Estratto da BD\_RIMI della Regione Toscana.

## 7 ASSETTO GEOCHIMICO

Come già indicato nei *Piani di Utilizzo Terre e Rocce da Scavo*, predisposti per le tre postazioni (Capitolo 2.1) è riconosciuta, nell'areale delle Colline Metallifere, la presenza diffusa di anomalie geochimiche nei suoli e nelle acque sotterranee di alcuni metalli (ARPAT, 2017), le quali possono essere ricondotte a cause di origine naturale.

Nei paragrafi successivi si riporta una caratterizzazione geochimica a diversa scala del territorio in cui sono situati i siti delle postazioni: l'area (vasta) del campo geotermico di Larderello, paragrafo 7.1; un areale ristretto comprendente tutte e tre le postazioni geotermiche in progetto, paragrafo 7.2, e infine gli areali ristretti specifici per ciascuna delle tre postazioni geotermiche in progetto, paragrafo 7.3.

La determinazione dell'assetto geochimico è stata possibile, per ogni caso studiato, tramite l'utilizzo della piattaforma web [Geobasi | Consorzio LaMMA \(rete.toscana.it\)](http://Geobasi | Consorzio LaMMA (rete.toscana.it)) messa a disposizione dalla Regione Toscana.

Geobasi è la piattaforma tramite la quale è consultabile il Database Geochimico Regionale (DGR), il quale raccoglie l'informazione di natura chimica (composizionale e isotopica) di differenti matrici geologiche, solide, liquide o gassose campionate nel territorio toscano. Tale piattaforma è stata sviluppata da un gruppo di lavoro costituito dalle tre università regionali (Firenze, Pisa e Siena), dal CNR di Pisa (Istituto di Geoscienze e Georisorse), dall'ARPAT, dal Consorzio LAMMA e del Sistema Informativo Territoriale e Ambientale della Regione Toscana. Gli obiettivi che hanno guidato la creazione di questa banca dati sono:

- comprendere la variabilità del fenomeno oggetto di studio nella sua caratterizzazione spaziale;
- individuare la posizione geografica di valori relativi alle classi di istogrammi di frequenza o riconosciuti come anomali nei diagrammi a scatola (box-plots);
- confrontare gli esiti di diverse metodologie analitiche sperimentali per uno stesso elemento e/o specie chimica;
- estrarre dati relativi ad un determinato periodo temporale e/o una determinata area;
- verificare l'impatto della presenza di informazione numerica con valore inferiore al limite di rilevabilità strumentale.

Nel presente studio, si è utilizzata la piattaforma Geobasi con l'interrogazione inerente gli esiti di analisi ICP-AES<sup>14</sup> relativi a singoli elementi chimici. Tali determinazioni sono state condotte dall'Università di Siena nel corso dell'anno 1985 su campioni costituiti da una matrice riferibile a sedimenti fluviali.

Di seguito si elencano le caratteristiche degli areali scelti:

- **Campo geotermico di Larderello** comprende i noti comuni geotermici dell'area, ovvero Castelnuovo Val di Cecina, Chiusdino, Montecatini Val di Cecina, Monterotondo Marittimo, Monteverdi Marittimo, Montieri, Pomarance, Radicondoli.
- **Area ristretta comune alle tre postazioni** comprende le aree limitrofe a tutte e tre le postazioni geotermiche in progetto con un'estensione complessiva di 64 km<sup>2</sup>.
- **Aree prossime alle singole postazioni geotermiche in progetto:**
  - Areale di Montieri 7 con un'estensione di 2,5 km<sup>2</sup>
  - Areale di Radicondoli 35 con un'estensione di 3,5 km<sup>2</sup>
  - Areale di Radicondoli 36 con un'estensione di 9 km<sup>2</sup>.

L'estensione, variabile, delle aree ristrette è stata fissata per poter disporre di una numerosità sufficientemente rappresentativa di determinazioni analitiche che si riferiscono alle sostanze prescelte.

<sup>14</sup> Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry

## 7.1 Assetto geochimico del campo geotermico di Larderello

L'assetto geochimico del campo geotermico di Larderello è ripreso dai Piani di Utilizzo Terre e Rocce da Scavo redatti per i siti in progetto (*M07020\_PUTRS*; *R35020\_PUTRS*; *R36020\_PUTRS*) e viene di seguito ripresentato per completezza espositiva.

Nell'area di Larderello sono note anomalie geochimiche nei suoli e nelle acque sotterranee di As, Cd, Hg, Ni, Pb, Cr, Sb e altri elementi metallici, dovute alla minerogenesi dei metalli rappresentate dalle manifestazioni geotermiche ed idrotermali e da caratteristiche geologiche peculiari.

I giacimenti sono localizzati nelle Unità appartenenti alla Falda Toscana e alle Unità Liguri diffusamente presenti nel distretto delle Colline Metallifere. Tali mineralizzazioni e giacimenti metallici sono in gran parte associati a manifestazioni idrotermali e per questo va considerata la possibilità di riscontrare anomalie di elementi in traccia mobilizzati da meccanismi idrotermali rintracciabili nelle acque, nei sedimenti e nei suoli (Figura 7-1; ARPAT, 2017). È ragionevole quindi desumere che la presenza di concentrazioni maggiori di tali elementi sia riferibile a cause di origine naturale.

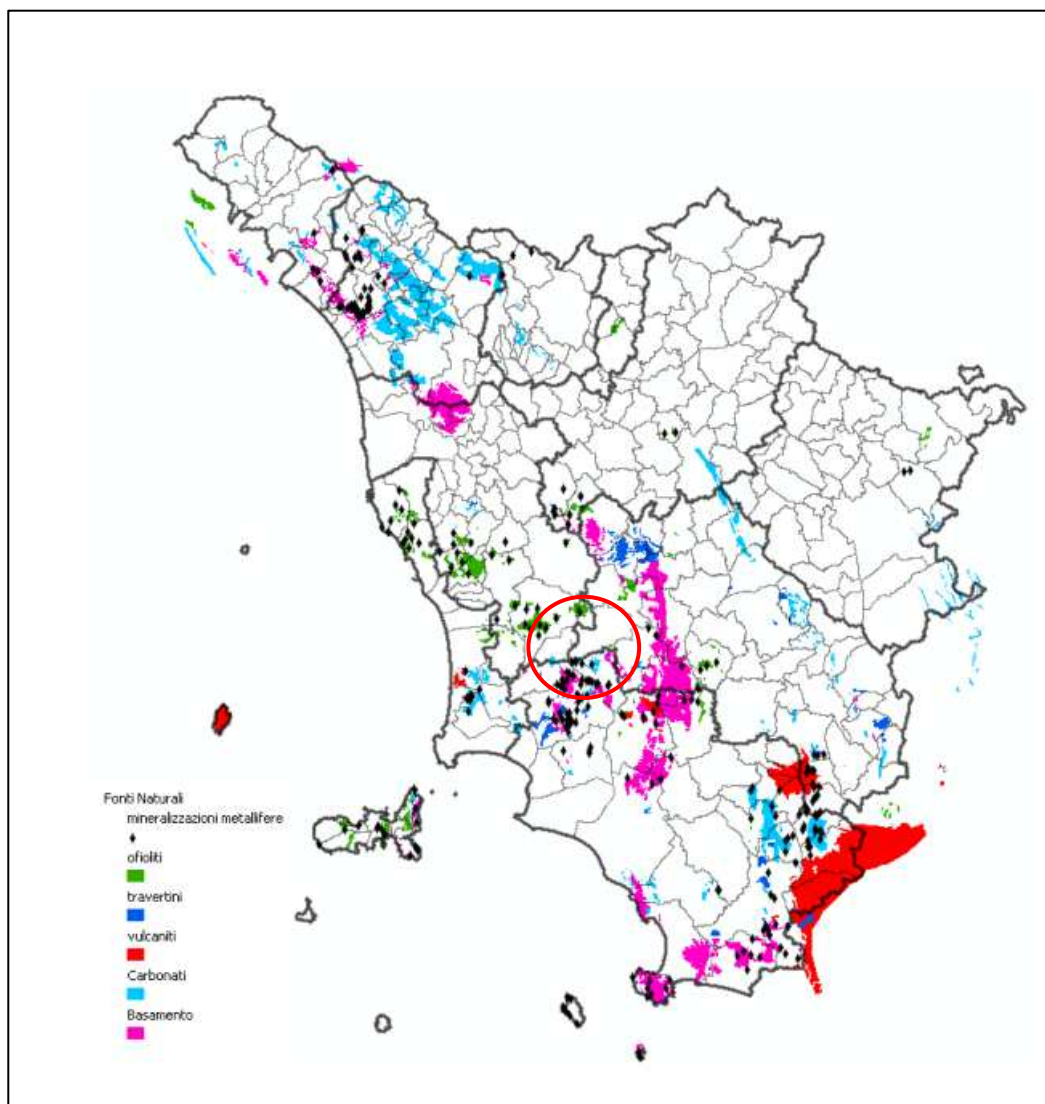


Figura 7-1 Fonti naturali delle mineralizzazioni metallifere note della regione Toscana. Il cerchio rosso indica la zona di Larderello. Estratto da ARPAT (2017).



Secondo lo studio sulla determinazione dei valori di fondo naturale in Toscana (ARPAT, 2017), le anomalie associate a giacimenti metalliferi derivanti da mineralizzazioni idrotermali e da interazione con fluidi geotermici riguardano i seguenti elementi: Zn, Pb, Cu, Sb, Hg, Cd, B (come acido borico) e As. Le condizioni geologiche cui si associano queste fonti naturali sono da ricercarsi al contatto tra Calcare Cavernoso e rocce flyschoidi, nonché nelle aree di affioramento del basamento e delle vulcaniti.

Un'ulteriore fonte naturale di anomalie di elementi metallici nella zona di Larderello (Cr, Ni, V, Zn, Pb, Cu, Co, Cd, Mn, Ti, Ag e As) è da ricercarsi nella presenza di estese aree di affioramento di rocce ofiolitiche all'interno del bacino idrografico del Fiume Cecina, ovvero all'interno dei comuni geotermici di Montecatini Val di Cecina, Pomarance, Monteverdi Marittimo, Castelnuovo Val di Cecina e Radicondoli. Tali mineralizzazioni si trovano in associazione a rocce basiche e ultrabasiche che affiorano in lembi e frammenti inclusi nelle formazioni sedimentarie del Dominio Ligure. Queste aree sono caratterizzate essenzialmente da anomalie di concentrazione di Cr e Ni date dalla particolare presenza dello spinello cromifero attribuibile alle rocce ultrafemiche dei massicci ofiolitici affioranti nel bacino del Fiume Cecina. Lo studio geochimico dei sedimenti alla foce del Cecina ha permesso di definire range di concentrazione pari a 532-762 mg/Kg per il Nichel e 395-794 mg/Kg per il Cr (ARPAT-ICRAM, 2006).

Nella tabella successiva (Tabella 7-1) si riporta la determinazione delle concentrazioni chimiche per gli elementi Cd, Hg, Ni, Pb, As e Cr estrapolate dallo studio ARPAT (2017) e riferite ai sedimenti trasportati dal Fiume Cecina, dal Fiume Pecora e dal Fiume Bruna; i cui bacini idrografici comprendono vaste aree del campo geotermico di Larderello.

Elemento [mg/Kg]	Confronto Toscana – Colline Metallifere	Stazione misura - Bacino idrografico		
		CS Fiume Cecina	CR Fiume Pecora	FB Fiume Bruna
Cd	Suoli Toscana	0,1-2		
	Sedimenti alla foce	0,6		
Hg	Suoli Toscana	0,1-1		
	Sedimenti alla foce	0,5	1,4	
Ni	Sedimenti fluviali toscani	21-138		
	Sedimenti alla foce	145	79	
Pb	Suoli Toscana	1-53	>138 per la Toscana meridionale	
	Sedimenti alla foce	--	38	--
As	Suoli Toscana	2-20		
	Sedimenti alla foce	34		
Cr	Sedimenti fluviali Toscana sud	46-90		
	Sedimenti alla foce	189	91	

Tabella 7-1 Concentrazioni chimiche caratteristiche di alcuni metalli all'interno dei sedimenti dei corsi d'acqua presenti all'interno dei bacini idrografici del Fiume Cecina, Fiume Pecora e Fiume Bruna. Dati estratti da ARPAT (2017).

Sempre nello studio di ARPAT 2017 viene concluso quanto segue:

*“Le anomalie del **Cd** appaiono moderatamente correlabili e compatibili con un’origine naturale nei corpi idrici meridionali, i cui bacini hanno la maggiore concentrazione di giacimenti metalliferi.*

*[...]*

*La distribuzione dei contenuti di **Hg** è compatibile con un’origine naturale localizzata soprattutto nel settore meridionale ... La stessa attività mineraria, tuttavia, attraverso la produzione e rimaneggiamento*

dei conseguenti rifiuti minerari, sembra responsabile anche di un ulteriore anomalo arricchimento in questo metallo.

[...]

La distribuzione dei contenuti di **Ni** è compatibile con un'origine naturale originata dai litotipi ofiolitici, diffusi nella toscana marittima. Concentrazioni particolarmente elevate, infatti, sono in accordo con la distribuzione dei litotipi ofiolitici e sono state osservate lungo la costa di Cecina.

[...]

Nei suoli della Toscana meridionale sono segnalati valori molto elevati (>138 mg/kg) ed arricchimenti in **Pb** connesso probabilmente all'ambiente di sedimentazione, riguardano anche le rocce carbonatiche della Toscana meridionale.

[...]

Le sorgenti naturali di **As** sono rappresentate dalle attività vulcaniche e idrotermali, le emissioni antropiche riguardano la fusione di metalli, la combustione di carbone e in generale di carburanti, l'uso di pesticidi, gli effluenti di centrali geotermiche.

[...]

I casi di anomalia geochimica del **Cr** sono associati alle rocce ofiolitiche e appare dunque compatibile con un'origine naturale dovuta ai diffusi affioramenti ofiolitici".

Inoltre, come indicato da ARPAT 2017 nella caratterizzazione delle potenziali fonti naturali di arricchimento in metalli dei suoli della Toscana, si indica che le Colline Metallifere grossetane sono sede di importanti giacimenti a solfuri polimetallici e che lungo queste mineralizzazioni secondarie, generalmente associate a corpi minerari a pirite, si hanno arricchimenti in Antimonio (Sb). Dal punto di vista geologico, tali mineralizzazioni filoniane si sono impostate lungo le principali strutture tettoniche appenniniche che mettono a contatto la Serie Toscana o le Unità Liguri con formazioni del Paleozoico. L'utilizzo della piattaforma [Geobasi | Consorzio LaMMA \(rete.toscana.it\)](http://Geobasi | Consorzio LaMMA (rete.toscana.it)) messa a disposizione dalla Regione Toscana ha permesso di comprendere la variabilità di concentrazione di ogni singolo elemento all'interno del campo geotermico di Larderello. Il confronto tra i risultati ottenuti e le concentrazioni soglia riportate nelle colonne A e B della Tabella 1 dell'Allegato 5 Titolo V, Parte IV del D. Lgs 152/2006 e ss.mm.ii. ha permesso di osservare la presenza di anomalie geochimiche per gli elementi As, B, Cd, Co, Hg, V e Sb. I valori medi confrontati con i valori soglia sono riportati nella Tabella 7-2.

Concentrazioni medie nei sedimenti fluviali nell'areale di Larderello (fonte: GeoBasi – Lamma)					
Elemento	Valore medio [mg/Kg]	Concentrazione soglia – Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs 152/2006			
		CSC Colonna A [mg/Kg]	% dati oltre la soglia Colonna A	CSC Colonna B [mg/Kg]	% dati oltre la soglia Colonna B
As	95.25	20	92 (606 dati)	50	80 (524 dati)
B*	78.15	1	100 (3686 dati)		
Cd	1.7	2	36 (28 dati)	15	-
Co	21.1	20	56 (2056 dati)	250	-
Cu	45.3	120	2 (56 dati)	600	0.2 (8 dati)
Hg	0.9	1	43 (197 dati)	5	12 (53 dati)
Ni	60	120	24 (887 dati)	500	9 (330 dati)
Pb	27.3	100	0.05 (162 dati)	1000	0.002 (7 dati)
V	95.1	90	58 (2134 dati)	250	≈ 0 (1 dato)

Concentrazioni medie nei sedimenti fluviali nell'areale di Larderello (fonte: GeoBasi – Lamma)					
Elemento	Valore medio [mg/Kg]	Concentrazione soglia – Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs 152/2006			
		CSC Colonna A [mg/Kg]	% dati oltre la soglia Colonna A	CSC Colonna B [mg/Kg]	% dati oltre la soglia Colonna B
Zn	92.5	150	8 (278 dati)	1500	0.3 (11 dati)
Sb	27.9	10	87 (755 dati)	30	47 (408 dati)
Cr**	1.5	150	-	800	-

Tabella 7-2 Concentrazioni medie nei terreni dell'areale di Larderello secondo DB Geobasi. \* Concentrazioni soglia del Boro derivano dalla Tabella 2 Allegato 5 Titolo V, Parte IV D.Lgs 152/2006 concentrazione soglia di contaminazione nelle acque sotterranee (valori da 1 ug/L = 0.001 ppm o mg/Kg. \*\* Concentrazioni Cromo (Cr) derivano da campioni con matrice acqua (sorgente, pozzo e provenienza non specificata).

## 7.2 Assetto geochimico ristretto dell'area comune alle tre postazioni.

Sulla base delle non conformità ai valori soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo di cui alla tab. 1, Allegato 5 Titolo V Parte IV del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii., evidenziate nelle prove eseguite nei tre siti in progetto (paragrafo 3. **RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE E CONFRONTO CON I LIMITI NORMATIVI**), l'analisi della variabilità geochimica all'interno dell'areale comprendente le ubicazioni delle tre postazioni geotermiche in progetto (Figura 7-2) con utilizzo della piattaforma Geobasi, è stata effettuata per gli elementi As, Co, Cu, Ni, Zn, Sb e Cr. È esclusa da tale determinazione il composto C>12 che non è censito all'interno del database utilizzato. I valori medi confrontati con i valori soglia sono riportati nella Tabella 7-3; mentre la distribuzione areale delle concentrazioni degli elementi considerati è raffigurata in Figura 7-3.

Concentrazioni medie nei sedimenti fluviali nell'areale delle tre postazioni geotermiche in progetto (fonte: GeoBasi – Lamma)					
Elemento	Valore medio [mg/Kg]	Concentrazione soglia – Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs 152/2006			
		Soglia A	% dati oltre la soglia A	Soglia B	% dati oltre la soglia B
		[mg/Kg]		[mg/Kg]	
As	102,5	20	100 (48 dati)	50	83 (40 dati)
Co	20,1	20	43 (134 dati)	250	-
Cu	42,9	120	0,01 (3 dati)	600	-
Ni	82,1	120	1 (28 dati)	500	0,2 (7 dati)
Sb	26,0	10	75 (55 dati)	30	33 (27 dati)
Zn	94,5	150	0,2 (8 dati)	1500	-
Cr*	2,9	150	-	800	-

Tabella 7-3 Concentrazioni medie nei terreni all'interno dell'areale comprendente le ubicazioni delle tre postazioni geotermiche in progetto secondo DB Geobasi. \* Le Concentrazioni Cromo (Cr) derivano da campioni con matrice acqua (sorgente, pozzo e provenienza non specificata).

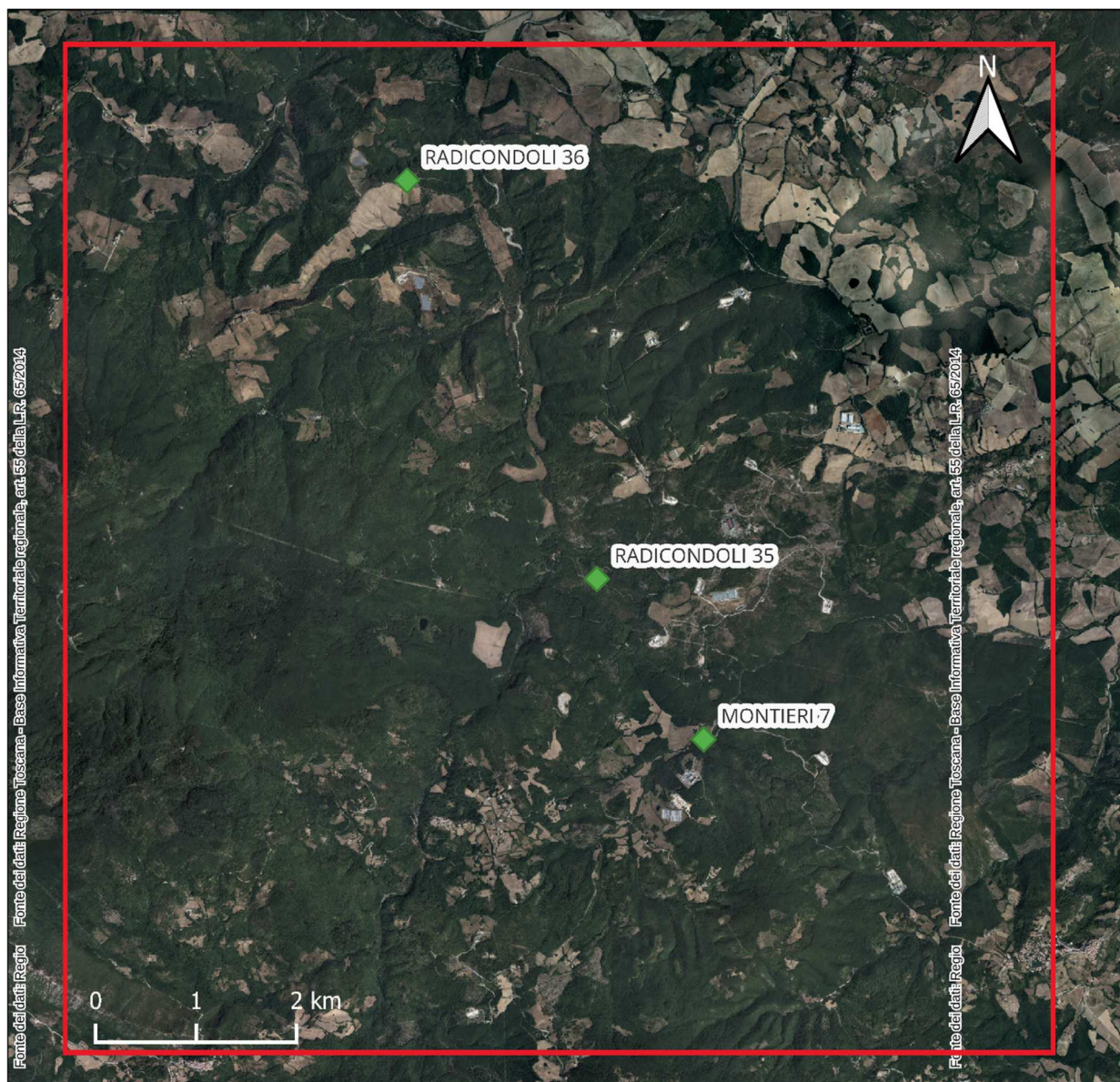


Figura 7-2 In rosso è indicata l'area di 64 km<sup>2</sup> comprendente le n. 3 postazioni geotermiche in progetto che è stata utilizzata per determinare le concentrazioni medie degli elementi considerati.



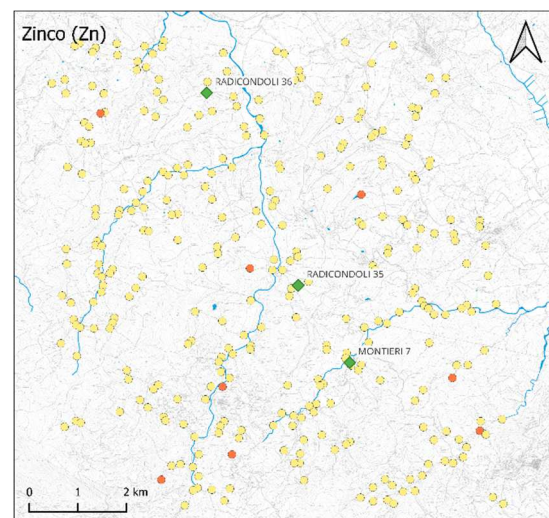
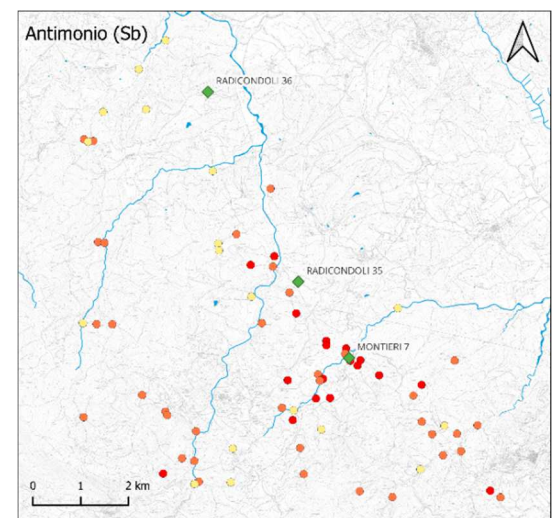
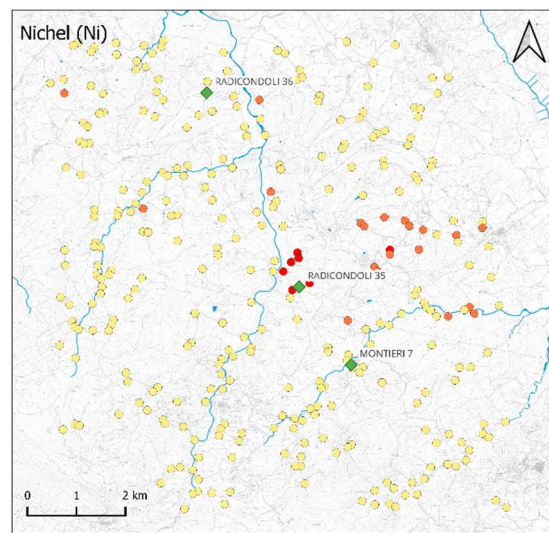
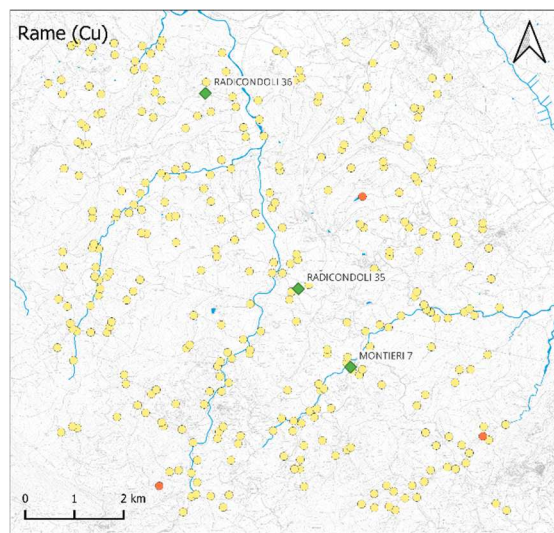
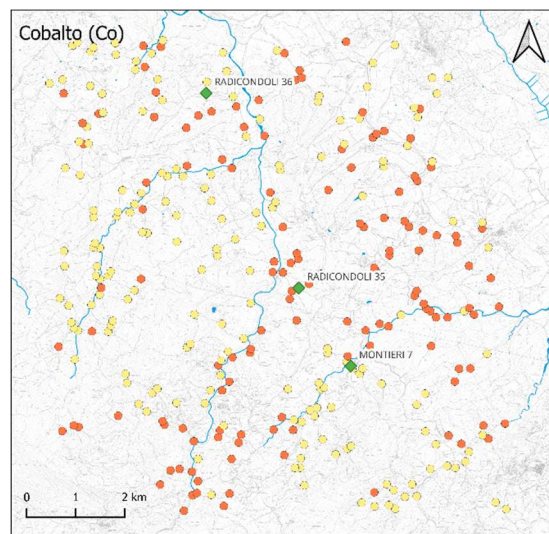
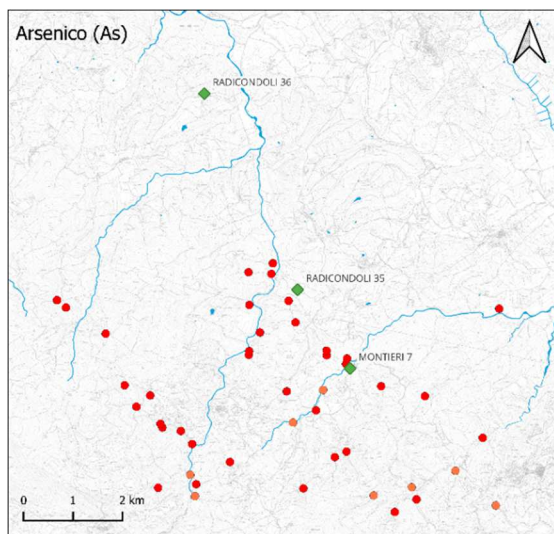


Figura 7-3 Misure disponibili di concentrazione elementare relativa a As, Co, Cu, Ni, Sb e Zn nell'area prescelta attorno ai siti di Montieri 7, Radicondoli 35 e Radicondoli 36. I campioni sono stati prelevati dai sedimenti fluviali ed il metodo di analisi è ICP/AES. In rosso i campioni che superano le CSC di colonna B, in arancione quelli che superano le CSC di colonna A, in giallo quelli che rispettano le CSC di colonna A. Dati estrapolati da Geobasi.

Per quanto riguarda i valori medi estrapolati dal DB Geobasi si osserva che l'areale considerato è caratterizzato da anomalie geochimiche per gli elementi As, Co e Sb; che tali concentrazioni risultano essere quasi sempre superiori alle CSC riportate nelle colonne A e B della Tabella 1 dell'Allegato 5 Titolo V, Parte IV del D. Lgs 152/2006 e ss.mm.ii. Considerando la loro distribuzione spaziale (Figura 7-3), si osserva che:

- la quasi totalità delle concentrazioni di Arsenico (83% dei dati) risulta essere superiore alla CSC di colonna B (Tabella 1 dell'Allegato 5 Titolo V, Parte IV del D. Lgs 152/2006 e ss.mm.ii.)
- I suoli limitrofi alle postazioni geotermiche in progetto presentano concentrazioni di Cobalto superiori alla CSC di colonna A (Tabella 1 dell'Allegato 5 Titolo V, Parte IV del D. Lgs 152/2006 e ss.mm.ii.). Tale situazione è maggiormente rappresentata nell'intorno della postazione in progetto di Radicondoli 35.
- I suoli costituenti l'areale comprendente Radicondoli 35 sono inoltre caratterizzati da significative anomalie di concentrazione di Nichel, superiori in taluni casi alle CSC di colonna B (Tabella 1 dell'Allegato 5 Titolo V, Parte IV del D. Lgs 152/2006 e ss.mm.ii.).
- l'andamento delle concentrazioni dell'Antimonio mostra un generale aumento nei suoli da NO a SE; indicando quindi concentrazioni superiori alle CSC di colonna A e B (Tabella 1 dell'Allegato 5 Titolo V, Parte IV del D. Lgs 152/2006 e ss.mm.ii) nei suoli corrispondenti alle postazioni di Radicondoli 35 e Montieri 7.

### 7.3 Assetto geochimico locale delle aree di progetto

#### 7.3.1 Montieri 7

Come riferito al Capitolo 3, in generale il terreno campionato nel sito di Montieri 7, al netto dell'incertezza analitica, non è conforme ai valori soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo di cui alla Colonna B e A di tab. 1, Allegato 5 Titolo V Parte IV del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii., per le specie chimiche Antimonio (Sb) e Arsenico (As). Inoltre, si riscontrano valori non conformi alla soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo di cui alla Colonna A di tab. 1 Allegato 5 Titolo V, Parte IV del D.L. 152/06 e ss.mm.ii. per le specie chimiche cobalto (Co; 1 dato) e idrocarburi pesanti (C>12; 4 dati).

L'utilizzo della piattaforma Geobasi | Consorzio LaMMA (rete.toscana.it) messa a disposizione dalla Regione Toscana ha permesso di comprendere la variabilità di concentrazione di ogni singolo elemento all'interno di un'areale scelto (Figura 7-4). Si sottolinea il fatto che non è stato possibile eseguire tale procedura per il composto C>12 in quanto non censito all'interno del database utilizzato.

I valori medi di concentrazione ottenuti nell'areale locale, confrontati con i valori soglia, con i valori medi dell'areale di Larderello e dell'areale comune alle postazioni sono riportati nella Tabella 7-4. In Figura 7-5 viene mostrata la distribuzione areale delle concentrazioni degli elementi considerati rispetto all'ubicazione del sito in progetto.

Elemento	Larderello	Areale Comune	Montieri 7				
			Areale M07	Concentrazione soglia – Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs 152/2006			
				Soglia A [mg/Kg]	% dati oltre la soglia A	Soglia B [mg/Kg]	% dati oltre la soglia B
As	95,3	102,5	100,3	20	100 (5dati)	50	100 (5 dati)
Co	21,1	20,1	14,9	20	23 (3 dati)	250	-
Sb	27,9	26,0	48,8	10	100 (11 dati)	30	73 (8 dati)

Tabella 7-4 Concentrazioni medie nei terreni dell'areale della postazione geotermica Montieri 7 in progetto secondo DB Geobasi.



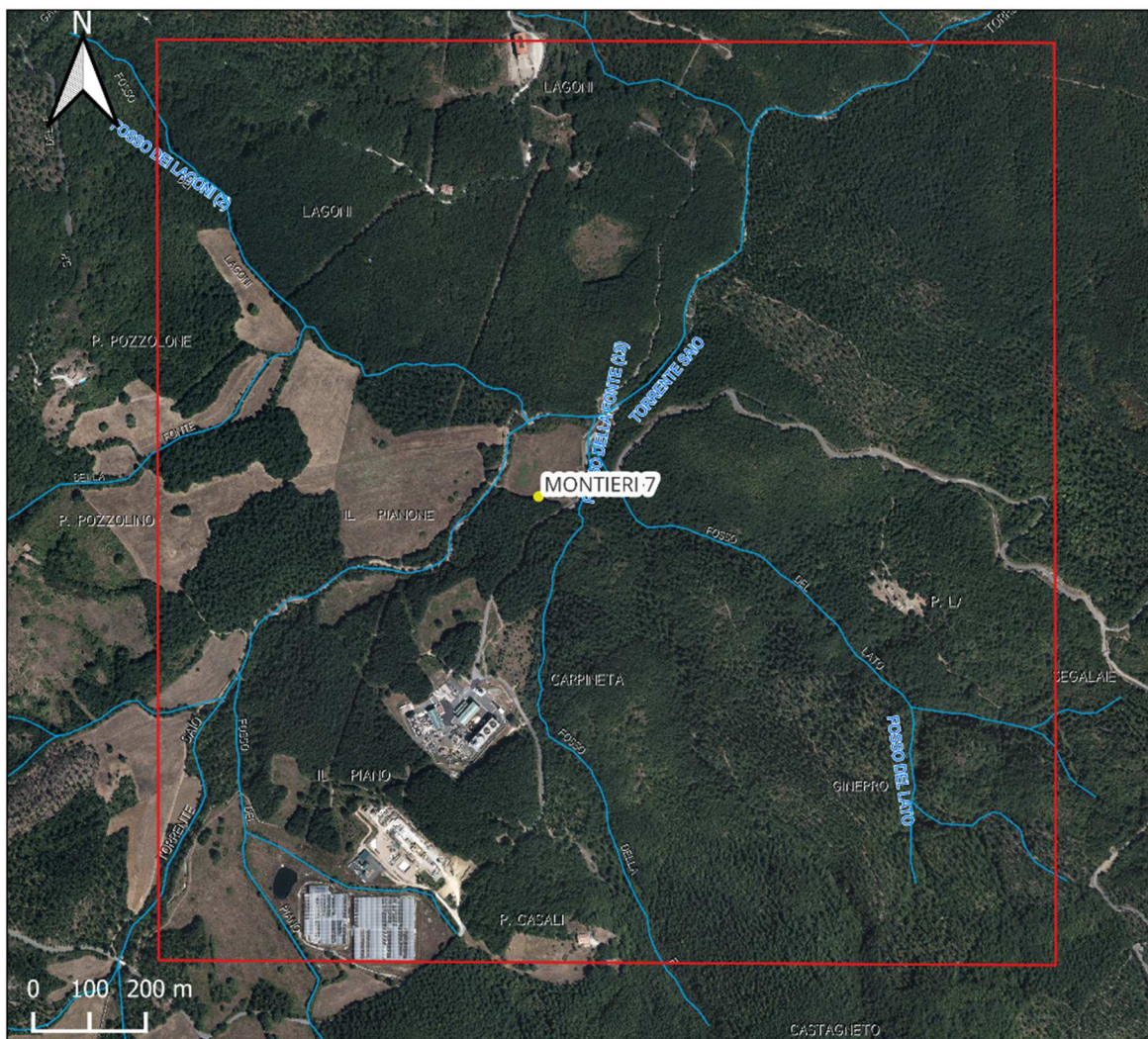


Figura 7-4 In rosso è indicato l'areale di 2,5 km<sup>2</sup> scelto al fine di determinare i valori medi di concentrazione elementare nel suolo/sottosuolo del sito di progetto Montieri 7 secondo il DB Geobasi.

L'analisi della concentrazione elementare media e della sua distribuzione spaziale nei terreni limitrofi al sito di progetto conferma che quanto riscontrato dalle indagini ambientali di sito (si veda Capitolo 3.4) è compatibile con la presenza di anomalie geochimiche per gli elementi considerati. Infatti, i valori medi estrapolati dal DB Geobasi risultano essere sempre superiori alle concentrazioni soglia riportate nelle colonne A e B della Tabella 1 dell'Allegato 5 Titolo V, Parte IV del D. Lgs 152/2006 e ss.mm.ii.

In particolare, si osserva che da un lato per l'Arsenico e il Cobalto esiste una buona corrispondenza tra le scale di analisi scelte (campo geotermico di Larderello, areale comune alle tre postazioni e sito di Montieri 7), mentre la concentrazione di Antimonio presenta un aumento nei suoli limitrofi al sito di progetto Montieri 7.

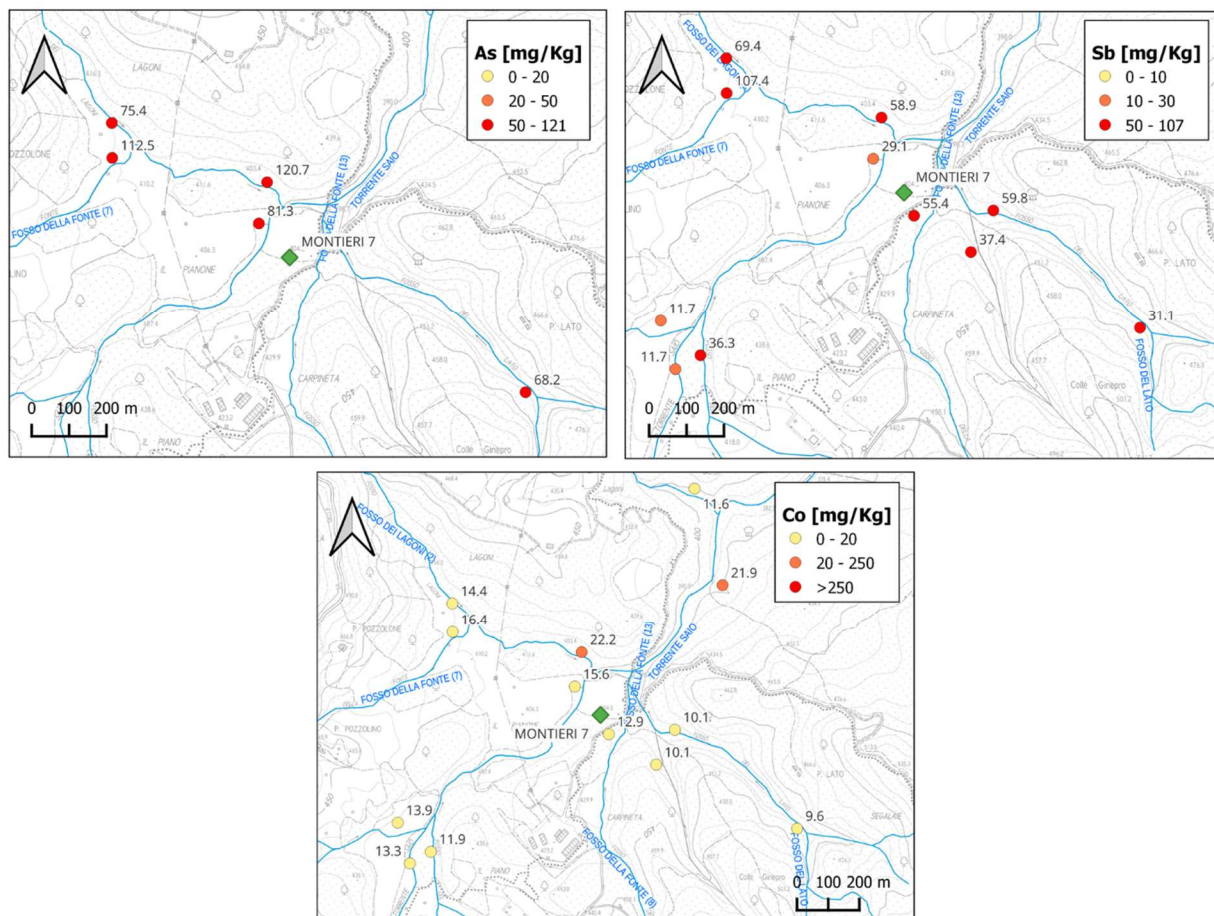


Figura 7-5 Misure disponibili di concentrazione relativa a Sb, As e Co nell'area ristretta prescelta attorno al sito di Montieri 7. I campioni sono stati prelevati dai sedimenti fluviali ed il metodo di analisi è ICP/AES. In rosso i campioni che superano le Concentrazioni Soglia di Colonna B, in arancione quelli che superano Colonna A, in giallo quelli che rispettano le concentrazioni di Colonna A. Dati estratti da DB Geobasi.

### 7.3.1.1 Interpretazione dei dati geochimici di letteratura inerenti i metalli e i metalloidi

Si è osservato che i valori di concentrazione dei metalli Sb, As, Co ottenuti dalle indagini ambientali di sito trovano rispondenza con le anomalie degli elementi chimici considerati e osservati a diverse scale, ovvero negli areali vasti (Larderello ed areale comune alle tre postazioni) e nell'areale ristretto che include il sito di Montieri 7. Di seguito si riportano alcune considerazioni conclusive riferite alle medie:

- con riferimento ai dati medi negli areali di Larderello e comune alle tre postazioni si osserva che la concentrazione di Antimonio (Sb) nell'areale del sito di Montieri 7 è più elevata.
- possibili processi di arricchimento sito-specifici di queste specie chimiche possono essere ricercati in fattori geologici, litologici e idrogeologici. Secondo lo studio di ARPAT (2017), le anomalie associate a giacimenti metalliferi derivanti da mineralizzazioni idrotermali e da interazione con fluidi geotermici riguardano i seguenti elementi: Zn, Pb, Cu, Sb, Hg, Cd, B (come acido bórico) e As e sono da ricercarsi al contatto tra Calcare Cavernoso e flysch.
- Tutte le specie chimiche analizzate possono essere soggette ad arricchimento all'interno di suoli e terreni di natura alluvionale/gravitativa caratterizzati sia da componente argillosa, sia da circolazione d'acqua superficiale con dissoluzione e riprecipitazione di composti contenenti tali elementi chimici. Come si osserva dalla Figura 7-6, queste condizioni predisponenti ad un arricchimento delle specie chimiche considerate sono tutte presenti nell'area in esame.



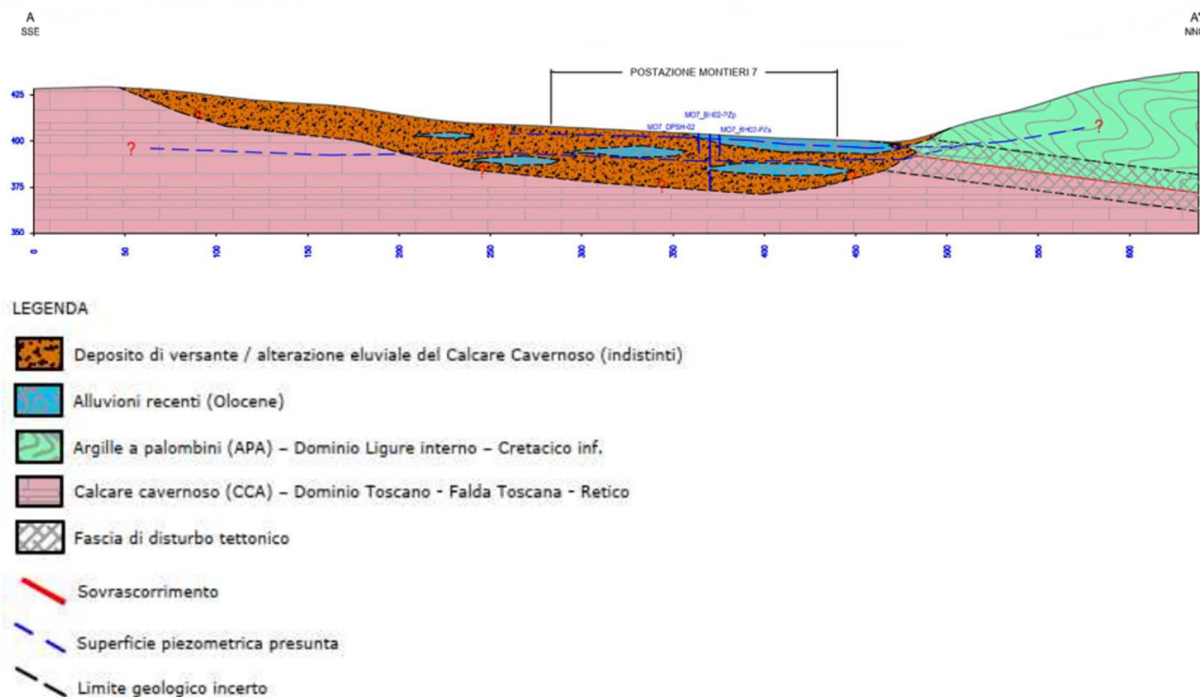


Figura 7-6 Profilo geologico di dettaglio dell'area in esame. Estratto dalla relazione geologica allegata al Progetto Definitivo della postazione geotermica "Montieri 7" (M07014\_Rgeol).

### 7.3.1.2 Interpretazione dei dati geochimici di letteratura inerenti al parametro C>12

L'anomalia geochimica osservata del parametro C>12 può essere ricercata in accumuli di residui di materiale organico inglobati nei terreni alluvionali e/o colluviali. Tale ipotesi sembra trovare conferma da quanto si osserva nel materiale estratto dai sondaggi ambientali effettuati nel sito di progetto (Figura 3-6), nei quali si osserva la presenza di screziature nerastre riconducibili a residui di materiale organico. Si osserva inoltre che la presenza di tali residui di materiale organico risulta essere alquanto disomogenea, come si può osservare sia a livello macroscopico con la presenza discontinua di plaghe, sia a livello microscopico con notevole variabilità del valore di concentrazione misurata (valore minimo 10,0 mg/Kg e valore massimo 196,0 mg/Kg). Tale caratteristica viene confermata anche sulla replica dell'analisi condotta sul campione replica M07\_AMB\_03\_C3, la quale ha fornito un valore di concentrazione pari a 46,9 mg/Kg a fronte di un valore di 196,0 mg/Kg ottenuto nel campione base.

Il fatto di ricondurre le anomalie riscontrate per il parametro C<12 a cause naturali trova riscontro anche in diversa documentazione specialistica; come, ad esempio, il rapporto del Prof. Bacci (2015) dove si effettua un'analisi approfondita sul tema "Idrocarburi pesanti nel suolo/sottosuolo". In tale studio, infatti, si afferma che "I campioni dei boschi toscani sono ricchi di Idrocarburi che derivano, come possiamo ora affermare, senza tema di smentita, da cere vegetali. Il fatto che le cere vegetali contengono regolarmente degli idrocarburi è cosa accertata da oltre 50 anni: Eglinton G., R.J, Hamilton, R.A: Raphael, A.G. Gonzalez (1962) Hydrocarbon Constituents of the Wax Coatings of Plant Leaves: A Taxonomic Survey. Nature 193: 739-742. Il lavoro, non a caso appare sulla prestigiosa rivista Nature. Vi si legge che la "odd-carbon -preference" negli n-Alcani a lunga catena (C25-C33) è il prodotto della disgregazione delle cere vegetali. Queste cere epicutcolari presentano elevate concentrazioni di n-Alcani con numero di atomi di Carbonio dispari, al punto che, nelle foglie delle piante, nel caso delle specie arboree o arbustive, o le intere piante se erbacee, si arriva a tenori in Idrocarburi dell'ordine dello 0,1 % ... ripresa da Dove e Mayes (2005; opera citata)".

Dalle indagini ambientali si evince che il tenore in idrocarburi pesanti ( $C>12$ ) nel sito di Montieri 7 risulta essere sempre superiore a quanto riscontrato a Radicondoli 36 e 35 e, quindi, va considerato come caratteristico del sito. Tuttavia, si esclude la possibilità di cause antropiche poiché l'anomalia rispetto alla CSC di Colonna A (D. Lgs 152/2006 e ss.mm.ii.) è rilevata solo in un'area lontana dalla viabilità ordinaria e presenta un'entità, in valore assoluto, che non può essere associata ad eventi riferibili ad attività antropica, quali perdite concentrate di combustibile da parte di mezzi operatori.

Infine, il fatto che il valore maggiore di concentrazione (196 mg/Kg) sia riscontrato ad una profondità di 2-3m da p.c. rafforza l'ipotesi che queste anomalie geochimiche del suolo di Montieri 7 siano da riferirsi a cause naturali.



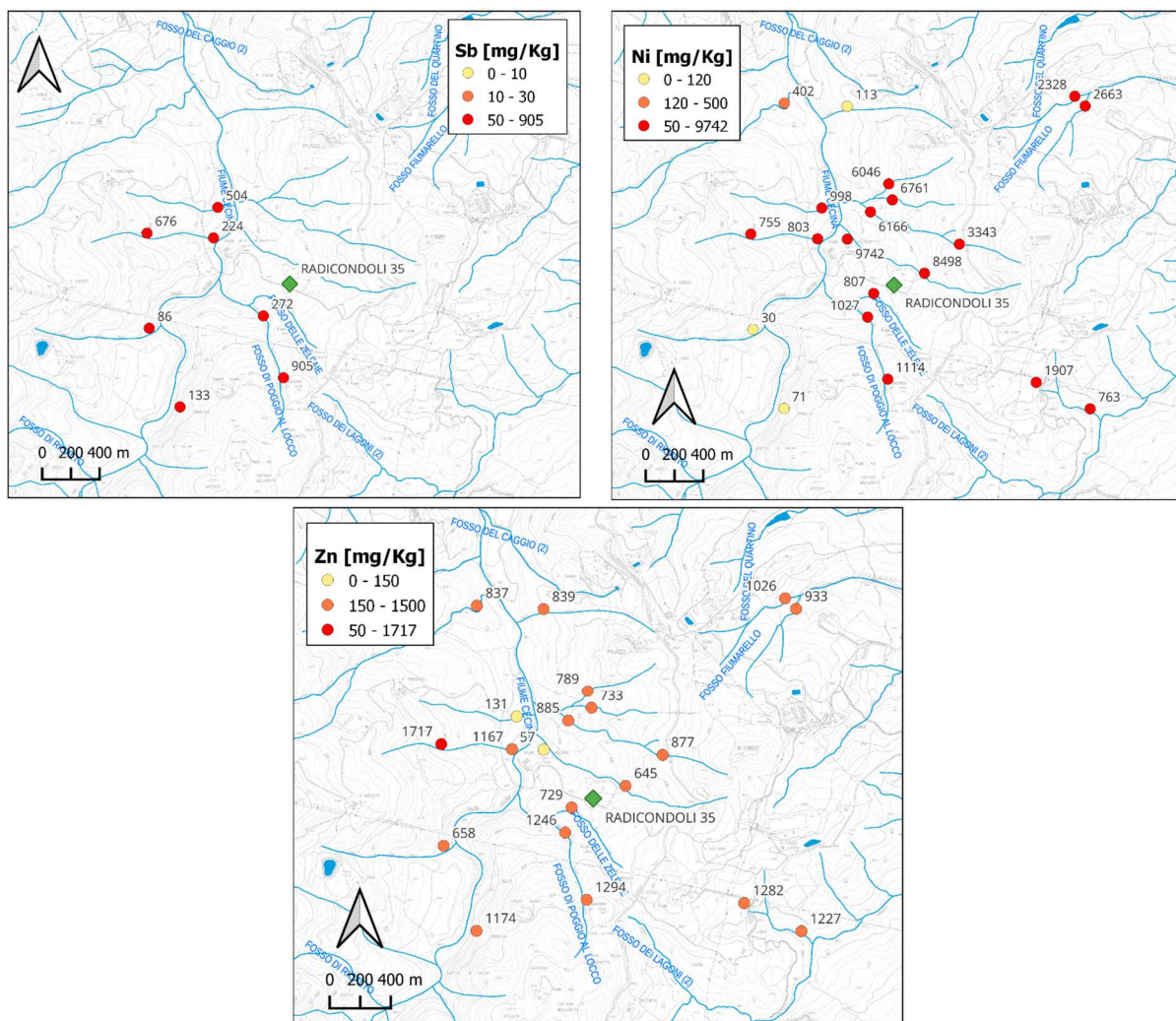


Figura 7-8 Misure disponibili di concentrazione relativa a Sb, Ni e Zn nell'area ristretta prescelta attorno al sito di Radicondoli 35. I campioni sono stati prelevati dai sedimenti fluviali ed il metodo di analisi è ICP/AES. In rosso i campioni che superano le Concentrazioni Soglia di Colonna B, in arancione quelli che superano Colonna A, in giallo quelli che rispettano le concentrazioni di Colonna A. Dati estratti da DB GEOBASI.

L'analisi della concentrazione elementare media e della sua distribuzione spaziale nei terreni limitrofi al sito di progetto conferma che quanto osservato dalle indagini ambientali di sito è compatibile con la presenza di anomalie geochimiche per gli elementi considerati.

Infatti, i valori medi estrapolati dal DB Geobasi, ad eccezione di Cu e Zn, risultano essere sempre maggiori alle concentrazioni soglia riportate nelle colonne A e B della Tabella 1 dell'Allegato 5 Titolo V, Parte IV del D. Lgs 152/2006 e ss.mm.ii. In particolare, si osserva che per il rame, lo zinco e l'antimonio esiste una buona corrispondenza tra le scale di analisi scelte (campo geotermico di Larderello, areale comune alle tre postazioni e sito di Radicondoli 35), mentre per quanto riguarda le concentrazioni medie di Arsenico e Nichel si osserva un aumento nei suoli limitrofi al sito di progetto.

### 7.3.2.1 Interpretazione dei dati

Possibili processi di arricchimento sito-specifici delle specie chimiche Cr, Ni e Zn possono essere essenzialmente attribuiti a fattori litologici. Infatti, secondo lo studio di ARPAT (2017), una fonte naturale di anomalie di elementi metallici (ad es. Cr, Ni, Zn, Cu, e As) è da ricercarsi nella presenza di estese aree



di affioramento di rocce ofiolitiche all'interno del bacino idrografico del Fiume Cecina, nel quale ricade anche il comune geotermico di Radicondoli. Tali mineralizzazioni si trovano in associazione a rocce basiche e ultrabasiche che affiorano in lembi e frammenti inclusi nelle formazioni sedimentarie del Dominio Ligure (nello specifico si ritrovano inclusi nelle Argille a palombini). Queste aree sono caratterizzate essenzialmente da anomalie di concentrazione relativamente agli elementi Cr e Ni date dalla particolare presenza dello spinello cromifero attribuibile alle rocce ultrafemiche dei massicci ofiolitici affioranti nel bacino del Fiume Cecina.

Inoltre, tutte le specie chimiche analizzate possono essere soggette ad arricchimento all'interno di suoli e terreni di natura alluvionale/gravitativa con apporto di componenti litoidi di origine ofiolitica. Nel contesto geologico sito-specifico Cromo e Nichel sono, infatti, originati nei sedimenti (e di conseguenza anche nei suoli) dall'alterazione dei corpi ofiolitici, specificatamente dalle peridotiti ultramafiche serpentinizzate e degli inclusi all'interno della Formazione delle Argille a Palombini.

Da quanto si apprende dalla Relazione Geologica di progetto (R35014\_Rgeol; estratti della carta geologica in Figura 7-9 e delle sezioni geologiche in Figura 7-10), queste condizioni predisponenti ad un arricchimento delle specie chimiche considerate sono tutte presenti nell'area in esame.

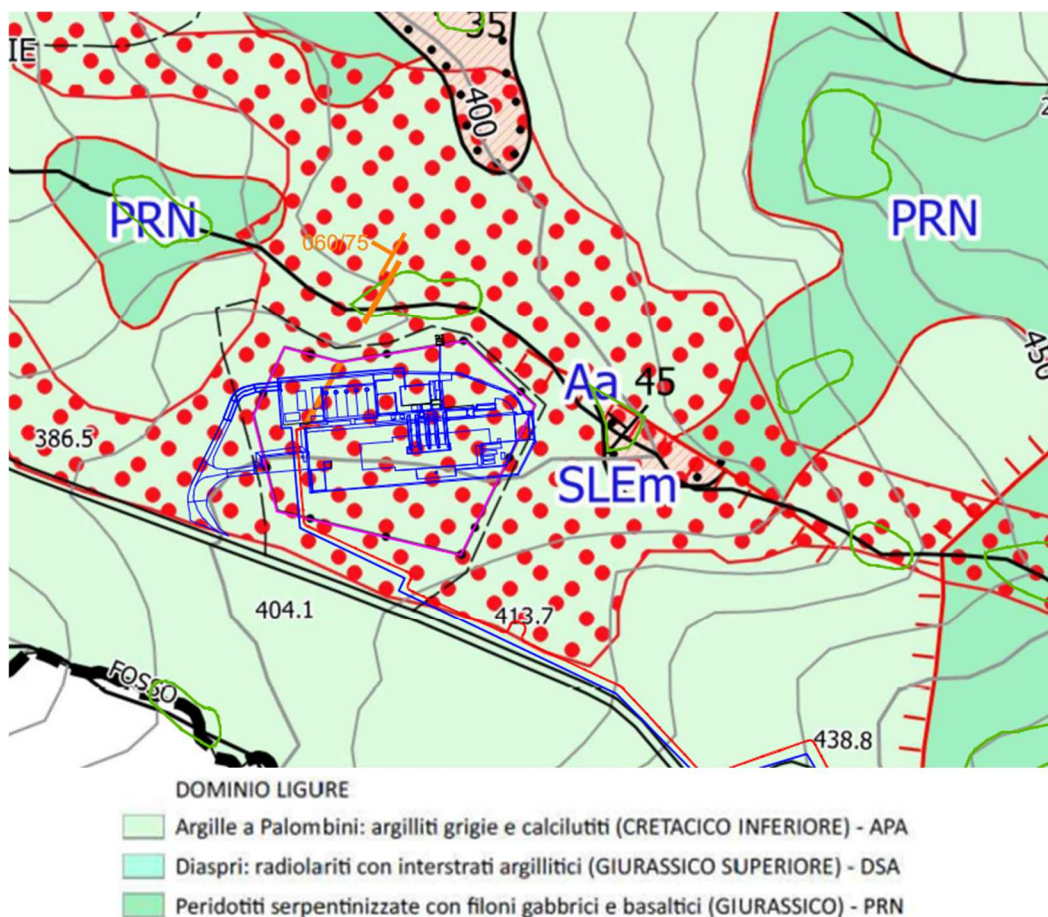


Figura 7-9 Estratto dalla carta geologica allegata alla Relazione Geologica Postazione E Linee Fluidi di Radicondoli 35 (GRE.EEC.R.28.IT.G.13406.00.001.00 R35014\_Rgeol).

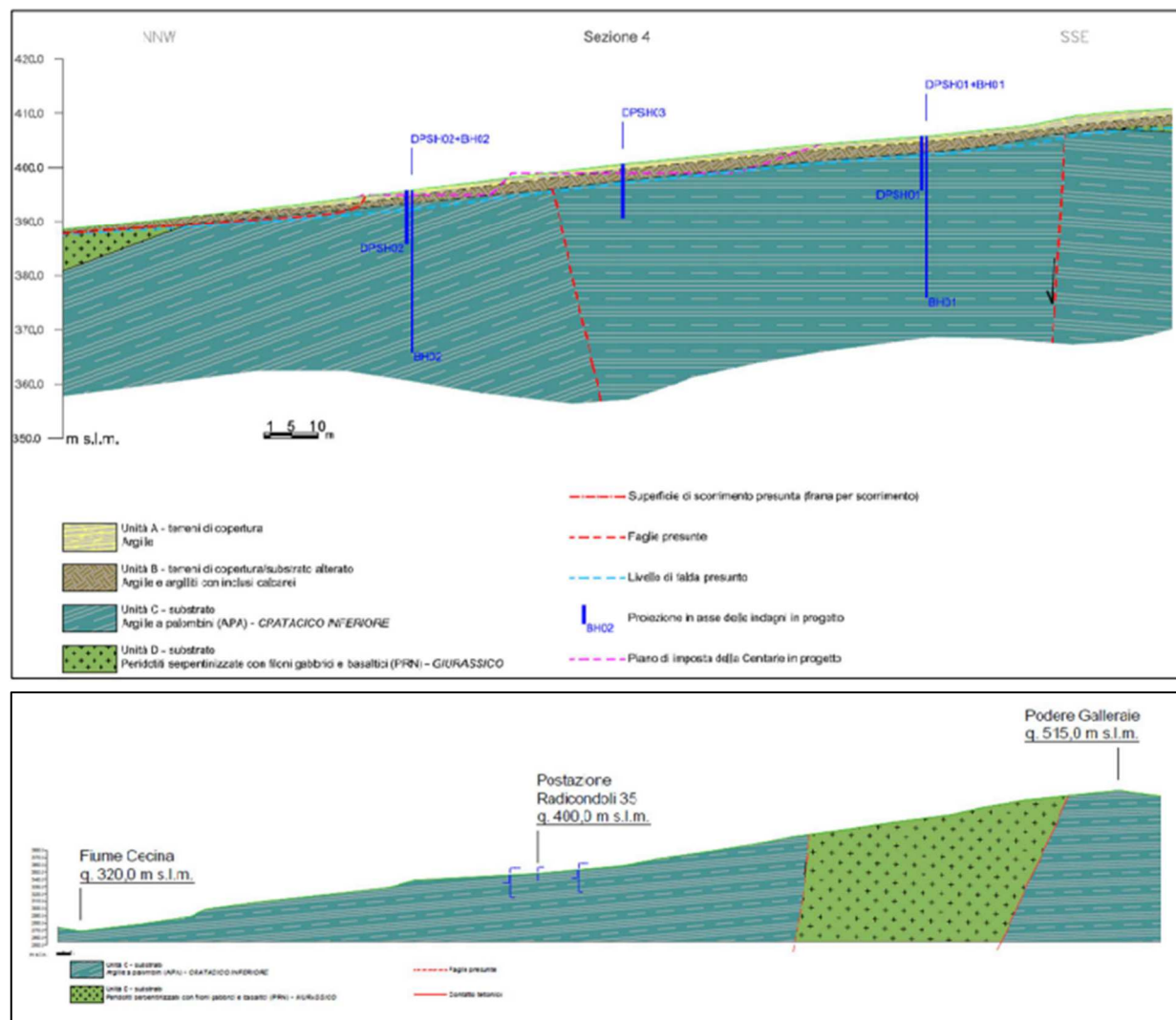


Figura 7-10 Profili geologici dell'area in esame estratti da Relazione Geologica Postazione E Linee Fluidi di Radicondoli 35 (GRE.EEC.R.28.IT.G.13406.00.001.00 R35014\_Rgeol).

### 7.3.3 Radicondoli 36

Come riportato al paragrafo 3.3, in generale il terreno campionato, al netto dell'incertezza analitica, non è conforme ai valori soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo di cui alla Colonna A e B di tab. 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV del D. Lgs. 152/06 e ss.mm.ii. per la specie chimica Antimonio (Sb). Inoltre, si riscontrano valori non conformi alla soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo di cui alla Colonna A tab.1 Allegato 5 al Titolo V Parte IV del D. Lgs. 152/06 e ss.mm.ii. per le specie chimiche Cobalto (Co; 3 dati) e Rame (Cu; 1 dato).

L'utilizzo della piattaforma Geobasi | Consorzio LaMMA (rete.toscana.it) messa a disposizione dalla Regione Toscana ha permesso di comprendere la variabilità di concentrazione di ogni singolo elemento all'interno di un'areale scelto (Figura 7-11).

I valori medi di concentrazione sono confrontati con i valori soglia, con i valori medi dell'areale di Larderello e dell'areale comune alle tre postazioni e sono riportati nella Tabella 7-6. In Figura 7-12 viene



mostrata la distribuzione areale delle concentrazioni degli elementi considerati rispetto all'ubicazione del sito in progetto.

Elemento	Larderello	Areale comune alle tre postazioni	Radicondoli 36				
			Areale R36	Concentrazione soglia – Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs 152/2006			
				Soglia A [mg/Kg]	% dati oltre la soglia A	Soglia B [mg/Kg]	% dati oltre la soglia B
Co	20,1	20,3	21,1	20	53 (9 dati)	250	-
Cu	42,9	41,6	47,1	120	-	600	-
Sb	26,0	29,1	9,4	10	20 (1 dati)	30	-

Tabella 7-6 Concentrazioni medie nei terreni dell'areale della postazione geotermica Radicondoli 36 in progetto secondo DB Geobasi.

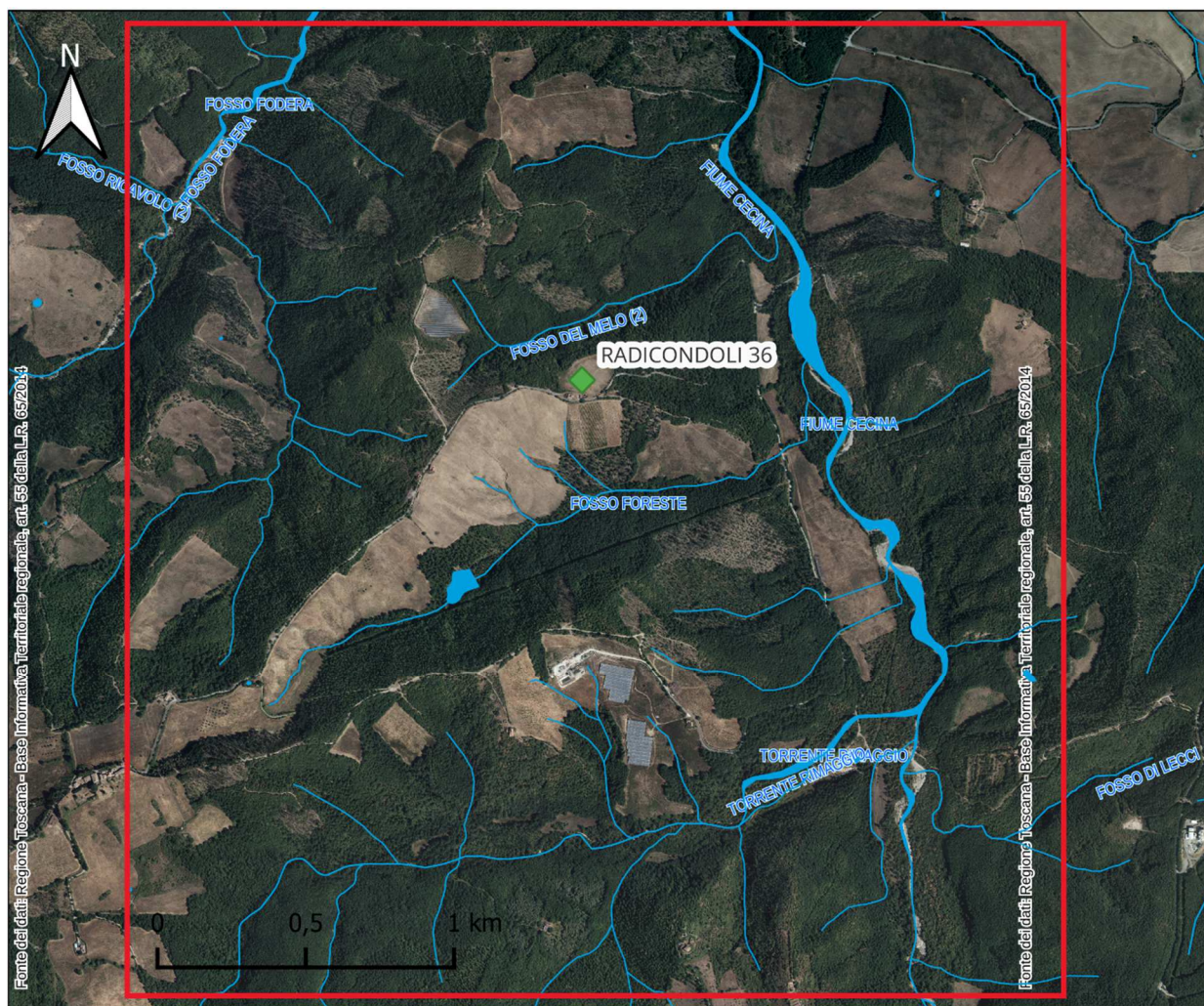


Figura 7-11 In rosso è indicata l'areale di 9 km² scelto al fine di determinare i valori medi di concentrazione elementare nel suolo/sottosuolo del sito di progetto Radicondoli 36 secondo il DB Geobasi.



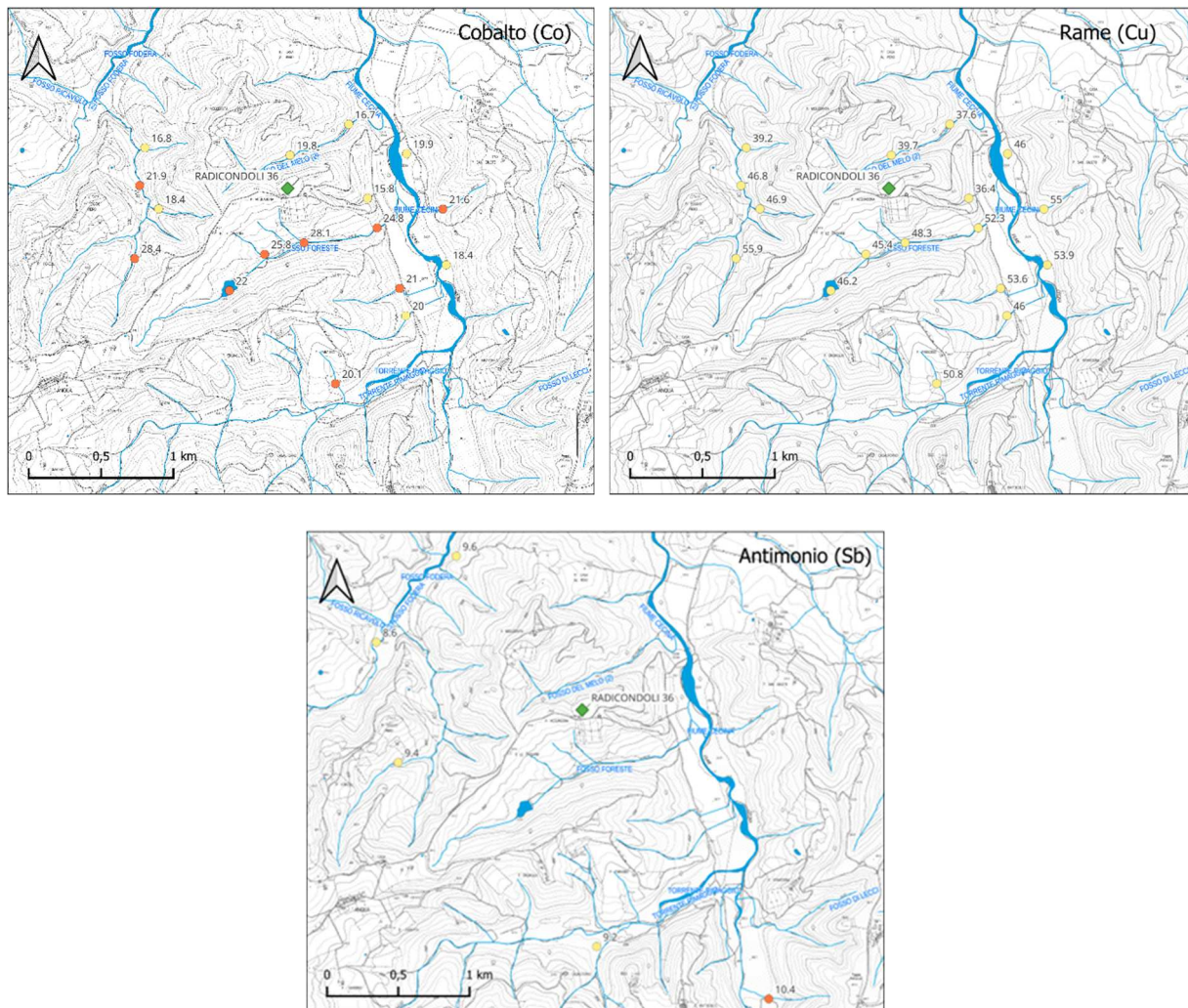


Figura 7-12 Misure disponibili di concentrazione relativa a Co, Cu e Sb nell'area ristretta prescelta attorno al sito di Radicondoli 36. I campioni sono stati prelevati dai sedimenti fluviali ed il metodo di analisi è ICP/AES. In rosso i campioni che superano le Concentrazioni Soglia di Colonna B, in arancione quelli che superano Colonna A, in giallo quelli che rispettano le concentrazioni di Colonna A. Dati estratti da DB GEOBASI.

L'analisi della concentrazione elementare media e della sua distribuzione spaziale nei terreni limitrofi al sito di progetto è compatibile con la presenza di anomalie geochemiche per l'elemento Cobalto; non vi è, invece, una chiara corrispondenza tra gli esiti delle indagini ambientali e i valori ottenuti dal DB Geobasi per le specie chimiche Rame e Antimonio. Si osserva tuttavia che l'interrogazione del DB Geobasi per queste due specie chimiche ha prodotto un basso numero di dati da analizzare e quindi il confronto con quanto ottenuto dalle indagini ambientali eseguite in sito risulta essere poco significativo.

Più della metà dei valori medi estrapolati dal DB Geobasi per la specie chimica Cobalto (Co) risultano essere superiori alle concentrazioni soglia riportate nella colonna A della Tabella 1 dell'Allegato 5 Titolo V, Parte IV del D. Lgs 152/2006 e ss.mm.ii. Inoltre, per tale specie chimica si osserva un'ottima corrispondenza tra le scale di analisi scelte (campo geotermico di Larderello, areale comune alle tre postazioni e sito di Radicondoli 36). Considerando invece la variabilità di concentrazione del Rame (Cu), si osserva che, sebbene esista un'ottima corrispondenza tra le scale di analisi scelte (Tabella 7-6), tali valori sono sempre inferiori alle CSC indicate nel D. Lgs 152/2006 e ss.mm.ii.

Infine, per quanto riguarda l'Antimonio (Sb) si osserva che nell'areale scelto, sono presenti solo cinque valori e di questi nessuno è ubicato in prossimità della postazione geotermica in progetto; quindi, un confronto con quanto ottenuto dalle indagini ambientali eseguite in sito risulta essere non conclusivo.



### 7.3.3.1 Interpretazione dei dati

Sebbene si sia osservato che solo i valori di concentrazione del metallo Cobalto ottenuti dalle indagini ambientali di sito trovino rispondenza con le anomalie degli elementi chimici desunte dall'utilizzo del Database geochimico Geobasi, le concentrazioni anomale misurate di Antimonio e Rame possono essere ricondotte a cause naturali di natura litologica e a processi pedogenetici di arricchimento all'interno dei suoli. Di seguito si riportano alcune considerazioni conclusive:

- con riferimento ai dati medi negli areali di Larderello e di quello comune alle tre postazioni si osserva che la concentrazione di Antimonio (Sb) nel sito di Radicondoli 36 è in generale inferiore. Tuttavia, bisogna considerare che i pochi valori disponibili nell'areale scelto sono localizzati alquanto distanti dal sito di progetto.
- Con riferimento ai dati medi negli areali scelti si osserva un'ottima corrispondenza tra le concentrazioni medie di Cobalto (Co) e Rame (Cu) ottenuti per il campo geotermico di Larderello, per l'areale comune alle tre postazioni e per il sito di Radicondoli.
- Possibili processi di arricchimento sito-specifici di queste specie chimiche si possono ricercare in fattori geologici, litologici e idrogeologici. Secondo lo studio di ARPAT (2017), le anomalie associate a giacimenti metalliferi derivanti da mineralizzazioni idrotermali ed interazione con fluidi geotermiche delle Colline Metallifere riguardano i seguenti elementi: Zn, Pb, Cu, Sb, Hg, Cd, B (come acido bórico) e As.
- Tutte le specie chimiche analizzate possono essere soggette ad arricchimento all'interno di suoli e terreni di natura alluvionale/gravitativa caratterizzati sia da componente argillosa, sia da circolazione d'acqua superficiale con dissoluzione e riprecipitazione di composti contenenti tali elementi chimici. Come si osserva nelle Figura 7-13 Figura 7-14, queste condizioni predisponenti ad un arricchimento delle specie chimiche considerate sono presenti nell'area in esame.

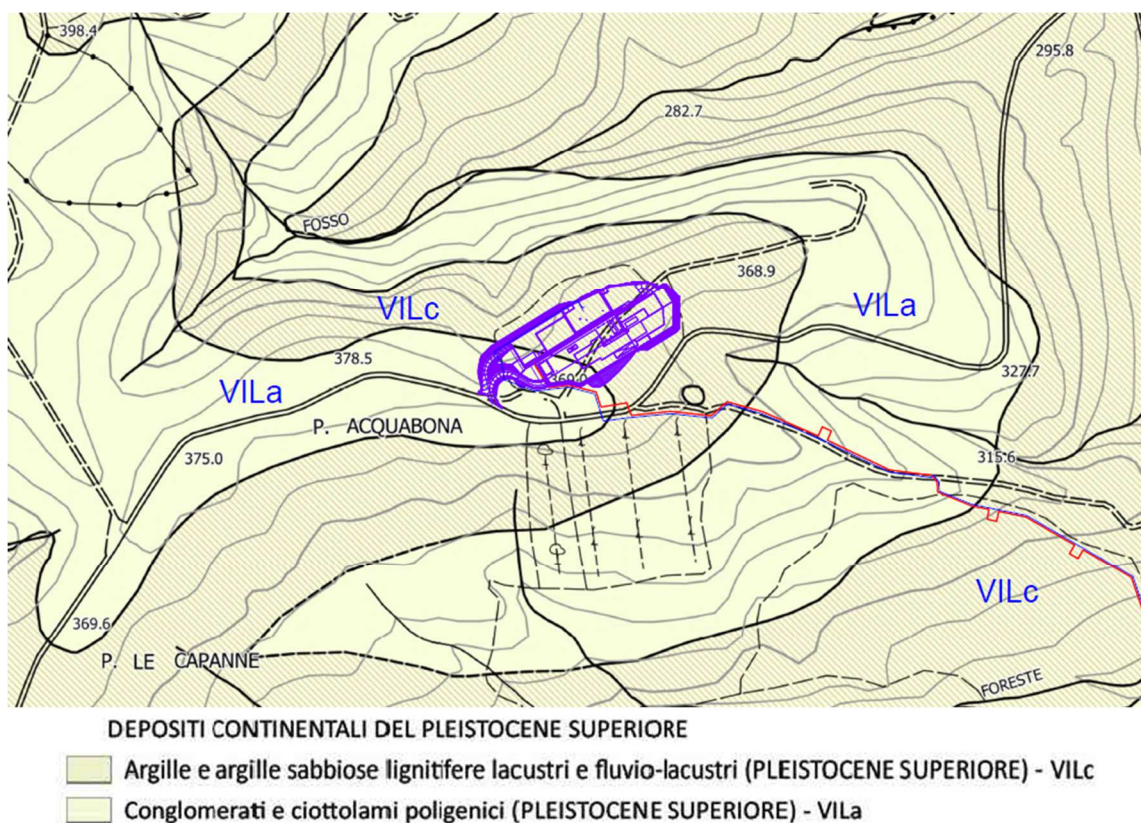


Figura 7-13 Estratto dalla carta geologica allegata alla Relazione Geologica Postazione E Linee Fluidi di Radicondoli 36 (R36014\_Rgeol).

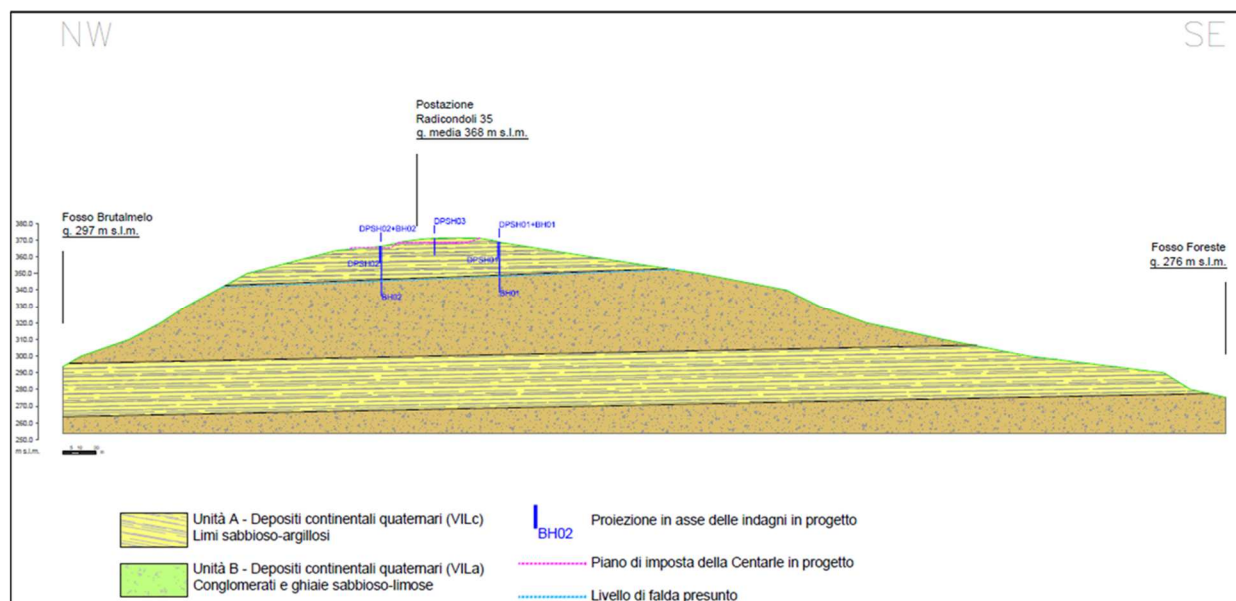


Figura 7-14 Profilo geologico dell'area in esame estratti dalla Relazione Geologica Postazione E Linee Fluidi di Radicondoli 36 (R36014\_Rgeol).

## 7.4 Confronto con i risultati della caratterizzazione ambientale

Le prove eseguite sui campioni prelevati dai sondaggi ambientali nei tre siti hanno mostrato che il terreno campionato, al netto dell'incertezza analitica, non è conforme, in alcuni campioni e per alcune specie e composti chimici, ai rispettivi valori soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo di Colonna B tab.1 Allegato 5 Titolo V Parte IV del D.Lgs 152/2006 e ss-mm-ii.

Non-conformità di simili caratteristiche sono state rilevate anche nei dati di concentrazione raccolti nella piattaforma Geobasi riferiti a porzioni di territorio di ampiezza decrescente che includono i siti interessati dal progetto.

In ragione di questa corrispondenza, nel seguito si riporta un confronto diretto, per ogni sito di progetto, tra i risultati delle prove ambientali e l'assetto geochimico desunto dall'analisi dei valori di concentrazione ottenuti dall'interrogazione di GeoBasi per gli areali scelti. Il confronto è effettuato utilizzando i valori medi di concentrazione.

È doveroso premettere che il DB Geobasi riporta concentrazioni riferite a campioni di 'sedimenti fluviali'. Tali terreni possono presentare sia caratteristiche proprie dei terreni del sito che arricchimenti legati al trasporto e alla precipitazione di specie chimiche da parte delle acque. Sempre tenendo presente questa circostanza, è tuttavia utile poter verificare, tramite confronto quantitativo, se e di quanto le concentrazioni rilevate in sito si discostano dal contesto geochimico generale con particolare riferimento alla presenza di anomalie e se quindi tali valori sono attribuibili ad un fondo naturale dell'area.

Il sito della postazione **Montieri 7** mostra terreni non conformi ai valori soglia di contaminazione nel suolo (Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs 152/2006) per le specie chimiche Antimonio (Sb), Arsenico (As) e Cobalto (Co). In generale, la non conformità osservata rientra nella variabilità dei valori medi calcolati per i tre areali scelti (Tabella 7-7).

Nello specifico:

- Per quanto riguarda l'**Arsenico** si osserva che sebbene i valori medi di concentrazione derivanti dalla caratterizzazione ambientale del sito siano inferiori ai valori medi di concentrazione dei tre

areali scelti, tutti i casi analizzati risultano essere sempre non conformi alla soglia di Colonna B della Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs 152/2006.

- Per quanto riguarda i valori di concentrazione del **Cobalto** si osserva che le indagini ambientali si inseriscono all'interno del contesto geochimico delineato dalla consultazione del DB Geobasi per tutti e tre gli areali scelti. In particolare, vi è una buona corrispondenza tra la concentrazione media del sito e quella dell'areale ristretto alla postazione di Montieri 7. Infatti, in entrambi i casi i valori medi di concentrazione sono prossimi alla soglia di Colonna A della Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs 152/2006.
- Considerando l'**Antimonio**, si osserva una tendenza all'aumento della concentrazione media quando si restringe l'areale considerato, fino a superare la soglia di colonna B (Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs 152/2006) per l'areale ristretto della postazione in progetto, dato congruente con il valore medio delle concentrazioni misurate del sito. Quindi, i risultati delle determinazioni analitiche sui campioni di suolo prelevati indicano che le concentrazioni medie rilevate in sito risultano compatibili con il contesto geochimico delineato dalla consultazione del DB Geobasi, in quanto tutti i casi analizzati risultano essere non conformi alla soglia di Colonna B della Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs 152/2006.

Elemento	DB Geobasi			Indagini ambientali MO7	Concentrazione soglia Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs 152/2006	
	Larderello	Areale Comune	Areale MO7			
	Valore medio				Soglia A	Soglia B
	[mg/Kg]					
As	95,3	102,5	100,3	77,1	20	50
Co	21,1	20,1	14,9	16,1	20	250
Sb	27,9	26,0	48,8	61,6	10	30

Tabella 7-7: Confronto tra le concentrazioni medie degli elementi arsenico, cobalto e antimonio ottenute tramite la consultazione della piattaforma Geobasi e le risultanze derivanti dalle indagini di tipo ambientale condotte nel sito di Montieri 7.

Il sito della postazione **Radicondoli 35** mostra terreni non conformi ai valori soglia di contaminazione nel suolo (Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs 152/2006) per le specie chimiche Antimonio (Sb), Cromo totale (Cr tot), Nichel (Ni), Arsenico (As), Rame (Cu) e Zinco (Zn). Si ricorda che per quanto riguarda il Cromo totale non è stato possibile eseguire il confronto, in quanto tale elemento non rientra tra i parametri mappati nel DB Geobasi. In generale, la non conformità osservata rientra nella variabilità dei valori medi calcolati per i tre areali scelti (Tabella 7-8). Nello specifico:

- Per quanto riguarda l'**Arsenico** si osserva che i valori medi di concentrazione derivanti dalla caratterizzazione ambientale in sito sono inferiori ai valori medi di concentrazione dei tre areali e alle soglie di Colonna A e B della Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs 152/2006.
- La concentrazione media di **Rame** derivante dagli esiti analitici è confrontabile con quanto dedotto dalla consultazione della piattaforma Geobasi per i tre areali scelti. La totalità dei valori medi risulta essere conforme alle soglie indicate nella Colonna A Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs 152/2006.
- Considerando il **Nichel** si osserva una tendenza all'aumento della concentrazione media quanto più si restringe l'areale considerato, raggiungendo valori di concentrazione non conformi alla soglia di colonna A (Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs 152/2006) per l'areale ristretto della postazione in progetto, dato che trova conferma nella caratterizzazione ambientale svolta in sito. Quindi, i risultati delle determinazioni analitiche sui campioni di suolo prelevati indicano che le concentrazioni medie rilevate in sito sono compatibili con il contesto geochimico delineato

- dalla consultazione del DB Geobasi. Le ragioni sono chiaramente individuate nel contesto geologico del sito (presenza di un substrato costituito in gran parte da rocce di natura ofiolitica).
- Per quanto riguarda i valori di concentrazione relativi all'**Antimonio** si osserva che i risultati delle analisi chimiche sono compresi all'interno del contesto geochemico delineato dalla consultazione del DB Geobasi per tutti e tre gli areali scelti. In particolare, vi è una buona corrispondenza della concentrazione media fornita dalla caratterizzazione ambientale di sito e gli areali di Larderello e quello in comune alle tre postazioni in progetto. Essi, infatti, presentano valori medi di concentrazione non conformi alla soglia di Colonna A della Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs 152/2006.
  - Il valore di concentrazione media di **Zinco** desunta dalla caratterizzazione ambientale di sito è comparabile ai valori medi degli areali analizzati con Geobasi. Infatti, tutti i casi risultano essere conformi alla soglia di Colonna A della Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs 152/2006.

Elemento	DB Geobasi			Indagini ambientali RA35	Concentrazione soglia – Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs 152/2006	
	Larderello	Areale Comune	Areale RA35		Soglia A	Soglia B
	Valore medio					
	[mg/Kg]					
As	95,3	102,5	132,7	11,9	20	50
Cu	45,3	42,9	47,7	53,2	120	600
Ni	60,0	82,1	317,6	370,8	120	500
Sb	27,9	26,0	40,0	23,8	10	30
Zn	92,5	94,5	99,7	108,7	150	1500

Tabella 7-8: Confronto tra le concentrazioni medie degli elementi arsenico, rame, nichel, antimonio e zinco ottenute tramite la consultazione della piattaforma Geobasi e le risultanze derivanti dalle indagini di tipo ambientale condotte nel sito di Radicondoli 35.

Il sito della postazione **Radicondoli 36** mostra terreni non conformi ai valori soglia di contaminazione nel suolo (Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs 152/2006) per le specie chimiche Antimonio (Sb), Cobalto (Co) e Rame (Cu). In generale, questa non conformità rientra nella variabilità dei valori medi estrapolati per i tre areali scelti (Tabella 7-9). Nello specifico:

- Per quanto riguarda il **Cobalto** si osserva che sebbene il valore medio di concentrazione derivante dalla caratterizzazione ambientale del sito sia inferiore ai valori medi di concentrazione dei tre areali scelti, esso risulta confrontabile con l'assetto geochemico ottenuto tramite la piattaforma Geobasi.
- La concentrazione media di **Rame** derivante dalle indagini ambientali è confrontabile con quanto dedotto dalla consultazione della piattaforma Geobasi per i tre areali scelti. La totalità dei valori medi risulta essere conforme alla soglia di colonna A della Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs 152/2006.
- Per quanto riguarda i valori di concentrazione medi relativi all'**Antimonio** si osserva che le concentrazioni delle analisi ambientali sui terreni del sito si inseriscono all'interno del contesto geochemico delineato dalla consultazione della piattaforma Geobasi per l'areale di Larderello e per quello comune alle tre postazioni in progetto. Invece, il confronto con quanto ottenuto per l'areale sito-specifico risulta essere poco significativo in quanto l'interrogazione del DB Geobasi ha prodotto, pur avendo ampliato le dimensioni dell'areale stesso, un basso numero di dati da analizzare. Tuttavia, tutti i casi analizzati mostrano valori prossimi o superiori alla soglia di Colonna A della Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs 152/2006.



Elemento	DB Geobasi			Indagini ambientali RA36	Concentrazione soglia – Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs 152/2006	
	Larderello	Areale Comune	Areale RA36			
	Valore medio				Soglia A	Soglia B
	[mg/Kg]					
Co	20,1	20,3	21,1	15,8	20	250
Cu	42,9	41,6	47,1	54,5	120	600
Sb	26	29,1	9,4	24,8	10	30

Tabella 7-9: Confronto tra le concentrazioni medie degli elementi cobalto, rame e antimonio ottenute tramite la consultazione della piattaforma Geobasi e le risultanze derivanti dalle indagini di tipo ambientale condotte nel sito di Radicondoli 36.

In generale, le non conformità osservate rientra nella variabilità dei valori medi calcolati per i tre areali scelti

## 8 CONCLUSIONI

La caratterizzazione ambientale dei siti su cui è prevista la costruzione di tre nuove postazioni geotermiche di manutenzione campo denominate Montieri 7 in Comune di Montieri (GR), Radicondoli 35 e Radicondoli 36 in Comune di Radicondoli (SI) ha evidenziato superamenti delle concentrazioni soglia stabilite dal D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii. per *siti ad uso commerciale ed industriale* (concentrazioni di Colonna B Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.) con riferimento ai seguenti metalli/metalloidi:

- Antimonio (Sb), Arsenico (As) nel sito di Montieri 7;
- Antimonio (Sb) Cromo totale (Cr tot) e Nichel (Ni) nel sito di Radicondoli 35;
- Antimonio (Sb) nel sito di Radicondoli 36.

Per gli elementi chimici appena elencati, il superamento delle concentrazioni soglia stabilite dallo stesso dispositivo di legge per *siti ad uso verde privato e residenziale* (concentrazioni di Colonna A Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.) si estende ad numero di campioni maggiore rispetto a quello dei campioni in cui è stato osservato il superamento delle concentrazioni soglia per *siti ad uso commerciale ed industriale* (concentrazioni di Colonna B Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.).

Sono stati inoltre osservati sporadici superamenti delle concentrazioni soglia per *siti ad uso verde privato e residenziale* (concentrazioni di Colonna A Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.) di Cobalto (Co), Zinco (Zn), Rame (Cu).

Nel sito di Montieri 7 alcuni campioni presentano concentrazioni del composto C>12 superiori alle concentrazioni soglia di Colonna A della Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.

Si è proceduto quindi ad un approfondimento bibliografico al fine di verificare se, nell'areale di interesse, siano presenti litologie che possano contenere mineralizzazioni riferibili a fenomeni e a fattori geologici/geochimici predisponenti all'arricchimento di tali metalli nei suoli e sottosuoli dei siti in progetto.

Ripercorrendo l'indice del presente rapporto si riportano le principali considerazioni conclusive per ogni argomento trattato.

### 8.1 Assetto geologico-strutturale

L'attuale configurazione tettonica della porzione di Appennino in cui sono inserite le aree in esame è caratterizzata dai fronti di accavallamento delle formazioni appartenenti alla Falda Toscana (Dominio Toscano) e delle unità del Dominio Ligure. Queste unità sono organizzate in scaglie e falde tettoniche sovrapposte, dove le unità della Falda Toscana sono quelle strutturalmente più basse, mentre le unità liguri sono le più alte. Successivamente alla fase compressiva responsabile dell'impilamento delle falde tettoniche, si è succeduta una fase distensiva che ha originato una serie di faglie normali principalmente N-S e NO-SE che hanno disarticolato l'edificio appenninico in *horst* e *graben*. Di seguito, si riporta una sintesi dell'assetto geologico locale dei tre siti in progetto:

- L'area di Montieri 7 è caratterizzata dalla presenza dei Calcari Cavernosi della Falda Toscana, sovrascorsi dalla formazione delle Argille a Palombini appartenenti alle Unità Liguridi Interne. Al di sopra di tale ammasso roccioso vi sono depositi eluvio colluviali, depositi detritici di versante e depositi alluvionali recenti di probabile potenza decametrica.
- L'area di Radicondoli 35 è costituita essenzialmente dall'unità ofiolitifera delle Argille a Palombini, con associate esigue porzioni di Serpentiniti e Gabbri. Tale substrato è ricoperto da depositi continentali eluvio-colluviali olocenici.

- L'area di Radicondoli 36 è caratterizzata dalla presenza del membro dei Conglomerati di M. Capino della Formazione di Chiusdino. Il substrato risulta costantemente mascherato dalla coltre di copertura costituita sia da depositi continentali pliocenici, sia da depositi recenti di natura eluvio colluviale alterati e modellati dagli agenti morfodinamici legati alla gravità (colamenti, soliflussi).

## 8.2 Confronto tra le concentrazioni riscontrate nei siti in progetto

Comune a tutte le postazioni in progetto è l'anomalia di concentrazione misurata dell'Antimonio, che interessa quasi tutti i campioni esaminati, con valori sempre superiori alla soglia di concentrazione stabilita per *'siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale'* nella tab.1 dell'allegato 5 Titolo V Parte IV D. Lgs 152/2006 e ss.mm.ii. e, per alcuni campioni, alla soglia stabilita per *'siti ad uso commerciale ed industriale'* nella tab.1 dell'allegato 5 Titolo V Parte IV D. Lgs 152/2006 e ss.mm.ii. Il valore medio è più elevato nel sito di Montieri 7 e simile nei due siti di Radicondoli 35 e 36.

I valori medi di Arsenico a Montieri 7 sono superiori a quelli medi misurati nei siti di Radicondoli 35 e Radicondoli 36. La differenza riscontrata è da ricercare in cause litologiche poiché l'area di Montieri 7 è caratterizzata dal contatto tra la Formazione del Calcare Cavernoso e le Formazioni flyschoidi che, come anche indicato da ARPAT (2017), è uno dei fattori predisponenti alla formazione di giacimenti metalliferi idrotermali e quindi di anomalie di elementi come l'Arsenico.

I valori medi di Nichel e Cromo totale sono decisamente superiori nel sito di Radicondoli 35; mentre le concentrazioni minori si rinvenivano nel sito di Montieri 7. A tal proposito, nel sito di progetto di Radicondoli 35 si identifica una probabile correlazione tra la distribuzione areale dei valori anomali e l'assetto geologico del substrato. Le variazioni osservate nelle concentrazioni di questi due metalli, essenzialmente legate alla presenza dello spinello cromifero attribuibile alle rocce ultrafemiche dei massicci ofiolitici affioranti in prossimità del sito di progetto, mostrano un aumento da SE a NE che risulta essere correlabile alla presenza verso i quadranti settentrionali di filoni serpentinitici.

Per quanto riguarda Cobalto, Rame e Zinco solo alcuni valori misurati sono sopra la soglia di concentrazione stabilita per *'siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale'* nella tab.1 dell'allegato 5 Titolo V Parte IV D. Lgs 152/2006 e ss.mm. ii..

Nel sito di Montieri 7 alcuni campioni presentano concentrazioni del composto C>12 superiori alle concentrazioni soglia di Colonna A della Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii. I restanti valori, inferiori alla soglia di Colonna A, sono superiori a quelli misurati nei siti di Radicondoli 35 e Radicondoli 36.

## 8.3 Assetto mineralogico-minerario dell'area

I siti in progetto sono ubicati nell'areale delle Colline Metallifere, noto distretto minerario italiano oramai completamente inattivo. In tale ampio distretto, fin dal medioevo, sono state oggetto di coltivazione numerose mineralizzazioni metallifere principalmente a rame, piombo, antimonio, mercurio, stagno, argento, zinco e ferro. A queste si deve aggiungere la coltivazione, nel XX secolo, delle mineralizzazioni a pirite per la produzione industriale di acido solforico.

Tali mineralizzazioni, pur essendo correlate a faglie di direzione prevalentemente appenninica, a piccola scala presentano una distribuzione a "pelle di leopardo" e la loro esistenza in superficie è per lo più completamente mascherata, in quanto il substrato, sia esso riferibile alla Formazione del Calcare Cavernoso che alla Formazione delle Argille a Palombini, in questa porzione di territorio è coperto sia da una diffusa coltre eluvio colluviale, sia da una fitta vegetazione.

All'interno dell'areale comprendente le postazioni geotermiche in progetto, specialmente nell'intorno di Montieri 7 e Radicondoli 35, sono stati riconosciuti tre siti minerari di diversa epoca storica, tutti abbandonati ma comunque censiti all'interno del database regionale DB\_RIMI. Tali siti minerari hanno

sfruttato mineralizzazioni sia di tipo “Lagoni” collegate ai soffioni boraciferi (Travale MIN-193), sia a solfuri misti (Poggio Mutti-Gerfalco MIN\_138 e Montieri MIN\_117).

Una parte significativa delle mineralizzazioni sopra citate sono sviluppate sia nella Formazione del Calcare Cavernoso che in quella delle Argille a Palombini, entrambe facenti ampiamente parte del substrato presente nei siti di progetto delle postazioni geotermiche previste e nell’area dei bacini idrografici in cui sono inseriti.

#### 8.4 Assetto geochimico

La determinazione dell’assetto geochimico riferito ai metalli e metalloidi che hanno presentato anomalie è stata possibile tramite l’interrogazione della piattaforma Geobasi | Consorzio LaMMA (rete.toscana.it) messa a disposizione dalla Regione Toscana. I dati di concentrazione forniti dal Data Base si riferiscono a campioni di sedimenti fluviali. Gli areali scelti per condurre tale studio sono stati:

- **Campo geotermico di Larderello** comprende i noti comuni geotermici dell’area, ovvero Castelnuovo di Cecina, Chiusdino, Montecatini Val Cecina, Monterotondo Marittimo, Monteverdi Marittimo, Montieri, Pomarance, Radicondoli.
- **Areale comune alle tre postazioni** con un’estensione complessiva di 64 km<sup>2</sup>.
- **Aree ristrette** alle singole postazioni geotermiche in progetto:
  - **Montieri 7** con un’estensione di 2,5 km<sup>2</sup>
  - **Radicondoli 35** con un’estensione di 3,5 km<sup>2</sup>
  - **Radicondoli 36** con un’estensione di 9 km<sup>2</sup>.

##### 8.4.1 Assetto geochimico del campo geotermico di Larderello (area vasta)

Nell’area di Larderello, comprendente i territori comunali di Castelnuovo di Cecina, Chiusdino, Montecatini Val Cecina, Monterotondo Marittimo, Monteverdi Marittimo, Montieri, Pomarance le anomalie geochimiche nei suoli e nelle acque sotterranee, associate a giacimenti metalliferi derivanti da mineralizzazioni idrotermali e da interazione con fluidi geotermici, riguardano i seguenti elementi: Zn, Pb, Cu, Sb, Hg, Cd, B (come acido borico) e As. Le condizioni geologiche cui si associano fonti naturali di arricchimento sono da ricercarsi al contatto tra Calcare Cavernoso e rocce flyschoidi, nonché nelle aree di affioramento del basamento e delle vulcaniti.

Un’ulteriore fonte naturale di anomalie di concentrazione di elementi metallici nella zona di Larderello (Cr, Ni, V, Zn, Pb, Cu, Co, Cd, Mn, Ti, Ag e As) è da ricercarsi nella presenza di estese aree di affioramento di rocce ofiolitiche all’interno del bacino idrografico del Fiume Cecina, che include i comuni geotermici di Montecatini Val di Cecina, Pomarance, Monteverdi Marittimo, Castelnuovo Val di Cecina e Radicondoli.

Le Colline Metallifere grossetane sono sede di importanti giacimenti a solfuri polimetallici e, lungo queste mineralizzazioni secondarie, generalmente associate a corpi minerari a pirite, si osservano arricchimenti in Antimonio (Sb). Dal punto di vista geologico, tali mineralizzazioni filoniane si sono impostate lungo le principali strutture tettoniche appenniniche che mettono a contatto la Serie Toscana o le Unità Liguri con formazioni del Paleozoico.

##### 8.4.2 Assetto geochimico dell’areale comune alle tre postazioni

L’analisi della variabilità geochimica in un’area ristretta che include i siti delle tre postazioni ha permesso di definire anomalie di concentrazione per gli elementi Arsenico (As), Cobalto (Co) e Antimonio (Sb); di seguito, si riporta una sintesi dello studio effettuato:

- La quasi totalità delle concentrazioni di Arsenico risultano superiori alla concentrazione soglia di colonna B (Tabella 1 dell’Allegato 5 Titolo V, Parte IV del D. Lgs 152/2006 e ss.mm.ii.)



- I suoli limitrofi alle postazioni geotermiche in progetto presentano concentrazioni di Cobalto superiori alla concentrazione soglia di colonna A (Tabella 1 dell'Allegato 5 Titolo V, Parte IV del D. Lgs 152/2006 e ss.mm.ii.). Tale situazione è maggiormente rappresentata nell'intorno della postazione in progetto Radicondoli 35.
- I suoli costituenti l'areale comprendente il sito Radicondoli 35 sono inoltre caratterizzati da significative anomalie di concentrazione di Nichel, superando in taluni casi la concentrazione soglia di colonna B (Tabella 1 dell'Allegato 5 Titolo V, Parte IV del D. Lgs 152/2006 e ss.mm.ii.).
- L'andamento delle concentrazioni dell'Antimonio mostra un generale aumento nei suoli da NO a SE, indicando quindi concentrazioni superiori alle concentrazioni soglia di colonna A e B (Tabella 1 dell'Allegato 5 Titolo V, Parte IV del D. Lgs 152/2006 e ss.mm. ii) nei suoli prossimi ai siti delle postazioni di Radicondoli 35 e Montieri 7.

#### **8.4.3 Assetto geochimico locale dell'area della postazione Montieri 7**

L'analisi della variabilità geochimica locale dell'area della postazione Montieri 7 conferma in generale quanto desunto dalle indagini ambientali di sito. Nel seguito si riporta una sintesi dello studio effettuato.

- Per quanto riguarda le anomalie di concentrazione degli elementi Arsenico e Cobalto, si osserva una buona corrispondenza tra le scale di analisi scelte: il campo geotermico di Larderello, l'areale comune alle tre postazioni ed il sito di Montieri 7.
- La concentrazione di Antimonio presenta un aumento nei suoli limitrofi al sito di progetto Montieri 7.
- Possibili processi di arricchimento sito-specifici di queste specie chimiche si possono ricercare in fattori geologici, ad esempio la presenza di mineralizzazioni idrotermali e le conseguenti anomalie di concentrazione di metalli al contatto tra Calcare Cavernoso e flysch.
- Tutte le specie chimiche analizzate possono essere soggette ad arricchimento all'interno di suoli e terreni di natura alluvionale/gravitativa caratterizzati sia da componente argillosa, sia da circolazione d'acqua superficiale con dissoluzione e riprecipitazione di composti contenenti tali elementi chimici. Tali condizioni, predisponenti ad un arricchimento delle specie chimiche considerate, sono tutte presenti nell'area in esame.

L'anomalia geochimica misurata del parametro C>12, che peraltro si riferisce alla soglia di concentrazione di Colonna A della tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV de D. Logs 152/2006 e ss.mm.ii., può essere ricercata nella presenza di residui di materiale organico inglobati nei terreni alluvionali e/o colluviali. Infatti, all'interno di questi depositi sono state osservate plaghe discontinue di colore più scuro definite da residui di materiale organico che, compresso dal peso litostatico, si presentano in forma di sottili livelli di colore scuro.

#### **8.4.4 Assetto geochimico locale dell'area della postazione Radicondoli 35**

L'analisi della variabilità geochimica locale dell'area della postazione Radicondoli 35 conferma che quanto osservato dalle indagini ambientali condotte nel sito è compatibile con le anomalie di concentrazione derivate dalla consultazione del DB Geobasi. Nel seguito si riporta una sintesi dello studio effettuato.

- Si osserva che per gli elementi Rame, Zinco e Antimonio esiste una buona corrispondenza tra le scale di analisi scelte: il campo geotermico di Larderello, l'areale comune alle tre postazioni e il sito di Radicondoli 35.
- Per quanto riguarda le concentrazioni di Arsenico e Nichel si osserva un significativo aumento nei suoli limitrofi al sito di progetto rispetto agli altri areali studiati.
- Possibili processi di arricchimento sito-specifici delle specie chimiche Cromo, Nichel e Zinco possono essere ricercate in fattori litologici, ovvero nella presenza di estese aree di affioramento

di rocce ofiolitiche e inclusi ofiolitici nella Formazione delle Argille a Palombini, contenenti lo spinello cromifero.

- Tutte le specie chimiche analizzate possono essere soggette a processi di arricchimento all'interno di suoli e terreni di natura alluvionale/gravitativa con apporto di componenti litoidi derivanti dal disfacimento delle rocce di origine ofiolitica.

#### **8.4.5 Assetto geochimico locale dell'area della postazione Radicondoli 36**

L'analisi della concentrazione elementare media e della sua distribuzione spaziale nei terreni limitrofi al sito della postazione Radicondoli 36 è compatibile con la presenza di anomalie geochimiche per l'elemento Cobalto; mentre non è stata osservata una chiara corrispondenza tra gli esiti delle indagini ambientali condotte in sito e i valori ottenuti dal DB Geobasi per le specie chimiche Rame e Antimonio. Si osserva tuttavia che l'interrogazione del DB Geobasi per queste ultime due specie chimiche ha prodotto, pur allargando le dimensioni dell'areale, un basso numero di dati e che, quindi, il confronto con quanto ottenuto dalle indagini ambientali eseguite in sito risulta essere poco istruttivo. Di seguito, si riporta una sintesi dello studio effettuato.

- Esiste un'ottima corrispondenza tra le concentrazioni medie di Cobalto per il campo geotermico di Larderello, l'areale comune alle tre postazioni ed il sito della postazione Radicondoli 36.
- Sebbene il confronto con quanto ottenuto dalle indagini ambientali eseguite in sito per le specie chimiche Antimonio e Rame risulti essere poco attendibile, si può affermare che le concentrazioni anomale riscontrate nelle indagini condotte, peraltro puntuali, possono essere ricondotte a cause naturali di natura litologica, la probabile presenza di giacimenti metalliferi nel sottosuolo, e a processi pedogenetici di arricchimento all'interno dei suoli, per fenomeni di dissoluzione-riprecipitazione di composti contenenti tali elementi chimici.

### **8.5 Considerazioni conclusive**

Considerato quanto sopra esposto, è ragionevole e verosimile considerare che le anomalie riscontrate nei terreni, relative ad Antimonio (Sb) - Arsenico (As) - - Nichel (Ni) -Cromo totale (Cr) – Rame (Cu) – Cobalto (Co) – Zinco - Idrocarburi pesanti (C>12), sono tutte riconducibili ad un fondo naturale caratteristico del suolo e del sottosuolo costituente i siti delle postazioni geotermiche in progetto denominate Montieri 7 nel Comune di Montieri (GR), Radicondoli 35 e Radicondoli 36 nel Comune di Radicondoli (SI).

Tali anomalie di concentrazione possono essere ascritte alla presenza di:

- mineralizzazioni a solfuri misti incassate prevalentemente nei litotipi della Formazione del Calcare Cavernoso ma anche in quelli della Formazione delle Argille a Palombini;
- presenza significativa di minerali di Cromo-Nichel all'interno di rocce ofiolitiche ed inclusi serpentinitici nelle Argille a Palombini;
- processi pedogenetici di arricchimento all'interno di suoli e terreni di natura alluvionale/gravitativa caratterizzati sia da componente argillosa, sia da circolazione d'acqua superficiale con dissoluzione e riprecipitazione di composti contenenti tali elementi chimici derivanti dal disfacimento di rocce ospitanti mineralizzazioni a solfuri misti e di rocce con chiara origine ofiolitica.