



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

**DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE**  
**Centro Sperimentale per lo Studio e l'Analisi del Suolo (CSSAS)**

**COMUNE DI PIETRASANTA (LU)**  
**Determinazione dirigenziale 2016/4086 del 22/11/2016**



**Relazione conclusiva**

**31 agosto 2017**



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

*Dipartimento di Scienze Agrarie - Centro Sperimentale per lo Studio e l'Analisi del Suolo (CSSAS)*



## INDICE

	Pag.
<b>A. RINATURALIZZAZIONE DI SITI INTERESSATI DA DISCARICHE MINERARIE</b>	<b>5</b>
<b>A1.FINALITÀ</b>	<b>5</b>
<b>A2. PROCEDURE E METODOLOGIE</b>	<b>5</b>
<b>A2.1 Individuazione dei siti di indagine con localizzazione georeferenziata delle aree di campionamento.</b>	<b>5</b>
<b>A2.2 Campionamento e conservazione suolo</b>	<b>6</b>
<b>A2.3 Preparazione dei campioni di suolo.</b>	<b>6</b>
<b>A2.4 Analisi fisiche e chimiche dei campioni di suolo.</b>	<b>6</b>
<b>A2.5 Mineralizzazione dei campioni di suolo.</b>	<b>7</b>
<b>A2.6 Lettura sul filtrato delle mineralizzazioni dei suoli mediante ICP-OES ed elaborazione dei dati relativi a macro e microelementi.</b>	<b>7</b>
<b>A3. RISULTATI</b>	<b>8</b>
<b>A3.1 Analisi chimico-fisiche</b>	<b>8</b>
<b>A3.2 Macro e microelementi totali (Estrazione in Aqua Regia)</b>	<b>8</b>
<b>A4. VALUTAZIONI</b>	<b>9</b>
<b>A4.1 Qualità agronomica dei campioni di suolo</b>	<b>9</b>
<b>A4.2 Concentrazione di microelementi e metalli pesanti nei campioni di suolo</b>	<b>9</b>
<b>A.5 CONCLUSIONI</b>	<b>11</b>
<b>B. MONITORAGGIO DI AREE PRIVATE ADIBITE A COLTURE ORTICOLE</b>	<b>13</b>
<b>B1. FINALITA'</b>	<b>13</b>
<b>B2. PROCEDURE E METODOLOGIE</b>	<b>13</b>
<b>B2.1 Individuazione dei siti di indagine con localizzazione georeferenziata delle aree di campionamento.</b>	<b>13</b>
<b>B2.2 Campionamento e conservazione suolo rizosferico</b>	<b>13</b>
<b>B2.3 Campionamento e conservazione organi dei prodotti orticolo</b>	<b>15</b>
<b>B2.4 Preparazione campioni di suolo rizosferico</b>	<b>16</b>
<b>B2.5 Preparazione campioni vegetali</b>	<b>16</b>
<b>B2.6 Mineralizzazione di campioni di suolo rizosferico</b>	<b>16</b>
<b>B2.7 Mineralizzazione di campioni di vegetali</b>	<b>16</b>
<b>B2.8 Lettura sul filtrato delle mineralizzazioni dei suoli rizosferici e dei vegetali mediante ICP-OES ed elaborazione dei dati relativi a macro e microelementi</b>	<b>16</b>
<b>B3. RISULTATI</b>	<b>17</b>
<b>B.4 VALUTAZIONI</b>	<b>17</b>
<b>B4.1 Valutazioni circa la concentrazione di EPT nei suoli rizosferici</b>	<b>17</b>
<b>B4.2 Valutazioni circa la concentrazione di EPT negli organi eduli dei vegetali orticoli</b>	<b>23</b>
<b>B5. CONCLUSIONI</b>	<b>27</b>
<b>Allegato A – Dati relativi alle concentrazioni in macro e microelementi presenti in alcuni organi di piante orticole e nei relativi suoli di rizosfera.</b>	



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

*Dipartimento di Scienze Agrarie - Centro Sperimentale per lo Studio e l'Analisi del Suolo (CSSAS)*

**La presente indagine è stata condotta da:**

***Prof.ssa Livia VITTORI ANTISARI (Coord.)***

***Dr.ssa Chiara FERRONATO***

***Dr. Andrea SIMONI***

***Prof. Gilmo VIANELLO***

Dipartimento di Scienze Agrarie (DipSA)

Centro Sperimentale per lo Studio e l'Analisi del Suolo (CSSAS)

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

Viale Fanin, 40 – 40127 Bologna

Tel. 051.2096210 Fax 051.2096203

E.mail livia.vittori@unibo.it



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Dipartimento di Scienze Agrarie - Centro Sperimentale per lo Studio e l'Analisi del Suolo (CSSAS)

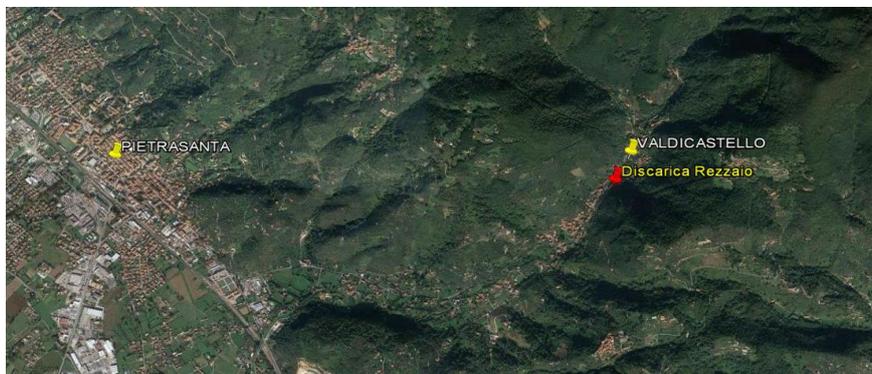
## A. RINATURALIZZAZIONE DI SITI INTERESSATI DA DISCARICHE MINERARIE

### A1.FINALITÀ

Determinare le caratteristiche chimico-fisiche di terreni di riporto da utilizzare per la rinaturalizzazione della discarica mineraria del Rezzaio nella frazione Valdicastello-Carducci e di eventuali altre discariche limitrofe. Valutare la idoneità di tali terreni a ripristinare un cotico erboso dopo essere stati in parte rimescolati con il materiale di ganga superficiale ed in parte a copertura superficiale, tenuto conto dei parametri di fertilità desumibili dalle analisi condotte.

### A2. PROCEDURE E METODOLOGIE

**A2.1 Individuazione dei siti di indagine con localizzazione georeferenziata delle aree di campionamento.** Il sopralluogo per effettuare il campionamento di un unico cumulo di terreno di riporto localizzato in frazione Valdicastello-Carducci, località Rezzaio, è stato effettuato nel luglio 2017 insieme a personale dell' Ufficio tecnico del Comune di Pietrasanta. Del sito sono state definite le coordinate nel sistema UTM-WGS84 (Figura A.1).



**Figura A.1**

*Localizzazione della discarica Rezzaio e punti di campionamento sul cumulo di terreno di riporto da utilizzarsi per azioni di rinaturalizzazione.*

*Coordinate dei punti di campionamento WGS 84 UTM32T*

*Campione 1*

*Long 601663 mE - Lat 4867789 mN*

*Campione 2*

*Long 601668 mE - Lat 4867790 mN*

*Campione 3*

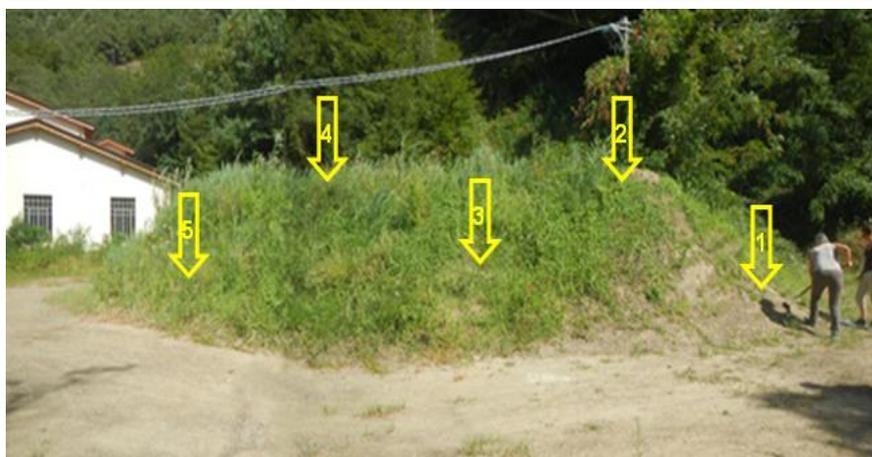
*Long 601669 mE - Lat 4867790 mN*

*Campione 4*

*Long 601670 mE - Lat 4867793 mN*

*Campione 5*

*Long 601676 mE - Lat 4867796 mN*





**A2.2 Campionamento e conservazione del suolo.** All'interno del cumulo sono stati effettuati cinque scavi con l'estrazione di monoliti di circa 25 cm di profondità e di ogni monolite sono stati raccolti circa 1000 g di suolo collocati in sacchetti di polietilene a loro volta siglati e sigillati in modo da garantirne la conservazione senza contatti con l'esterno.

**A2.3 Preparazione dei campioni di suolo.** I campioni di suolo, una volta giunti nei laboratori del DipSA-UNIBO, sono stati distribuiti su reticelle ricoperte di carta asciugante e lasciati asciugare all'aria in un ambiente a temperatura controllata di circa 25°C. Una volta essiccati sono stati disgregati con strumenti in legno e plastica, macinati con rulli di gomma e setacciati con un vaglio avente un diametro dei fori pari a 2mm. La matrice con diametro delle particelle inferiore ai 2 mm di diametro (terra fine) in barattoli di polietilene opportunamente siglati mentre i materiali di diametro superiore ai 2 mm (scheletro) sono stati pesati e rapportati al peso del suolo trattato. Parte della terra fine (<2 mm  $\emptyset$ ) è stata finemente polverizzata a <100  $\mu$ m con mulino a palle in contenitori di agata.

**A2.4 Analisi fisiche e chimiche dei campioni di suolo.** Le determinazioni fisico-chimiche sui campioni di terra fine (<2 mm  $\emptyset$ ) sono state effettuate secondo gli attuali metodi ufficiali italiani pubblicati su Gazzetta Ufficiale (G.N. n 248/99). La reazione del terreno (pH in H<sub>2</sub>O) è stata determinata da un potenziometro (1: 2,5 terreno: soluzione w/v) (pH-meter, Crison). La conducibilità elettrica (C.E.) è stata eseguita sul rapporto 1: 2,5 (w / v) utilizzando acqua distillata da un conduttore (Orion). Il contenuto totale di carbonato (CaCO<sub>3</sub>) è stato quantificato mediante metodo volumetrico (ISO 10693), secondo Loeppert e Suarez (1996). La tessitura è stata misurata su 10 g di terra fine utilizzando il metodo della pipetta dopo dispersione del campione con una soluzione di esametametafosfato di sodio (Gee e Bauder 1986). Il contenuto totale in sostanza organica (S.O.) è stato determinato ponderalmente mediante il metodo della calcinazione a 400 °C, mentre i contenuti totali in C organico (TOC) ed N organico (TN) sono stati determinati mediante analizzatore di combustione a secco (EA-1110 Thermo Scientific Lab) previa eliminazione dei carbonati mediante attacco con HCl concentrato. I cationi scambiabili (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>) sono stati determinati trattando 2,5 g di terra fine con 50 ml di Acetato d'Ammonio 1M a pH7 (Summer and Miller, 1996), successiva agitazione e filtrazione; l'analisi del filtrato è stata effettuata mediante spettrometria di emissione ottica al plasma (ICP-OES, Ametek, Arcos Spectro). La Capacità di Scambio Cationico (C.S.C.) è stata ottenuta dalla somma delle basi di scambio.



**A2.5 Mineralizzazione dei campioni di suolo.** Per determinare il contenuto in macro e microelementi totali nella frazione di suolo di diametro inferiore ai 2 mm, un aliquota di circa 250 mg, pesata con bilancia analitica di precisione, di ciascun campione omogeneizzato e polverizzato è stata versata in un recipiente in teflon insieme ad una soluzione di Aqua Regia (6 mL 37% HCl Plus e 2mL 65% HNO<sub>3</sub> Suprapur, E. Merck, Germania) e successivamente mineralizzata in un sistema chiuso a microonde del tipo Milestone, MLS 1200), dotato di sei contenitori, (*teflon bombs*) in politetrafluoroetilene (PTFE), materiale inerte e quindi privo di problemi di contaminazione e di adsorbimento. Il processo viene controllato da un programma specifico di digestione del suolo secondo Ferronato et al. (2013) e Vittori et al. (2013).

La procedura si basa sul metodo US-EPA 3052 e prevede la digestione totale del campione con una miscela di acidi forti in opportuni "digestori" sotto pressione. Attraverso la tecnologia a microonde, infatti, si possono superare diversi problemi legati alla solubilizzazione del campione come la possibilità di contaminazioni, la perdita dell'analita/i di interesse, fenomeni di adsorbimento specifici e l'incompleta disgregazione della matrice. L'uso del forno a microonde ad alta pressione permette di diminuire i tempi di trattamento, mantenendo una resa molto buona senza l'uso di acido fluoridrico (HF) che permetterebbe la completa mineralizzazione. Dopo raffreddamento le soluzioni mineralizzate sono state portate a volume (20 ml) con acqua milli-Q e poi filtrate con Carta da filtro Whatman quantitativa senza ceneri (Grado 42 e diametro 125 mm); il filtrato è stato conservato in appositi contenitori in plastica Falcon da 50 mL

**A2.6 Lettura sul filtrato delle mineralizzazioni dei suoli mediante ICP-OES ed elaborazione dei dati relativi a macro e microelementi.**

Per la determinazione delle concentrazioni di macro e microelementi presenti nelle mineralizzazioni effettuate sui campioni di suolo è stata utilizzata la tecnica della spettrometria di emissione con sorgente al plasma. In tale tecnologia il campione, usualmente alimentato come liquido viene convertito all'interno dello strumento in un aerosol attraverso un processo di nebulizzazione. L' aerosol viene quindi trasportato al plasma dove per le alte temperature gli atomi e gli ioni eccitati emettono le loro radiazioni caratteristiche. La radiazione viene rilevata e convertita in un segnale elettrico che l'analista impiega per risalire alla concentrazione. Nel caso specifico è stato utilizzato come strumento lo Spectro Arcos Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) della AMETEK. Sono stati analizzati 30 elementi sia nei suoli che nei vegetali utilizzando per il controllo standard internazionali (Certified



Reference Material) dell' European Commission-Joint Research Centre; nello specifico BCR 141R, 142R, 320R, per i suoli e BCR 60, 182, 482 per i vegetali.

### A3. RISULTATI

**A3.1 Analisi chimico-fisiche.** In tabella A.1 vengono riportati i risultati delle analisi chimico fisiche effettuate sui cinque campioni di suolo raccolti dal cumulo dei terreni di riporto sito in località Rezzaio. Per le metodologie analitiche si rimanda al paragrafo A2.5. La media dei risultati e la relativa deviazione standard evidenziano la buona omogeneità dei campioni di suolo prelevati.

**Tabella A.1 – Analisi chimico-fisiche dei campioni di suolo raccolti dal cumulo dei terreni di riporto**

Codice	pH (H <sub>2</sub> O)	C.E.	Carbonati totali (CaCO <sub>3</sub> )	Scheletro (Ø >2 mm)	Tessitura			S.O. (400°C)	TOC	TN	CSC	Basi scambiabili			
					Sabbia (Ø 2000- 50 µ)	Limo (Ø 50-2 µ)	Argilla (Ø <2 µ)					Ca	Mg	K	Na
	1:2,5	mS cm <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	%	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	%	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	cmol(+)/kg			
1	8,16	0,16	72,6	6,88	572	322	106	6,42	37,3	1,47	25,3	22,9	1,43	0,51	0,44
2	8,12	0,13	59,4	7,11	596	303	101	5,29	30,8	1,32	23,9	21,9	1,29	0,42	0,32
3	8,19	0,13	52,8	14,5	613	318	69	5,67	33,0	1,43	24,3	22,3	1,29	0,44	0,29
4	8,28	0,14	53,2	9,60	606	313	81	6,31	36,7	1,41	24,2	22,0	1,29	0,47	0,41
5	8,27	0,15	48,4	10,6	601	308	91	6,76	39,3	1,55	26,0	23,6	1,46	0,51	0,45
<b>media</b>	<b>8,20</b>	<b>0,14</b>	<b>57,3</b>	<b>9,74</b>	<b>597</b>	<b>313</b>	<b>90</b>	<b>6,09</b>	<b>35,4</b>	<b>1,44</b>	<b>24,7</b>	<b>22,5</b>	<b>1,35</b>	<b>0,47</b>	<b>0,38</b>
<b>dev. St.</b>	<b>0,07</b>	<b>0,01</b>	<b>9,4</b>	<b>3,10</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>0,60</b>	<b>3,50</b>	<b>0,12</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>0,09</b>	<b>0,04</b>	<b>0,07</b>

**A3.2 Macro e microelementi totali (Estrazione in Aqua Regia).** Nelle tabella A.2 e A3 vengono riportati i risultati relativi ai macro e microelementi totali presenti nei campioni di suolo prelevati dal cumulo dei terreni di riporto sito in località Rezzaio. Per le metodologie di estrazione e di lettura si rimanda ai paragrafi A2.6 e A2.7.

**Tabella A.2 – Determinazione dei macro elementi totali presenti nei campioni di suolo raccolti dal cumulo dei terreni di riporto**

Codice	Macroelementi totali (Aqua regia) (g kg <sup>-1</sup> )									
	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Ti
1	22,3	20,2	18,1	5,66	8,55	0,52	0,60	0,43	0,26	0,54
2	19,6	21,3	18,1	4,54	8,68	0,52	0,46	0,44	0,29	0,51
3	21,4	21,5	19,1	5,18	8,94	0,56	0,58	0,46	0,27	0,54
4	20,3	21,9	18,5	4,74	8,84	0,54	0,53	0,43	0,32	0,54
5	19,7	21,9	18,6	4,36	8,44	0,54	0,47	0,47	0,26	0,50
<b>media</b>	<b>20,6</b>	<b>21,3</b>	<b>18,5</b>	<b>4,89</b>	<b>8,69</b>	<b>0,54</b>	<b>0,53</b>	<b>0,45</b>	<b>0,28</b>	<b>0,53</b>
<b>dev.st.</b>	<b>1,2</b>	<b>0,7</b>	<b>0,4</b>	<b>0,52</b>	<b>0,20</b>	<b>0,02</b>	<b>0,07</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,02</b>

////

**Tabella A.3 – Determinazione dei microelementi totali presenti nei campioni di suolo raccolti dal cumulo dei terreni di riporto**

Codice	Microelementi totali (Aqua regia) (mg kg <sup>-1</sup> )									
	Ag	As	B	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg
1	<0,05	11,3	16,8	217	0,87	0,28	9,98	113,3	33,8	<0,01
2	<0,05	11,5	15,5	365	0,80	0,28	10,0	103,5	34,6	<0,01
3	<0,05	12,1	17,0	221	0,80	0,31	10,5	118,9	37,2	<0,01
4	<0,05	11,4	15,5	450	0,79	0,28	10,1	111,2	34,6	<0,01
5	<0,05	12,6	14,7	200	0,72	0,28	10,4	95,5	34,5	<0,01
media	<b>&lt;0,05</b>	<b>11,8</b>	<b>15,9</b>	<b>291</b>	<b>0,79</b>	<b>0,29</b>	<b>10,2</b>	<b>108</b>	<b>34,9</b>	<b>&lt;0,01</b>
dev. st.	---	0,6	1,0	111	0,10	0,01	0,2	9,1	1,3	---

Codice	Microelementi totali (aqua regia) (mg kg <sup>-1</sup> )									
	Li	Mo	Ni	Pb	Sb	Sn	Sr	Tl	V	Zn
1	31,8	1,58	48,6	53,2	3,09	2,30	56,6	<0,21	40,2	85,9
2	29,9	1,27	50,9	43,9	3,34	2,60	59,2	<0,21	36,3	88,4
3	32,5	1,52	52,8	44,7	2,95	2,26	59,6	<0,21	39,1	106
4	31,2	1,42	50,3	52,6	3,39	2,12	62,6	<0,21	37,0	114
5	30,2	1,35	50,4	44,1	3,03	2,16	55,7	<0,21	35,9	90,6
media	<b>31,1</b>	<b>1,40</b>	<b>50,6</b>	<b>47,7</b>	<b>3,20</b>	<b>2,30</b>	<b>58,7</b>	<b>&lt;0,21</b>	<b>37,7</b>	<b>96,9</b>
dev.st.	1,1	0,10	1,5	4,8	0,20	0,20	2,8	---	1,9	12,3

#### A4. VALUTAZIONI

**A4.1 Qualità agronomica dei campioni di suolo.** In tabella A.4 sono state riportati per ciascuna componente chimico-fisica le classi di valutazione agronomica a cui fare riferimento per definire il grado di fertilità e le eventuali carenze riscontrate nei campioni di suolo provenienti dal cumulo dei terreni di riporto di località Rezzaio. L'elevata omogeneità dei campioni raccolti fa sì che i loro valori ricadano per ogni carattere in una specifica classe che in tabella A.4 sono indicate con campiture in giallo. I campioni mostrano una tessitura franco sabbiosa con scheletro comune, reazione alcalina e conducibilità elettrica molto bassa. Elevati i contenuti in sostanza organica, carbonio ed azoto organici, capacità di scambio cationico e di calcio scambiabile; buoni i contenuti in fosforo totale e potassio scambiabile e sufficienti quelli riferiti ai carbonati totali, magnesio e sodio scambiabili. Non si è quindi osservata nessuna situazione di scarsità, né di concentrazioni eccessive relativamente ai principali elementi della fertilità presenti nei suoli indagati.

**A4.2 Concentrazione di microelementi e metalli pesanti nei campioni di suolo.** In tabella A.5 vengono messi a confronto i dati medi delle concentrazioni di microelementi e metalli pesanti riscontrati nei campioni di suolo del cumulo dei terreni di riporto in località Rezzaio (Tab. A.3) con i valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare previsti dal Decreto legislativo 03.04.2006, n. 152 (S.O. n.



**Tabella A.4.** Definizione della qualità chimico-fisica dei campioni di suolo analizzati riferita alle classi di valutazione agronomica e di fertilità dei terreni italiani

<b>Tessitura</b>	L'utilizzo del triangolo tessiturale USDA colloca tutti i campioni di suolo analizzati in un ambito ristretto appartenente alla classe dei terreni "franco sabbiosi" evidenziandone altresì l'omogeneità.						
------------------	---	--	--	--	--	--	--

	Molto acido	Acido	Subacido	Neutro	Sub alcalino	Alcalino	Molto alcalino
<b>Reazione del suolo (pH)</b>	<4,5	4,5-5,5	5,6-6,6	6,7-7,3	7,4-8,0	8,1-8,6	>8,6
	Unità di misura	Molto scarso	Scarso	Comune	Frequente	Abbondante	Molto abbondante
<b>Scheletro</b>	%	<1	1-5	6-15	16-35	36-70	>70
	Unità misura	Molto bassa	Bassa	Medio bassa	Medio Alta	Elevata	Eccessiva
<b>Conducibilità elettrica (CE)</b>	mS/cm	<0,5	0,5-1,0	1,1-2,0	2,1-4,0	4,1-8,0	>8,0
	Unità misura	Molto scarso	Scarso	Sufficiente	Buono	Elevato	Eccessivo
<b>Carbonati totali</b>	g/kg	<5	5-50	51-90	91-180	181-250	>250
<b>Sostanza organica totale (SO)</b>	%	<1,5	1,5-2,0	2,1-2,5	2,6-3,0	3,1-7,5	>7,5
<b>Carbonio organico totale (TOC)</b>	g/kg	<4	4-9	10-15	16-29	30-80	>80
<b>Azoto organico totale (TN)</b>	g/kg	0-0,4	0,5-1	1-1,5	1,5-2,1	2,1-3	>3
<b>Fosforo totale (P)</b>	g/kg	<0,10	0,10-0,20	0,21-0,35	0,35-0,60	0,60-1,50	>1,50
<b>Capacità di scambio cationico (CSC)</b>	cmol(+)/kg	<2	3-7	7-10	11-20	21-30	>30
<b>Ca scambiabile</b>	cmol(+)/kg	<2,0	2,0-5,0	5,1-7,5	7,6-12,5	12,5-25,0	>25,0
<b>Mg scambiabile</b>	cmol(+)/kg	<0,40	0,40-0,80	0,81-1,50	1,51-3,50	3,51-7,90	>7,90
<b>K scambiabile</b>	cmol(+)/kg	<0,10	0,10-0,25	0,26-0,35	0,36-0,50	0,51-1,20	>1,20
<b>Na scambiabile</b>	cmol(+)/kg	<0,15	0,15-0,40	0,41-0,90	0,91-2,50	2,51-3,50	>3,50

96 alla Gazzetta Ufficiale 14 aprile 2006 , n. 88 - Allegato 4/14 - Allegato 5 al Titolo V della Parte quarta).

Come si evince dai dati di tabella A.6, le concentrazione di metalli pesanti e microelementi presenti nei suoli prelevati dal cumulo dei terreni di riporto in località Rezzaio in nessun caso superano i limiti di soglia previsti dal D.Lgs. 152/2006 per siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale. Fa eccezione lo stagno, ma in questo caso è noto che il limite di 1 mg previsto dalla normativa è in fase di revisione in quanto il valore di soglia riscontrabile nella maggior parte dei suoli italiani si attesta intorno ad un valore medio di 2 mg/kg.



Elemento	Valori medi dei campioni di suolo prelevati dal cumulo in località Rezzaio (vedi Tab. A.3)	Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo in
Antimonio (Sb)	3,30 ±0,20	10
Argento (Ag)	<0,05	n.c.
Arsenico	11,8 ±0,6	20
Bario (Ba)	291 ±111	n.c.
Berillio (Be)	0,79 ±0,10	2
Boro (B)	15,9 ±1,0	n.c.
Cadmio (Cd)	0,29 ±0,01	2
Cobalto (Co)	10,2 ±0,2	20
Cromo tot. (Cr)	108 ±9,1	150
Mercurio (Hg)	<0,01	1
Litio (Li)	31,1 ±1,1	n.c.
Molibdeno (Mo)	1,40 ±0,10	n.c.
Nichel (Ni)	50,6 ±1,5	120
Piombo (Pb)	47,7 ±4,8	100
Rame (Cu)	34,9 1,3	120
Stagno (Sn)	2,30 0,20	1
Stronzio (Sr)	58,7 ±2,8	n.c.
Tallio (Tl)	<0,21	1
Vanadio (V)	37,7 ±1,9	90
Zinco (Zn)	96,9 ±12,3	150

**Tabella A.5**

*Confronto tra le concentrazioni di microelementi e metalli pesanti presenti nei suoli prelevati dal cumulo dei terreni di riporto in località Rezzaio e quelle previste dal D.lgs, 152/2006) come soglia di contaminazione riferiti ad una specifica destinazione d'uso*  
*Valori espressi in mg/kg di sostanza secca.*

**n.c. = non contemplato**

## A.5 CONCLUSIONI

I campioni di suolo prelevati dal cumulo di terreni di riporto in località Rezzaio hanno mostrato:

- una significativa omogeneità di tutte le componenti sia fisiche che chimiche;
- una buona qualità agronomica, in particolare caratterizzata da un elevato contenuto in sostanza organica, carbonio ed azoto organico, oltre ad una significativa stabilità del complesso di scambio cationico;
- l'assenza di carenza di nutrienti in particolare di fosforo e potassio;
- il non superamento dei valori soglia di contaminazione in metalli pesanti e microelementi previsti dalla normativa vigente, fatta eccezione per lo stagno.

In tal senso i suoli del cumulo dei terreni di riporto presente in località Rezzaio ben si prestano per effettuare le opere di rinaturalizzazione delle discarica presente e di eventuali altri siti interessati da depositi minerari. Da sottolineare in tal senso la capacità protettiva del suolo di aggregare gli agenti inquinanti e di mitigarne gli effetti nocivi, senza che ne venga compromessa la funzionalità. Questa qualità è tuttavia complessa e vulnerabile in quanto può subire modifiche in tempi brevi



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

*Dipartimento di Scienze Agrarie - Centro Sperimentale per lo Studio e l'Analisi del Suolo (CSSAS)*

successivamente alle opere di rinaturalizzazione. Nel caso specifico bisognerà tenere conto nel sistema di regimazione delle acque in quanto i suoli presentando tessitura franco sabbiosa saranno interessati da un drenaggio rapido delle acque; si tratterà quindi di procedere ad una rapido inerbimento successivamente alla distribuzione del suolo sulla superficie della discarica sia per favorire lo smaltimento rapido delle acque di superficie, sia per accelerare le forme di aggregazione all'interno del suolo contribuendo alla stabilizzazione della sua struttura.



## **B. MONITORAGGIO DI AREE PRIVATE ADIBITE A COLTURE ORTICOLE**

### **B1.FINALITÀ**

Giungere alla definizione degli ambiti agricoli rilevati in classi di vulnerabilità in funzione del grado di contaminazione del suolo e della possibilità di trasferimento di elementi potenzialmente tossici ai prodotti vegetali in essi coltivati in aree delimitate dal Comune di Pietrasanta lungo il corso del torrente Baccatoio a monte della via Sarzanese fino alla frazione di Valdicastello-Carducci e nella piana di conoide di parte della frazione del Pollino a confine con il Comune di Camaione.

### **B2. PROCEDURE E METODOLOGIE**

**B2.1 Individuazione dei siti di indagine con localizzazione georeferenziata delle aree di campionamento.** Nella fase organizzativa del monitoraggio sono stati individuati in collaborazione con gli Uffici tecnici del Comune di Pietrasanta una quarantina di siti che sono stati successivamente integrati alla luce dei primi risultati conseguiti. La prima fase operativa del monitoraggio, effettuata in collaborazione con funzionari dell'Azienda USL Toscana Nord Ovest, è stata avviata il giorno 15 novembre 2016 nell'area Valdicastello su 20 siti e proseguita il giorno 16 novembre 2016 nell'area Pollino su 18 siti. L'attività del primo giorno ha avuto il supporto logistico di componenti il Comitato Valdicastello. La seconda fase operativa del monitoraggio si è svolta nei giorni 18 e 19 luglio 2017 con le stesse modalità della prima fase rivisitando gli stessi siti e con l'inserimento di altri per ulteriori controlli od integrazioni. Di ogni sito sono state definite le coordinate nel sistema UTM-WGS84 e ritrascritto il nominativo del proprietario. (Figure B.1a e B.1b). Nel campionamento autunnale è stata privilegiata la raccolta di brassicacee (Es.: cavolo nero, rapa), mentre in quello estivo sono state scelte piante di pomodoro sia per diffusione che per diverso comportamento nell'assimilazione dei macro e microelementi; in mancanza di tali piante si è proceduto alla campionature di altre colture. In ogni sito è stato raccolto un campione di suolo a contatto con le radici (suolo rizosferico) delle piante campionate.

**B2.2 Campionamento e conservazione suolo rizosferico.** In ogni sito in corrispondenza della pianta prescelta è stato effettuato un scavo con l'estrazione di un pedon di 25 cm di lato e di profondità. Del pedon è stata effettuata la raccolta di porzioni di suolo a contatto con l'apparato radicale (suolo rizosferico) della pianta prescelta. Circa 500 gr di suolo sono stati collocati in sacchetti di polietilene a loro volta siglati e sigillati in modo da garantirne la conservazione.



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Dipartimento di Scienze Agrarie - Centro Sperimentale per lo Studio e l'Analisi del Suolo (CSSAS)

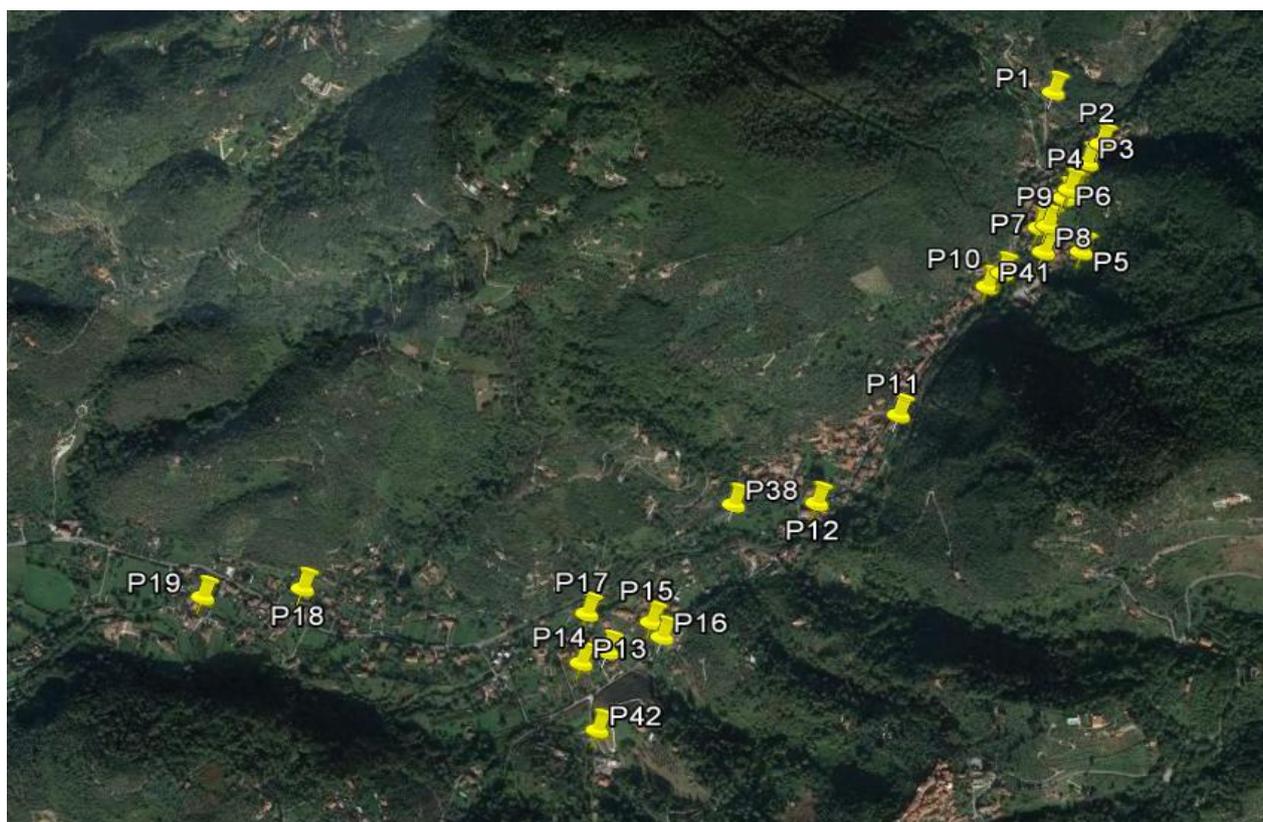
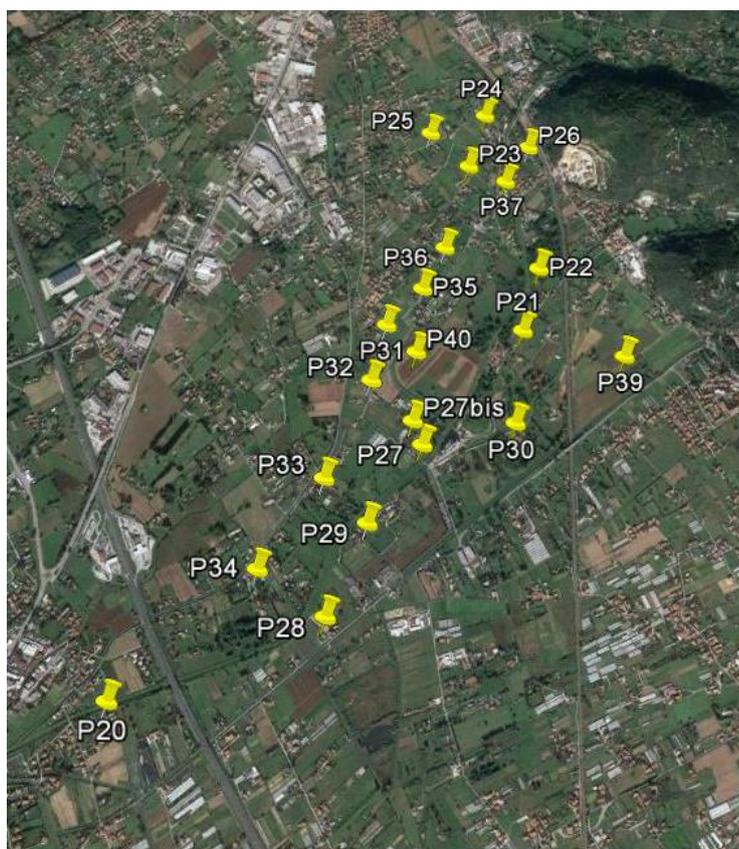


Figura B.1a – Localizzazione punti di monitoraggio area Valdicastello

////

ID	Coordinate UTM 32T		Coltura autunnale	Coltura estiva	Nominativo residente	Indirizzo e località
	mE	mN				
P1	601798	4868292	Cavolo	Pomodoro	Berretti Romano	Via Valdicastello, 226 - Valdicastello
P2	601900	4868180	Salvia	Pomodoro	Gorelli Marco	Valdicastello
P3	601873	4868135	Salvia	Pomodoro	Calcagnini Giuseppe	Valdicastello
P3bis	601874	4868135		Ortica	Calcagnini Giuseppe	Valdicastello
P4	601840	4868074	Salvia	Salvia	Gianni Francesca	Via Goito - Valdicastello
P4bis	601849	4868072		Uva	Gianni Francesca	Via Goito - Valdicastello
P5	601870	4867935	Salvia	Pomodoro	Calcagnini Enrico	Valdicastello
P6	601829	4868054	Cavolo/salvia	Pomodoro	Della Pina Margherita	Via del Pizzetto, 18 - Valdicastello
P7	601799	4867990	Salvia	Rosmarino	Lazzeri claudio	Via del Pizzetto, 12 - Valdicastello
P8	601841	4867951	Rapa	----	Federici Enrica	Via del Pizzetto, 10 - Valdicastello
P8bis	601793	4867931	---	Pomodoro	Federici Enrica	Via del Pizzetto 10 - Valdicastello
P9	601782	4867985	Salvia	---	Battistini maurizio	Via del Pizzetto 6 - Valdicastello
P10	601711	4867880	Salvia	---	Quadrelli lucio	Via Valdicastello, 289 - Valdicastello
P11	601515	4867552	Salvia	---	Benedetti laura	Via Valdicastello, 158 - Valdicastello
P12	601359	4867348	Rapa	Pomodoro	Ricci Paola	Via Valdicastello, 108 - Valdicastello
P13	600901	4866971	Cavolo	Pomodoro	Martucci Sauro	Via Regnalla, 5a - Valdicastello
P14	600952	4866999	Cavolo	Pomodoro	Lari Neda	Via Regnalla, 13 - Valdicastello
P15	601038	4867068	Cavolo	Pomodoro	Iacopini Aldo	Via Regnalla, 17 - Valdicastello
P16	601061	4867036	Cavolo	Pomodoro	Ansaldi Sauro	Via Regnalla, 16/18 - Valdicastello
P17	600907	4867081	Cavolo	Pomodoro	Culuccini Alice	Valdicastello
P18	600331	4867110	Cavolo	Pomodoro	Leonardi Maria Gloria	Via Valdicastello, 79 - Valdicastello
P19	600131	4867082	Cavolo	Pomodoro	Da prato Mario	Via Valdicastello, 32 - Valdicastello
P38	601191	4867337	Graminacee	Pomodoro	Bramanti	Valdicastello
P41	601682	4867848	----	Rosmarino		Via Valdicastello, 280 - Valdicastello
P42	600941	4866824	----	Acacia		Via Regnalla -- Valdicastello



**Figura B.1b**

Localizzazione punti di monitoraggio  
area Pollino

Nuovo ID	Coordinate UTM 32T		Coltura autunnale	Coltura estiva	Nominativo residente	Indirizzo e località
	mE	mN				
P20	598269	4864007	Salvia	Pomodoro	Pelletti Paolo	Via del Padule - Pollino
P21	599702	4865591	Rapa	Pomodoro	Politi Luciano	Via dello Stivale, 25 - Pollino
P22	599747	4865879	Cavolo	Pomodoro	Rossi Marisa	Via dello Stivale, 10 - Pollino
P23	599407	4866358	Cavolo	Pomodoro	Pelletti Linda	Via del Pagliaio, 38 - Pollino
P24	599454	4866616	Cavolo	Rosmarino	Arcolini Michele	Via del Pagliaio, 17 - Pollino
P25	599224	4866517	Cavolo	Pomodoro	Lorenzoni Ferruccio	Via Marchetti, 14 - Pollino
P26	599657	4866464	Cavolo	Pomodoro	Tartaglia Danilo	Via Baccatoio, 1 - Pollino
P27	599340	4865074	Cavolo	----	Barsotti Dario	Via delle Colmate, 11 - Pollino
P27bis	599291	4865175	----	Pomodoro	Barsotti Dario	Via delle Colmate, 11 - Pollino
P28	599043	4864363	Cavolo	Pomodoro	Da Prato Franco	Via Argivecchio, 83 - Pollino
P29	599159	4864740	Rapa	Pomodoro	Turini Pierluigi	Via Argivecchio, 103 - Pollino
P30	599705	4865183	Graminacee	Rosmarino/Salvia	Catelli Michela	Via del Mandriato, 18 - Pollino
P31	599137	4865591	Rapa	Pomodoro	Iscaro Luigi	Via Traversagna, 148 - Pollino
P32	599103	4865342	Cavolo	Pomodoro	Navari Franco	Via del Padule, 43 - Pollino
P33	598966	4864916	Graminacee	Rosmarino	Bianchi Giuseppe	Via del Padule, 51 - Pollino
P34	598756	4864536	Rapa	Pomodoro	Bottari Riccardo	Via del Padule, 77 - Pollino
P35	599268	4865764	Rapa	---	Sprawkin silvina	Via del Padule, 58 - Pollino
P36	599343	4865959	Graminacee	Pomodoro	Ricci Massimiliano	Via del Padule, 38 - Pollino
P37	599572	4866289	Bietola	Pomodoro	Tommasi Angelo	Via del Padule, 11 - Pollino
P39	600128	4865495	----	Fumento	Angeli Alberto	Via Crociale, 121 - Pollino
P40	599273	4865475	----	Mais		Cassa Espansione Inceneritore

**B2.3 Campionamento e conservazione organi dei prodotti orticoli.** Ogni pianta liberata dal pedon è stata sezionata separando la porzione ipogea da quella epigea; ogni porzione è stata distintamente collocata in un sacchetto di carta opportunamente siglata e sigillata.



Nel caso delle brassicacee sono state separati gli apparati radicali da quelli fogliari, mentre per il pomodoro la separazione ha riguardato gli apparati radicali, il fusto, le foglie ed i frutti.

**B2.4. Preparazione campioni di suolo rizosferico.** I campioni di suolo, una volta giunti nei laboratori del DipSA-UNIBO, sono stati distribuiti su reticelle ricoperte di carta asciugante e lasciati asciugare all'aria in un ambiente a temperatura controllata di circa 25°C. Una volta essiccati sono stati disgregati con strumenti in legno e plastica, macinati con rulli di gomma e setacciati con un vaglio avente un diametro dei fori pari a 2mm. Parte della terra fine è stata ulteriormente polverizzata con mulino a palle in contenitori di agata.

**B2.5 Preparazione campioni di vegetali.** I vari apparati radicali, fogliari e frutti sono stati sottoposti ad un lavaggio con acqua distillata debolmente acidificata con l'accortezza di eliminare le particelle di suolo rimaste a contatto con i tessuti vegetali. Ogni porzione di vegetale è stato nuovamente inserita in sacchetti di carta provvedendo alla determinazione del relativo peso come sostanza fresca. I sacchetti sono stati quindi collocati in stufa ventilata a 60° sino a completa essiccazione (mediamente 72 ore); si è quindi provveduto ad una nuova pesatura poter disporre del peso della sostanza secca. La perdita in peso tra componente allo stato naturale e dopo essiccazione varia a secondo dell'organo vegetale; è risultata compresa tra il 90 e l'86%, quindi con una massa secca residua media del 12%. Una porzione di sostanza secca è stata finemente macinata con apposito mulino vibrante.

**B2.6 Mineralizzazione di campioni di suolo rizosferico.** Per la metodologia inerente la mineralizzazione dei campioni di suolo rizosferico si rimanda al paragrafo A2.5.

**B2.7 Mineralizzazione di campioni di vegetali.** Per determinare il contenuto in microelementi nelle matrici solide organiche (frutti, foglie e radici) aliquote di vegetale finemente macinato (circa 0,4 g) sono state collocate in appositi contenitori in teflon e fatte reagire con una soluzione costituita da 6 ml di HNO<sub>3</sub> e 2 ml di H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ultrapuri. I contenitori chiusi ermeticamente sono stati inseriti mediante apposito contenitore rotante in forno a microonde professionale e sottoposti ad un processo di solubilizzazione totale a caldo in un sistema chiuso a microonde per circa 30 minuti. Per altre precisazioni di carattere tecnico e per le successive procedure metodologiche di preparazione dei campioni si rimanda a quanto descritto nel paragrafo A2.5.

**B2.8 Lettura sul filtrato delle mineralizzazioni dei suoli rizosferici e dei vegetali mediante ICP-OES ed elaborazione dei dati relativi a macro e microelementi.** Per la determinazione delle



concentrazioni di macro e microelementi presenti nelle mineralizzazioni effettuate sui campioni di vegetali e di suolo è stata utilizzata la tecnica della spettrometria di emissione con sorgente al plasma. In tale tecnologia il campione, usualmente alimentato come liquido viene convertito all'interno dello strumento in un aerosol attraverso un processo di nebulizzazione. L' aerosol viene quindi trasportato al plasma dove per le alte temperature gli atomi e gli ioni eccitati emettono le loro radiazioni caratteristiche. La radiazione viene rilevata e convertita in un segnale elettrico che l'analista impiega per risalire alla concentrazione. Nel caso specifico è stato utilizzato come strumento lo Spectro Arcos Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICO-OES) della AMETEK. Sono stati analizzati 30 elementi sia nei suoli che nei vegetali utilizzando per il controllo standard internazionali (Certified Reference Material) dell' European Commission-Joint Research Centre; nello specifico BCR 141R, 142R, 320R, per i suoli e BCR 60, 182, 482 per i vegetali.

### **B3. RISULTATI**

Nei tabulati da P1 a P42 riportati nell'Allegato A vengono riportati per singolo sito i valori delle concentrazioni di 10 macroelementi (Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, S, Ti) e di 20 microelementi (Ag, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Li, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, Sr, Tl, V, Zn) riscontrati nei tessuti degli apparati radicali, fogliari o frutti di piante orticole e nei suoli delle rispettive rizosfere raccolti durante i due campionamenti autunnale <sup>(a)</sup> ed estivo <sup>(e)</sup>. Tutti i valori sono espressi per i suoli in  $\text{mg kg}^{-1}$  e per i vegetali in  $\text{mg kg}^{-1}$  di sostanza secca. Il risultato di ogni determinazione deriva dalla media strumentale di tre letture effettuate in automatico nell'arco di tre minuti.

Ulteriormente per valutare il grado di ripetibilità è stata effettuata separatamente la lettura su due distinti campioni di suolo per 5 siti (P20,P27,P38,P39,P42), di vegetali fogliari eduli per 14 siti (P1,P6,P8,P12;P15,P19,P21,P24,P25,P26,P27,P32,P35,P37) e di frutti di pomodoro per 7 siti (P3,P5,P12,P23,P27bis,P32,P36).

### **B.4 VALUTAZIONI**

**B4.1 Valutazioni circa la concentrazione di EPT nei suoli rizosferici.** In tabella B.1, a sintesi dei dati riportati nel capitolo B.3, vengono espressi i valori di concentrazione di 12 EPT riscontrati nei suoli.



**Tabella B.1** - Concentrazione di alcuni EPT nel suolo rizosferico delle piante orticole raccolte nelle aree Valdicastello- Pollino nel corso dei monitoraggi 2016 e 2017. Valori espressi in mg kg<sup>-1</sup> di sostanza secca. I numeri in grassetto rosso indicano valori superiori alla concentrazione soglia di contaminazione nel suolo riferiti a siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale in riferimento al D.lgs, 152/2006, Allegato 4/14. (Per As>20; Cd>2; Cr tot.>150; Cu>120; Ni>120; Pb>100; Sb>10; Sn>2; Tl>1; Zn>150). In mancanza di riferimenti di legge, si segnalano i valori per Ba >2000 e per Mo >2).

Sito	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	Sb	Sn	Tl	Zn	
AREA VALDICASTELLO	P1	<b>78,3</b>	627	1,53	64,5	<b>158</b>	1,82	45,9	<b>169</b>	<b>12,6</b>	<b>2,73</b>	<0,21	<b>327</b>
	P2	12,7	1223	0,93	63,4	94,2	0,71	36,1	<b>113</b>	7,04	<b>3,50</b>	<0,21	<b>227</b>
	P3	<b>40,0</b>	1798	1,62	63,5	<b>128</b>	1,35	36,5	<b>171</b>	8,90	<b>3,60</b>	<0,21	<b>369</b>
	P3bis	17,9	1516	<b>2,05</b>	91,4	<b>310</b>	1,81	51,4	<b>87,8</b>	5,36	<b>2,61</b>	<b>2,13</b>	<b>544</b>
	P4	<b>49,7</b>	<b>2174</b>	1,73	52,9	92,8	1,90	36,6	<b>240</b>	9,98	<b>4,17</b>	<0,21	<b>363</b>
	P4bis	<b>53,4</b>	<b>2208</b>	1,84	61,6	103	1,78	41,2	<b>254</b>	9,77	<b>4,08</b>	<0,21	<b>389</b>
	P5	19,8	1096	0,78	65,9	<b>137</b>	1,59	37,8	77	5,10	<b>3,16</b>	<0,21	<b>185</b>
	P6	<b>54,3</b>	<b>2577</b>	<b>2,45</b>	53,0	<b>226</b>	1,90	36,9	<b>260</b>	<b>12,1</b>	<b>5,33</b>	0,43	<b>505</b>
	P7	<b>41,0</b>	<b>2525</b>	<b>2,27</b>	53,4	148	1,83	36,6	<b>200</b>	<b>10,8</b>	<b>5,03</b>	<0,21	<b>508</b>
	P8	<b>26,0</b>	<b>2547</b>	1,80	51,1	<b>261</b>	1,11	35,3	<b>194</b>	9,26	<b>8,23</b>	<0,21	<b>413</b>
	P8bis	<b>33,6</b>	<b>2270</b>	1,01	89,8	<b>237</b>	<b>2,38</b>	34,9	<b>126</b>	<b>10,2</b>	<b>3,50</b>	<0,21	<b>262</b>
	P9	<b>43,0</b>	<b>2562</b>	1,46	53,3	119	1,51	31,9	<b>182</b>	<b>10,3</b>	<b>3,50</b>	<0,21	<b>321</b>
	P10	<b>39,6</b>	<b>2549</b>	<b>2,37</b>	50,8	<b>426</b>	1,10	18,7	<b>432</b>	<b>17,6</b>	<b>3,18</b>	<0,21	<b>419</b>
	P11	<b>41,8</b>	<b>2554</b>	1,75	58,7	<b>201</b>	1,98	30,6	<b>273</b>	<b>14,3</b>	<b>3,52</b>	<0,21	<b>438</b>
	P12	<b>45,1</b>	1785	1,86	54,7	<b>220</b>	2,00	25,0	<b>504</b>	<b>22,2</b>	<b>2,83</b>	<0,21	<b>349</b>
	P13	<b>20,1</b>	426	0,39	28,8	86,3	1,11	17,5	67,7	4,27	1,52	<0,21	111
	P14	17,8	321	0,38	56,9	87,0	1,27	20,9	67,2	3,81	<b>2,01</b>	<0,21	103
	P15	18,9	459	0,41	39,8	46,7	1,65	20,4	68,4	3,92	<b>2,61</b>	<0,21	99,4
P16	10,7	257	0,39	60,4	<b>212</b>	1,58	18,2	73,2	3,00	<b>2,41</b>	<0,21	147	
P17	<b>22,2</b>	1005	0,73	27,0	<b>427</b>	0,95	19,3	<b>149</b>	6,84	<b>2,07</b>	<0,21	<b>160</b>	
P18	15,2	916	0,67	67,3	123	<b>3,07</b>	21,8	<b>206</b>	7,17	<b>3,76</b>	<0,21	<b>177</b>	
P19	17,2	568	0,45	22,4	<b>139</b>	0,80	16,3	78,0	4,86	1,51	<0,21	<b>187</b>	
P38	13,2	1322	0,41	22,7	33,1	1,26	16,0	94,0	5,03	<b>2,23</b>	<0,21	132	
P41	<b>40,2</b>	<b>2722</b>	<b>2,52</b>	49,3	<b>377</b>	0,98	17,3	<b>327</b>	<b>16,6</b>	<b>3,08</b>	<0,21	<b>388</b>	
P42	10,6	210	0,08	49,3	21,7	1,82	17,1	65,5	2,45	<b>2,31</b>	<0,21	<b>160</b>	
AREA POLLINO	P20	7,1	113	0,20	89,6	77,6	0,31	36,3	29,9	1,81	1,21	<0,21	79,7
	P21	<b>22,7</b>	809	0,92	27,0	46,7	1,10	19,2	<b>110</b>	7,02	1,89	<0,21	<b>185</b>
	P22	<b>29,0</b>	1848	0,80	15,9	101	1,27	15,9	<b>104</b>	9,17	1,49	0,22	<b>185</b>
	P23	<b>43,1</b>	2568	1,06	36,1	72,1	1,51	33,9	<b>224</b>	<b>16,4</b>	<b>2,47</b>	<0,21	<b>215</b>
	P24	<b>64,9</b>	2510	1,67	77,5	<b>149</b>	2,14	24,9	<b>638</b>	<b>27,3</b>	<b>3,49</b>	0,69	<b>326</b>
	P25	<b>31,3</b>	1765	0,79	34,6	<b>270</b>	1,19	20,5	<b>206</b>	<b>10,1</b>	1,61	<0,21	<b>160</b>
	P26	<b>20,9</b>	808	0,75	22,0	63,9	0,88	16,6	<b>169</b>	6,21	<b>2,29</b>	<0,21	<b>167</b>
	P27	<b>26,3</b>	<b>2590</b>	0,66	32,3	36,7	1,28	23,2	<b>78,7</b>	<b>17,5</b>	1,99	0,72	<b>159</b>
	P27bis	<b>27,2</b>	<b>3527</b>	0,90	67,5	60,6	<b>2,03</b>	28,5	104	<b>31,1</b>	<b>2,66</b>	0,54	<b>236</b>
	P28	<b>30,0</b>	643	1,41	39,9	73,0	1,19	31,1	<b>192</b>	8,06	1,70	<0,21	<b>311</b>
	P29	<b>20,8</b>	1421	1,36	37,4	86,2	0,80	22,5	<b>156</b>	8,54	1,99	<0,21	<b>289</b>
	P30	<b>32,4</b>	1060	0,97	28,0	39,2	1,03	21,9	<b>121</b>	8,74	1,66	<0,21	<b>196</b>
	P31	18,7	434	0,79	45,6	177	0,79	23,4	86,1	4,82	1,93	<0,21	<b>170</b>
	P32	19,8	882	0,51	36,8	45,4	0,88	25,2	77,9	5,02	1,99	<0,21	116
	P33	13,1	257	0,62	33,8	40,7	0,64	25,0	72,7	4,05	1,91	<0,21	114
	P34	14,5	219	0,66	55,2	99,5	0,63	34,7	82,9	4,25	<b>3,49</b>	<0,21	137
	P35	15,6	968	0,41	16,6	66,6	0,71	15,2	87,0	5,10	0,94	<0,21	96,8
	P36	18,2	463	0,48	28,8	50,3	0,80	19,8	72,5	4,46	<b>2,14</b>	<0,21	111
P37	<b>38,0</b>	<b>2490</b>	1,22	25,2	86,9	1,67	22,8	<b>154</b>	<b>12,1</b>	1,75	<0,21	<b>284</b>	
P39	<b>31,6</b>	248	0,48	89,3	65,9	0,87	67,9	61,9	4,51	2,92	<0,21	137	
P40	<b>22,2</b>	373	0,45	41,0	38,0	1,18	19,9	66,8	5,81	1,69	<0,21	91,8	



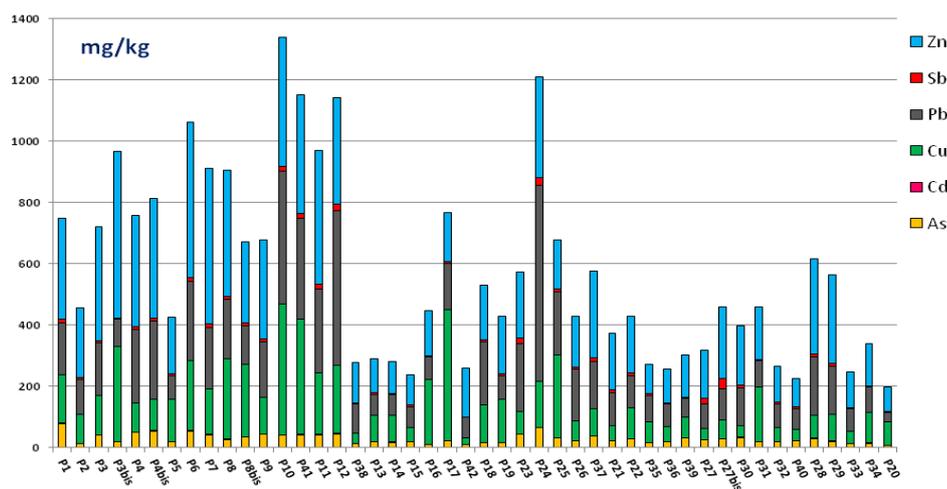
ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Dipartimento di Scienze Agrarie - Centro Sperimentale per lo Studio e l'Analisi del Suolo (CSSAS)

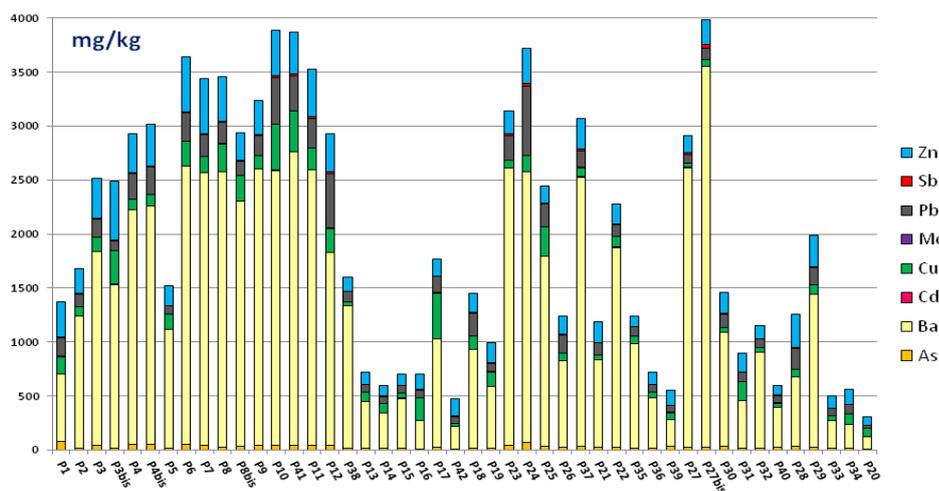
La gran parte dei siti mostra valori in Arsenico, Rame, Piombo, Stagno e Zinco superiori alla concentrazione soglia di contaminazione nel suolo previsti dal D.Lgs. 152 del 2006.

Si evidenziano concentrazioni di Bario particolarmente elevate, tali da superare spesso valori di 2000 mg/kg; viene preso come discriminante tale valore, non essendo prevista nella legislazione vigente una soglia limite per tale elemento.

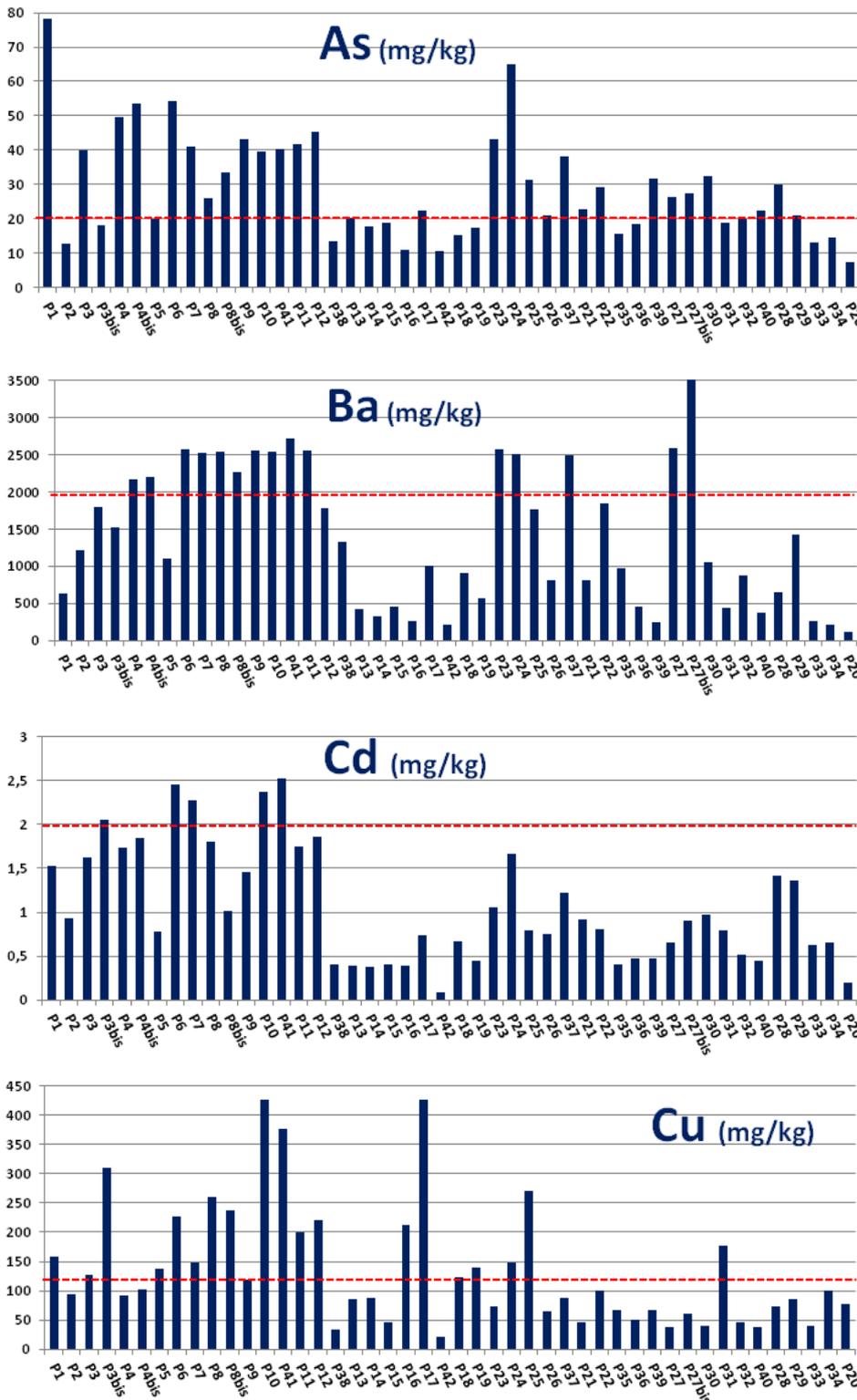
Nella figure B.2 vengono rappresentate le concentrazioni cumulative riferite ai sei elementi (As, Cd, Cu, Pb, Sb, Zn) previsti dalla normativa vigente potenzialmente tossici se superiori a certi limiti soglia; si evidenzia come nei siti posti a monte della frazione di Valdicastello si raggiungano valori di concentrazione cumulativa superiori ai 700 mg/kg, che vengono superati immediatamente più a valle (siti P10, P11, P12, P41) con valori cumulativi di 1000 mg/kg. Alle quote più basse a monte della strada statale Sarzanese i valori cumulativi risultano inferiori ai 300 mg/kg.



**Figura B.2**  
Rappresentazione cumulativa riferita a sei elementi potenzialmente tossici, Arsenico (As), Cadmio (Cd), Rame (Cu), Piombo (Pb), Antimonio (Sb), Zinco (Zn), (D.lgs. 152/2006) presenti nei suoli dei siti monitorati nelle aree di Valdicastello e del Pollino nel periodo 2016-2017.



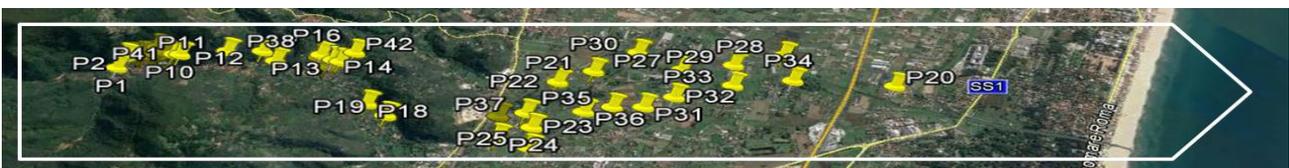
**Figura B.3**  
Rappresentazione cumulativa riferita a sei elementi potenzialmente tossici (Arsenico, Cadmio, Rame, Piombo, Antimonio, Zinco) (D.leg. 152/2006), oltre a Bario (Ba) e Molibdeno (Mo), presenti nei suoli dei siti monitorati nelle aree di Valdicastello e del Pollino nel periodo 2016-2017



**Figura B.4a**

Rappresentazione delle concentrazioni in Arsenico (As), Bario (Ba), Cadmio (Cd) e Rame (Cu) nei suoli dei siti monitorati da nord-est a monte del torrente Baccatoio (Area di Valcastello) e oltre la via Sarzanese verso sud-ovest (Area Pollino).

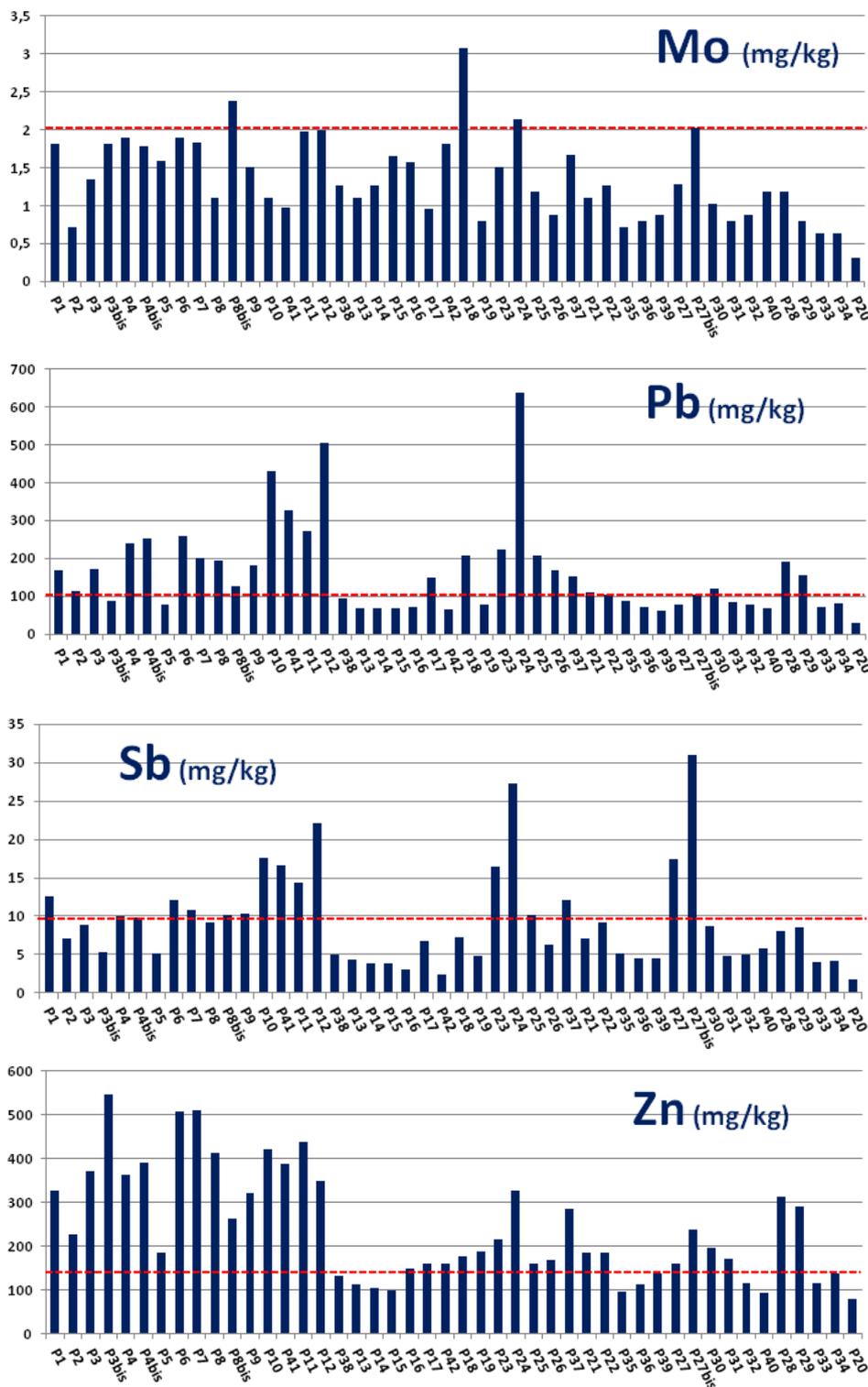
La riga tratteggiata in rosso rappresenta, per quel determinato elemento, il valore di concentrazione soglia di contaminazione nel suolo riferito a siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale in riferimento al D.lgs, 152/2006, Allegato 4/14. Non essendo il Bario contemplato nel dispositivo di legge, il limite soglia indicato si rifà alla bibliografia scientifica.





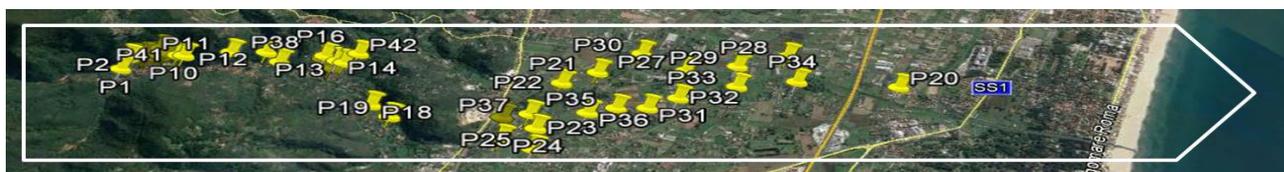
ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Dipartimento di Scienze Agrarie - Centro Sperimentale per lo Studio e l'Analisi del Suolo (CSSAS)



**Figura B.4b**  
Rappresentazione delle concentrazioni in molibdeno (Mo), piombo (Pb), antimonio (Sb) e zinco (Zn) nei suoli dei siti monitorati da nord-est a monte del torrente Baccatoio (Area di Valcastello) e oltre la via Sarzanese verso sud-ovest (Area Pollino).

La riga tratteggiata in rosso rappresenta, per quel determinato elemento, il valore di concentrazione soglia di contaminazione nel suolo riferito a siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale in riferimento al D.lgs, 152/2006, Allegato 4/14. Non essendo il molibdeno contemplato nel dispositivo di legge, il limite soglia indicato si riferisce alla bibliografia scientifica.

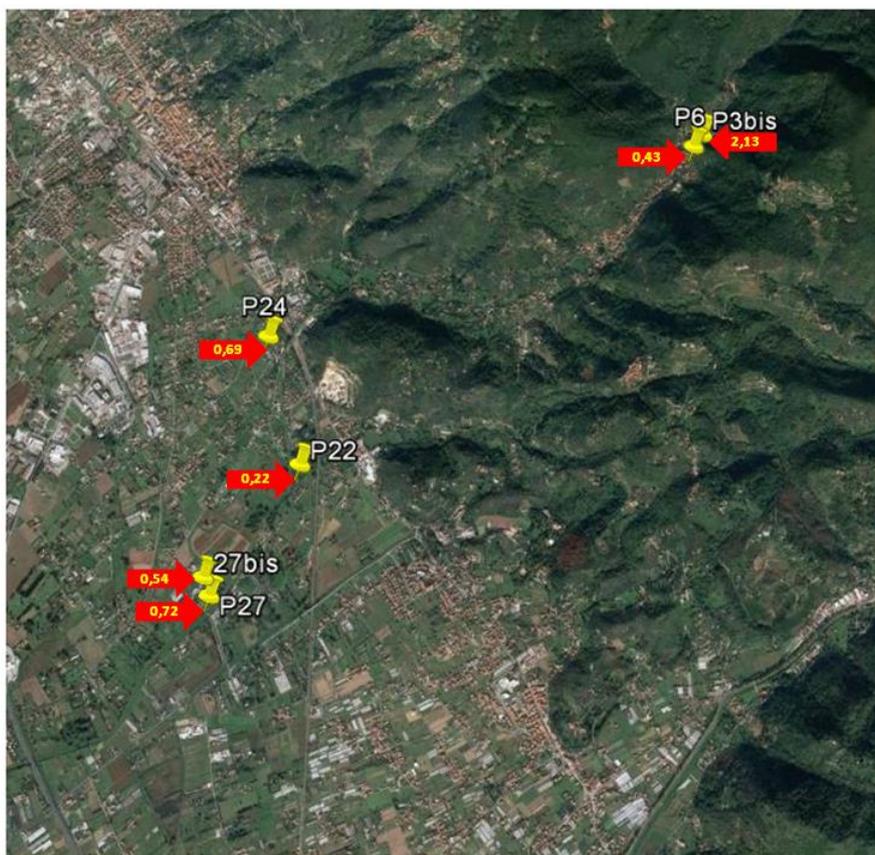




Nell'area Pollino, immediatamente a valle della S.S. Sarzanese le concentrazioni cumulative superano i 400 mg/kg con valori che possono raggiungere i 1200 mg/kg come nel caso del sito P24. Il restante territorio che degrada verso la linea di costa presenta situazioni variabili da siti a siti assestandosi mediamente su valori di concentrazione cumulativa media di 300 mg/kg. Se si aggiungono i valori di bario e molibdeno (Fig. B.3) la distribuzione dei siti risulta ancor più accentuata. E' evidente che tali rappresentazioni sono puramente indicative in quanto la tossicità di alcuni elementi si raggiunge a piccole concentrazioni (es: Cd, Mo, Sb) rispetto ad altri che invece richiedono concentrazioni più elevate (es.: Cu, Pb, Zn).

Le figure B.4a e B.4b evidenziano separatamente le concentrazioni nel suolo per sito di As, Ba, Cd, Cu, Mo, Pb, Sb, Zn; in ogni diagramma una linea rossa tratteggiata indica, per un determinato elemento, il valore di concentrazione soglia di contaminazione nel suolo riferito a siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale in riferimento al D.lgs, 152/2006, Allegato 4/14.

Nel caso specifico del Tallio la presenza dell'elemento nei suoli di rizosfera è stata evidenziata in concentrazioni apprezzabili solamente in sei siti (Fig. B.5).



**Figura B.5**

*Siti in cui il suolo rizosferico presenta concentrazioni apprezzabili in Tallio (Tl). In rosso i valori espressi in mg/kg.*



**B4.2 Valutazioni circa la concentrazione di EPT negli organi eduli dei vegetali orticoli.** Tranne che per As, Cd e Pb non sono presenti nell'ordinamento europeo, né in quello italiano, indicazioni circa i limiti delle concentrazioni di altri microelementi presenti nei prodotti alimentari vegetali freschi. I valori di concentrazione massima di Arsenico, Cadmio, Piombo stabiliti dal regolamento UE n.1881/2006 e successive modifiche variano a secondo del prodotto vegetale di utilizzo alimentare tra i 0,10-0,30 mg/kg di peso fresco; tali valori possono servire solo di riferimento per tutti gli altri EPT. Nelle tabella B.2 e B.3 vengono riportati i valori delle concentrazioni medie di alcuni elementi potenzialmente tossici (EPT) riscontrati negli apparati eduli di colture orticole prelevate nelle campagne di monitoraggio autunnale (novembre 2016) ed estiva (luglio 2017). In quella autunnale sono state prese come colture guida le specie vegetali appartenenti alla famiglia delle Brassicacee (Cavolo nero, Cavolo cappuccio, Cavolo rapa) ed in mancanza di queste, piante di salvia; di esse è stata considerata in particolare la parte fogliare in quando edule. Nella campagna estiva come coltivazione guida sono state scelte le piante di pomodoro ed in particolare il frutto, in quanto parte edule della pianta; in assenza di esse sono stati utilizzati apparati fogliari di piante di rosmarino e di salvia. Un ulteriore controllo è stato effettuato su piante coltivate di mais e di frumento.

**Campagna autunnale.** Nella campagna autunnale si è potuto osservare come in alcuni siti gli apparati eduli abbiano accumulato più EPT anche in concentrazioni elevate. Ad esempio nei siti P6, P7, P8, P9, P10, P11 P12 l'arsenico presenta un range di concentrazione tra 1,15-5,40 mg/kg ss, il piombo tra 2,64 e 91,2 mg/kg ss, lo zinco tra 64,6 e 111 mg/kg ss. Concentrazioni di As e Pb così elevate misurate in mg/kg di sostanza secca se riportate a sostanza fresca possono superare i limiti di concentrazione prevista dalla normativa comunitaria variabili tra i 0,10 ed i 0,30 mg/kg a seconda del prodotto vegetale utilizzato; nel caso specifico delle brassicacee la perdita in umidità nel passaggio dallo stato fresco a quello secco è mediamente dell'86%.

Nei siti P312, P32, P33, P34, P35 e P36 gli apparati fogliari delle piante monitorate (Rapa, cavolo nero, graminacee) presentano una concomitante concentrazione di molibdeno (intervallo 2,39-20,1 mg/kg ss) e stagno (intervallo 6,14-25,9 mg/kg ss).

Per quanto riguarda il tallio si è evidenziata la sua presenza in 11 siti in organi eduli di cavolo nero, ad evidenziare la capacità di assimilazione e di accumulo da parte di questo vegetale.



**Tabella B.2** Concentrazione di alcuni EPT negli apparati eduli di piante orticole raccolte nelle aree Valdicastello- Pollino nel corso del monitoraggio autunnale 2016. Valori espressi in mg kg<sup>-1</sup> di sostanza secca. I valori in grassetto nero indicano valori di concentrazione dell'elemento considerati elevati dalla letteratura scientifica: As>1,0 – Ba>100 - Cd>0,5 – Cr>2,5 – Cu>10 - Mo>2,0 – Ni>4,0 – Pb>1,5 – Sb>1,0 - Sn>5,0 – Tl>0,4 – Zn>50. I valori in grassetto rosso indicano valori di concentrazione eccessivi per elemento: As>5,0 – Ba>300 - Cd>1,5 – Cr>4,0 – Cu>50 - Mo>5,0 – Ni>8,0 – Pb>4,0 – Sb>3,0 - Sn>10,0 – Tl>1,3 - Zn>80.

	Sito	Vegetale	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	Sb	Sn	Tl	Zn
AREA VALDICASTELLO	P1	Cavolo nero	<0,10	32,9	<0,02	0,67	2,96	<b>9,63</b>	0,20	0,23	0,08	0,49	<0,03	13,9
	P2	Salvia	<0,10	57,6	<0,02	<b>2,60</b>	7,83	0,21	1,05	1,30	0,18	<b>20,0</b>	<0,03	<b>52,9</b>
	P3	Salvia	<0,10	45,1	<0,02	0,34	<b>12,1</b>	1,13	0,28	0,68	0,12	0,65	<0,03	32,8
	P4	Salvia	<0,10	<b>118</b>	<0,02	0,72	9,55	0,02	0,64	<b>2,25</b>	0,19	<b>8,30</b>	<0,03	<b>80,2</b>
	P5	Salvia	<0,10	55,9	<0,02	0,51	<b>15,9</b>	1,04	0,32	0,71	0,09	0,70	<0,03	<b>56,0</b>
	P6	Cavolo nero	<0,10	72,6	<0,02	<0,10	4,33	<b>2,43</b>	0,71	0,17	0,08	<b>9,13</b>	<b>1,32</b>	33,0
	P6	Salvia	<b>1,15</b>	<b>159</b>	0,02	1,83	<b>14,9</b>	<b>2,34</b>	<b>8,77</b>	<b>4,75</b>	0,27	<b>13,2</b>	<0,03	<b>64,6</b>
	P7	Salvia	<0,10	<b>109</b>	<0,02	1,03	<b>12,8</b>	1,44	<b>5,57</b>	<b>2,64</b>	0,16	<b>8,77</b>	<0,03	<b>61,6</b>
	P8	Rapa	<0,10	81,8	0,13	0,54	<b>16,1</b>	<b>2,64</b>	1,07	<b>2,13</b>	0,22	5,12	<0,03	44,3
	P9	Salvia	<0,10	<b>137</b>	<0,02	0,82	<b>14,0</b>	0,63	1,12	<b>1,95</b>	0,11	9,23	<0,03	<b>80,0</b>
	P10	Salvia	<b>1,96</b>	<b>675</b>	0,22	<b>4,24</b>	<b>50,9</b>	1,36	2,21	<b>28,3</b>	0,79	<b>18,9</b>	<0,03	<b>110</b>
	P11	Salvia	<0,10	43,4	<0,02	0,17	<b>15,0</b>	0,11	0,39	0,53	0,11	3,32	<0,03	31,2
	P12	Rapa	<b>5,49</b>	<b>368</b>	<b>0,86</b>	<b>7,63</b>	<b>73,2</b>	<b>7,77</b>	<b>4,33</b>	<b>91,2</b>	<b>1,19</b>	<b>8,40</b>	<0,03	<b>111</b>
	P13	Cavolo nero	<0,10	69,9	<0,02	1,90	4,36	<b>2,88</b>	1,02	0,81	0,14	0,84	<b>0,55</b>	13,8
	P14	Cavolo nero	<0,10	96,6	0,16	<b>2,60</b>	6,10	0,71	<b>10,5</b>	0,49	<0,02	0,38	<0,03	19,8
	P15	Cavolo nero	<0,10	42,7	0,21	1,50	6,14	0,32	1,41	0,51	0,12	<b>8,91</b>	<b>0,95</b>	43,1
	P16	Cavolo nero	<0,10	63,9	0,13	0,59	<b>12,6</b>	<b>2,82</b>	0,42	0,66	0,12	<b>5,15</b>	<0,03	31,4
	P17	Cavolo nero	<0,10	38,5	<0,02	0,12	8,82	<b>2,81</b>	0,36	0,74	0,10	<b>9,53</b>	<b>1,48</b>	32,5
	P18	Cavolo nero	<0,10	32,2	<0,02	1,80	3,17	<b>2,17</b>	<0,10	0,61	0,06	0,56	<b>0,42</b>	21,2
P19	Cavolo nero	<0,10	40,3	<0,10	<0,10	4,23	<b>4,52</b>	0,11	0,17	0,10	<b>17,2</b>	<b>0,89</b>	18,6	
P38	Erbe spont.e	<0,10	<b>256</b>	0,08	0,83	<b>18,1</b>	1,55	0,97	<b>1,56</b>	0,15	<b>15,0</b>	<0,03	<b>93,7</b>	
AREA POLLINO	P20	Salvia	<0,10	25,1	<0,02	<b>2,95</b>	14,6	0,46	2,55	1,44	0,12	<b>10,5</b>	<0,03	26,2
	P21	Rapa	0,31	<b>101</b>	0,22	0,59	9,78	<b>2,67</b>	<b>11,3</b>	1,48	0,10	<b>6,59</b>	<0,03	40,8
	P22	Cavolo nero	<0,10	89,3	0,02	0,28	4,43	<b>20,2</b>	1,62	0,44	0,10	0,47	<b>1,55</b>	25,6
	P23	Cavolo nero	<0,10	69,4	0,03	0,33	5,96	0,60	0,11	0,32	0,07	0,66	<b>1,54</b>	15,4
	P24	Cavolo nero	0,10	<b>153</b>	<b>0,52</b>	0,41	8,27	0,17	0,70	<b>1,76</b>	0,16	0,36	<b>4,87</b>	<b>125</b>
	P25	Cavolo nero	<0,10	34,6	<0,02	<0,10	4,59	<b>4,31</b>	<b>5,52</b>	0,26	0,12	<b>9,36</b>	<0,03	21,6
	P26	Cavolo nero	<0,10	24,3	<0,02	1,15	5,08	1,78	<0,10	0,19	0,11	0,35	0,68	21,1
	P27	Cavolo nero	<0,10	29,7	<0,02	0,79	4,46	<b>3,73</b>	0,76	0,83	0,16	3,46	<b>10,8</b>	14,0
	P28	Cavolo nero	<0,10	12,6	<0,02	<0,10	4,82	1,00	<b>9,00</b>	0,67	0,04	<b>9,30</b>	<b>1,65</b>	34,7
	P29	Rapa	<0,10	33,6	0,15	0,19	7,65	<b>3,42</b>	0,22	0,98	0,15	0,91	<0,03	31,2
	P30	Graminacee	0,12	<b>266</b>	0,10	0,96	<b>17,8</b>	1,49	1,02	<b>1,66</b>	0,14	<b>9,61</b>	<0,03	<b>111</b>
	P31	Rapa	<0,10	19,7	0,02	0,25	<b>12,4</b>	<b>2,55</b>	0,36	0,83	0,10	<b>6,26</b>	<0,03	25,1
	P32	Cavolo nero	<0,10	71,8	<0,02	0,38	3,75	<b>7,75</b>	0,17	0,46	0,11	<b>25,9</b>	<0,03	12,4
	P33	Graminacee	<0,10	98,6	<0,02	0,53	3,72	<b>20,1</b>	0,21	0,79	0,13	0,62	<0,03	11,8
	P34	Rapa	<0,10	43,3	0,16	0,51	7,05	<b>9,65</b>	<b>10,7</b>	0,45	<0,02	<b>19,6</b>	<0,03	27,7
	P35	Rapa	<0,10	2,92	<0,02	0,29	3,08	<b>6,82</b>	<0,10	0,38	0,10	<b>20,7</b>	<0,03	12,1
	P36	Graminacee	<0,10	89,2	0,15	0,33	9,75	<b>2,39</b>	<b>4,40</b>	0,71	0,06	<b>6,14</b>	<0,03	35,6
P37	Bietola	0,62	<b>125</b>	0,31	0,87	<b>13,7</b>	1,56	1,00	<b>2,99</b>	0,23	<b>8,51</b>	<0,03	<b>72,5</b>	

Cavolo nero (*Brassica oleracea* L. var. *palmifolia*) - Rapa (*Brassica rapa* L.) - Salvia (*Salvia officinalis* L.) – Erbe spontanee (*Asteracee* e *Plantaginacee*)



**Tabella B.3** Concentrazione di alcuni EPT negli apparati eduli di piante orticole raccolte nelle aree Valdicastello- Pollino nel corso del monitoraggio estivo 2017. Valori espressi in mg kg<sup>-1</sup> di sostanza secca. I valori in grassetto nero indicano valori di concentrazione dell'elemento considerati elevati dalla letteratura scientifica: As>1,0 – Ba>100 - Cd>0,5 – Cr>2,5 – Cu>10 - Ni>4,0 – Pb>1,5 – Sb>1,0 - Tl>0,4 – Zn>50. I valori in grassetto rosso indicano valori di concentrazione eccessivi per elemento: Cr>4,0 – Cu>50 - Ni>8,0 – Pb>4,0 – Zn>80

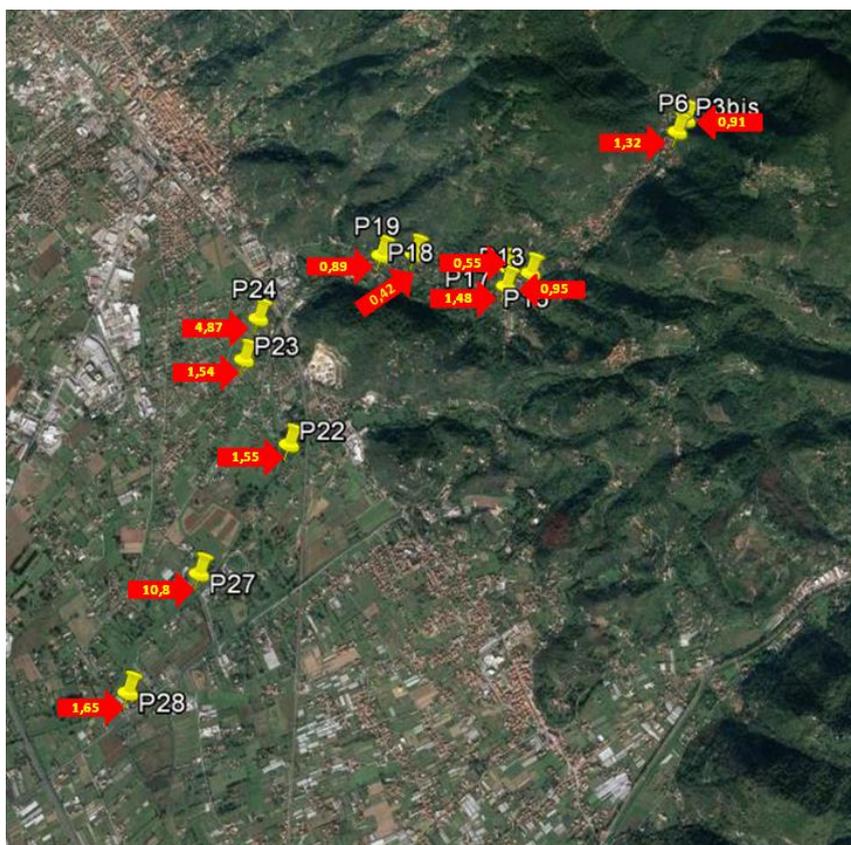
	Sito	Vegetale	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	Sb	Sn	Tl	Zn
AREA VALDICASTELLO	P1	Pomodoro	<0,10	4,84	0,25	0,77	1,19	<0,05	0,61	0,23	0,85	0,17	<0,03	22,2
	P3	Pomodoro	0,10	2,61	0,12	0,47	2,03	<0,05	0,41	0,25	0,96	0,16	<0,03	19,5
	P3bis	Ortica	<b>3,68</b>	<b>222</b>	<b>1,22</b>	<b>19,2</b>	<b>86,5</b>	4,90	<b>12,0</b>	<b>20,2</b>	<b>2,24</b>	0,13	<b>0,91</b>	<b>172</b>
	P4	Salvia	0,10	86,9	0,09	1,47	8,5	<0,05	0,81	<b>3,21</b>	0,95	0,38	<0,03	<b>78,5</b>
	P4bis	Uva	<0,10	38,2	0,06	0,44	7,20	<0,05	0,40	0,25	1,00	0,17	<0,03	9,10
	P5	Pomodoro	0,10	1,92	0,11	0,55	<b>14,1</b>	0,13	0,66	0,25	0,98	0,19	<0,03	27,1
	P6	Pomodoro	<0,10	2,05	0,23	0,63	4,99	0,29	0,61	0,26	0,89	0,24	<0,03	28,7
	P7	Rosmarino	<0,10	73,7	0,06	1,88	9,6	0,45	0,84	<b>2,69</b>	0,88	0,29	<0,03	<b>65,1</b>
	P8	Pomodoro	<0,10	4,63	0,14	0,62	<b>15,1</b>	<0,05	0,60	0,25	0,74	0,27	<0,03	20,1
	P12	Pomodoro	<0,10	2,58	0,15	0,79	<b>10,4</b>	0,21	0,48	0,27	0,88	0,15	<0,03	16,1
	P13	Pomodoro	<0,10	4,26	0,45	0,61	1,64	<0,05	0,79	0,25	0,85	0,19	<0,03	26,5
	P14	Pomodoro	0,21	2,69	0,16	1,43	1,66	<0,05	0,75	0,26	0,96	0,22	<0,03	26,2
	P15	Pomodoro	0,32	3,85	0,32	0,71	2,38	<0,05	0,89	0,27	0,93	0,15	<0,03	29,5
	P16	Pomodoro	<0,10	3,06	0,12	0,45	<b>10,2</b>	0,39	0,41	0,26	0,93	0,19	<0,03	14,5
	P17	Pomodoro	0,10	3,35	0,31	0,52	4,44	<0,05	0,58	0,25	<b>1,03</b>	0,18	<0,03	26,9
	P18	Pomodoro	0,10	3,44	0,19	0,60	1,57	0,32	0,52	0,25	0,92	0,26	<0,03	33,2
	P19	Pomodoro	<0,10	5,81	0,16	0,52	1,98	1,35	0,46	0,25	0,92	0,14	<0,03	17,5
	P41	Rosmarino	<0,10	76,0	0,07	1,11	<b>11,5</b>	0,10	0,68	<b>3,59</b>	<b>1,03</b>	0,39	<0,03	27,3
	P42	Acacia	<0,10	18,1	0,08	<b>5,81</b>	1,55	<0,05	<b>6,17</b>	0,24	0,82	0,15	<0,03	32,5
AREA POLLINO	P20	Pomodoro	<0,10	1,60	0,14	0,75	1,31	0,36	0,70	0,27	0,82	0,31	<0,03	24,7
	P21	Pomodoro	0,10	2,25	0,20	0,49	1,08	0,82	0,47	0,25	0,80	0,11	<0,03	17,5
	P22	Pomodoro	<0,10	5,69	0,27	0,89	2,08	<0,05	0,53	0,25	0,84	0,23	<0,03	22,3
	P23	Pomodoro	<0,10	2,87	0,38	0,49	1,15	<0,05	0,46	0,23	0,94	0,24	<0,03	19,9
	P24	Rosmarino	0,23	49,0	0,12	<b>2,56</b>	<b>10,3</b>	<0,05	1,11	<b>7,94</b>	<b>1,26</b>	0,40	<0,03	28,1
	P25	Pomodoro	<0,10	5,70	0,15	0,65	1,42	0,10	0,92	0,38	<b>1,05</b>	0,13	<0,03	23,6
	P26	Pomodoro	0,10	7,78	0,25	0,59	1,40	<0,05	0,56	0,25	0,73	0,18	<0,03	25,8
	P27bis	Pomodoro	0,10	6,17	0,31	0,88	1,55	0,50	0,64	0,26	0,81	0,21	<0,03	22,3
	P28	Pomodoro	0,24	1,51	0,50	0,67	<b>10,9</b>	<0,05	0,77	0,30	0,96	0,15	<0,03	19,2
	P29	Pomodoro	0,14	2,47	0,39	0,49	1,65	1,54	0,47	0,25	0,83	0,17	<0,03	26,6
	P30	Rosmarino	0,11	21,6	0,06	1,85	<b>12,5</b>	<0,05	0,95	<b>3,11</b>	0,83	0,21	<0,03	27,1
	P30	Salvia	<0,10	25,2	0,07	<b>2,58</b>	<b>10,6</b>	<0,05	1,14	<b>3,43</b>	<b>1,03</b>	0,29	<0,03	<b>58,2</b>
	P31	Pomodoro	<0,10	2,45	0,23	0,46	<b>13,0</b>	<0,05	0,47	0,26	0,95	0,25	<0,03	21,2
	P32	Pomodoro	0,10	3,84	0,20	0,59	<b>11,3</b>	0,12	0,50	0,24	0,90	0,17	<0,03	22,4
	P33	Rosmarino	<0,10	15,3	0,08	2,41	<b>16,5</b>	<0,05	1,08	<b>3,31</b>	<b>1,10</b>	0,45	<0,03	28,4
	P34	Pomodoro	<0,10	2,53	0,24	0,49	<b>12,1</b>	<0,05	0,57	0,26	0,90	0,29	<0,03	21,8
	P36	Pomodoro	0,10	2,07	0,14	0,50	2,50	<0,05	0,55	0,27	0,91	0,22	<0,03	24,0
	P37	Pomodoro	0,10	9,05	0,21	0,54	<b>18,3</b>	0,39	0,64	0,26	0,81	0,18	<0,03	<b>66,0</b>
	P39	Frumento	0,29	2,22	0,11	0,53	6,70	0,08	0,58	0,26	0,87	0,17	<0,03	40,5
P40	Mais	0,24	6,40	0,10	0,46	5,40	<0,05	0,58	1,02	0,92	0,16	<0,03	<b>55,2</b>	

Pomodoro (*Solanum lycopersicum* L.) - Rosmarino (*Rosmarinus officinalis* L.) - Salvia (*Salvia officinalis* L.) – Frumento (*Triticum* L.) – Mais (*Zea mays* L.)

La collocazione degli undici siti in cui si riscontra presenza di Tallio nei vegetali segue l'andamento del torrente Baccatoio e risultano ad esso adiacenti. Concentrazioni superiori a 1,1 mg/kg



dell'elemento si riscontrano a monte di Valdicastello e nell'area Pollino adiacente il corso del Baccatoio ed in particolare in prossimità dell'impianto dell'inceneritore.  
(Figura B.6).



**Figura B.6**

*Siti in cui gli organi eduli delle piante orticole (Brassicacee in particolare) presentano concentrazioni significative in tallio (Tl).*

*In rosso i valori espressi in mg/kg di sostanza secca.*

**Campagna estiva.** Nei frutti di pomodoro non sono emerse concentrazioni significative di EPT se non per il Rame che presenta un range molto ampio (da un minimo di 1,15 ad un massimo di 18,3 mg/kg); valori superiori a 10 mg/kg si sono riscontrati nei siti p5, P8, P12, P16, P28, P31, P32, P34 e P37. È probabile che l'incremento dell'elemento in molti siti sia da attribuire all'eccessivo uso del verderame come antigrittogamico e fungicida, con conseguente penetrazione dell'elemento nella cuticola dei frutti, rendendo difficile la rimozione nonostante il lavaggio con acqua distillata acidulata. Sempre nei frutti di pomodoro il Piombo è presente con un range di concentrazione compreso tra 0,23 e 0,38 mg/kg; non si è inoltre riscontrata presenza di tallio superiore al limite di sensibilità strumentale. Decisamente differente la concentrazione di rame e piombo nelle foglie di rosmarino o salvia, con valori superiori ai 10 mg/kg per il Cu e a 3 mg/kg per il Pb. Nelle foglie di rosmarino del sito P24 sono state riscontrate concentrazioni elevate in piombo (7,94 mg/kg), e



significative in cromo (2,56 mg/kg) e antimonio (1,26 mg/kg). Altri elementi potenzialmente tossici (es.: arsenico, cadmio, molibdeno, nichel, stagno, zinco) non hanno mostrato concentrazioni significative in tutte le piante orticole monitorate, tranne un caso riguarda l'analisi di una pianta di ortica coltivata nel sito P3bis dove le concentrazioni della maggior parte degli EPT risultano elevate con particolare evidenza per arsenico e tallio (Figura B.6), ad evidenziare la capacità di tale pianta di assimilare e di concentrare gli elementi presenti nel suolo.

## **B.5 CONCLUSIONI**

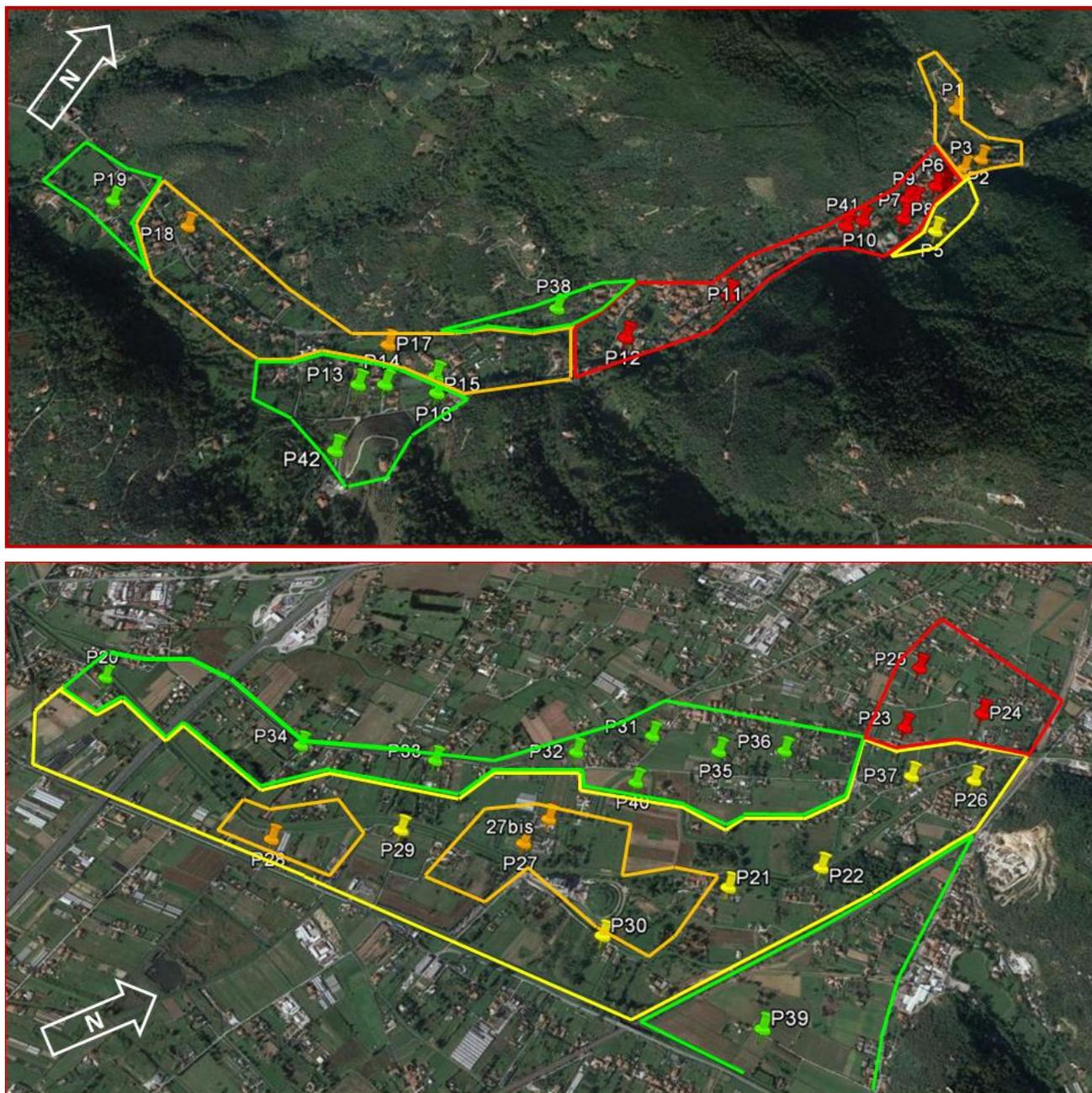
L'indagine condotta nell'intervallo temporale Novembre 2016 – Agosto 2017 nei territori circostanti il torrente Baccatoio ha permesso di conseguire due risultati significativi:

- la individuazione di ambiti territoriali diversi in funzione del differente grado di concentrazione di elementi potenzialmente tossici nei suoli;
- la differente capacità di assimilazione di elementi tossici da parte di coltivazioni orticole messe a dimora nei siti ricadenti nell'area di indagine.

**Delimitazione degli ambiti territoriali in funzione del grado di contaminazione dei suoli.** La determinazione analitica di campioni di suoli campionati in più di 40 siti interessati dalla possibile azione del torrente Baccatoio e delle pregresse attività di carattere minerario, ha permesso di distinguere alla macro scala ambiti di territorio in funzione della diversa concentrazione nei suoli di elementi potenzialmente tossici (EPT). La figura B.7 definisce in maniera orientativa tali ambiti che sono stati distinti in quattro classi.

Le aree delimitate con contorno rosso sono le più problematiche sia per la compresenza di più elementi tossici sia per i valori delle concentrazioni che risultano essere molto elevate rispetto ai limiti di soglia previsti dalla legislazione italiana. La criticità si riduce progressivamente passando dalle aree a campitura arancione a quelle a campitura gialla e infine a quelle a campitura verde.

**Selezione di piante orticole in funzione della diversa capacità di assimilare EPT.** Viene confermato il diverso comportamento delle piante coltivate ad assimilare gli elementi potenzialmente tossici nei loro diversi organi.



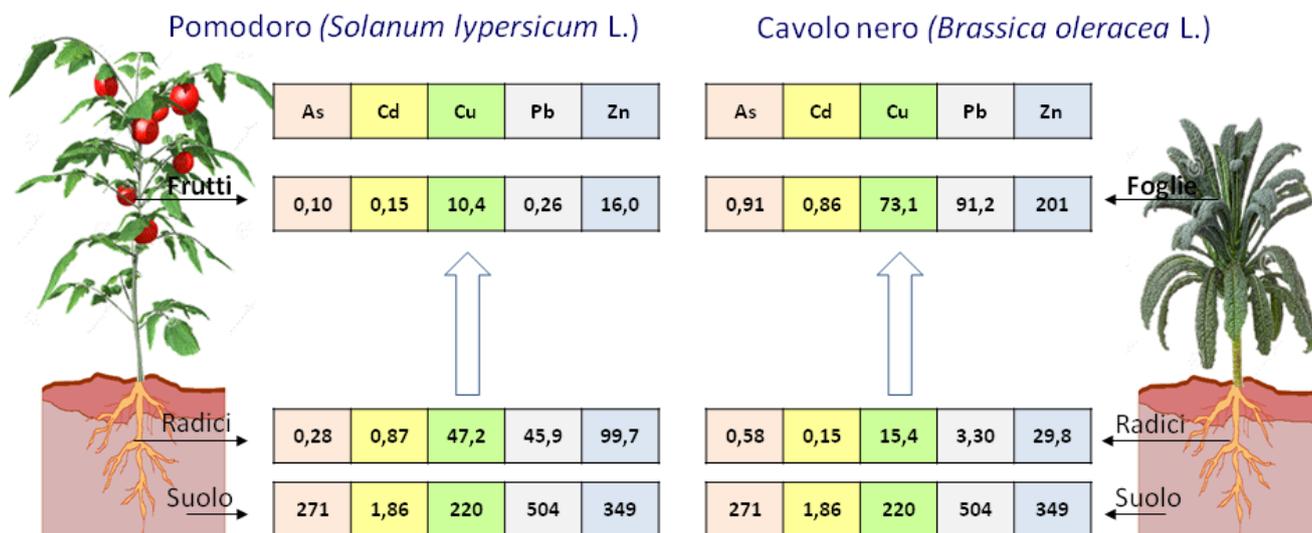
**Figura B.7** – Aree a differente grado di vulnerabilità in funzione della concentrazione nei suoli di elementi potenzialmente tossici (EPT). Nell'immagine in alto viene rappresentata l'area di monitoraggio dell'area Valdicastello; in basso quella dell'area Pollino.

- **Aree contornate in rosso:** siti in cui i suoli contengono più di tre EPT i cui valori superano del doppio i limiti di concentrazione soglia previsti dalla normativa vigente (D.Lgs. 152/2006).
- **Aree contornate in arancione:** siti in cui i suoli contengono da uno a due EPT i cui valori superano del doppio i limiti di concentrazione soglia previsti dalla normativa vigente (D.Lgs. 152/2006).
- **Aree contornate in giallo:** siti in cui i suoli contengono almeno tre EPT i cui valori superano i limiti di concentrazione soglia previsti dalla normativa vigente (D.Lgs. 152/2006).
- **Aree contornate in verde:** siti in cui i suoli contengono EPT in concentrazioni inferiori ai limiti di concentrazione soglia previsti dalla normativa vigente (D.Lgs. 152/2006).



La scelta di aver svolto due monitoraggi uno autunnale, prendendo a riferimento piante di brassicacee, ed uno estivo, prendendo a riferimento le piante di pomodoro, si è dimostrato di grande utilità per valutare il comportamento di specie vegetali frequentemente coltivate nei siti di indagine.

Dall'esempio di figura B.8, riferito alle coltivazioni suddette monitorate nel sito P12, area di Valdicastello, caratterizzato da un suolo ad elevato contenuto di elementi potenzialmente tossici, si può osservare che mentre nel cavolo nero gli EPT si trasferiscono dal suolo alle radici per poi accumularsi negli apparati fogliari, al contrario nel pomodoro tendono ad accumularsi nelle radici con un limitato trasferimento ai frutti.



**Figura B.8** - Trasferimento di EPT da un suolo contaminato (Sito P12) ai differenti organi di piante coltivate (pomodoro e cavolo nero).

Di conseguenza nei siti in cui i suoli presentano livelli di contaminazione significativa è opportuno limitare la coltivazione delle brassicacee e di tutte le specie vegetali che hanno gli apparati fogliari eduli prossimi alla superficie del terreno (es.: lattughe, radicchi, zucchine); al contrario si possono coltivare piante orticole rampicanti o ad alberello che possiedono fusti o steli particolarmente sviluppati in altezza come nel caso dei pomodori, fagioli, fagiolini, piselli.

Relativamente all'uso alimentare di prodotti orticoli che posseggano una determinata concentrazione di elementi potenzialmente tossici dovranno venire presi in considerazione fattori diversi riguardanti ad esempio il grado di mobilità e di assimilabilità degli elementi contaminanti, la loro concentrazione, la frequenza nell'uso alimentare dei vegetali contaminati, le caratteristiche



fisiche dell'individuo che utilizza tali alimenti. Compiti questi di valutazione che spettano alle istituzioni competenti in materia sanitaria.

Per concludere è opportuno ricordare che i siti individuati per i monitoraggi del novembre 2016 e del luglio 2017 sono stati visitati contemporaneamente dai due gruppi di lavoro del Dipartimento di Scienze Agrarie dell'Università di Bologna (UNIBO) e dell'Azienda USL Toscana Nord Ovest (USL12). Per confronto sono state raccolte foglie di Brassicacee nel monitoraggio autunnale e frutti di pomodoro in quello estivo. Campionamento ed analisi di laboratorio sono stati effettuati indipendentemente per permettere il successivo confronto e controllo del risultato analitico. Nelle tabelle B.4 e B.5 vengono riportati i risultati di tale confronto relativi alla concentrazione di alcuni EPT (espressi in mg/kg di sostanza fresca) in vegetali raccolti nello stesso sito. Per quanto concerne i dati riportati dall'Università di Bologna si evidenzia che i valori riportati derivano dal calcolo riferito alla differenza in peso tra sostanza fresca e sostanza secca del vegetale considerato (vedi paragrafo B2.5) quindi i risultati devono essere considerati a livello puramente indicativo.

**Tabella B.4** Valori di concentrazione di alcuni EPT (espressi in mg/kg di sostanza fresca) in foglie di Brassicacee raccolte nello stesso sito nel novembre 2016 da parte di due distinti gruppi di lavoro (UNIBO e USL12). I valori evidenziati in rosso rispecchiano aliquote superiori ai limiti indicati dalla Comunità Europea (As, Cd, Pb) o che possono essere ritenute troppo elevate per la sicurezza alimentare.

Sito	Vegetale	Arsenico (As)		Bario (Ba)		Cadmio (Cd)		Cromo (Cr)	
		unibo	USL12	unibo	USL12	unibo	USL12	unibo	USL12
P1	Cavolo nero	<0,02	0,03	6,58	5,50	<0,004	0,030	0,13	0,19
P6	Cavolo nero	<0,02	0,03	<b>14,5</b>	9,60	<0,004	0,030	<0,04	0,06
P12	Rapa	<b>1,10</b>	<b>0,54</b>	<b>73,6</b>	<b>20,2</b>	<b>0,172</b>	<b>0,070</b>	<b>1,53</b>	<b>1,16</b>
P13	Cavolo nero	<0,02	0,09	<b>14,0</b>	<b>15,4</b>	<0,004	0,030	0,38	<b>2,80</b>
P14	Cavolo nero	<0,02	0,03	<b>19,3</b>	9,50	0,032	0,030	0,52	<b>0,96</b>
P15	Cavolo nero	<0,02	0,02	8,54	8,50	0,042	0,080	0,14	<b>0,86</b>
P16	Cavolo nero	<0,02	0,02	12,8	4,80	0,026	0,040	0,12	0,27
P18	Cavolo nero	<0,02	0,09	6,44	11,2	<0,004	0,020	0,36	<b>1,47</b>
P19	Cavolo nero	<0,02	0,01	8,06	<b>21,9</b>	<0,004	0,020	<0,04	0,09
P21	Rapa	0,06	0,09	<b>20,2</b>	<b>12,0</b>	0,044	0,060	0,12	0,82
P22	Cavolo nero	<0,02	0,02	<b>17,9</b>	<b>13,7</b>	0,004	0,030	0,06	0,58
P23	Cavolo nero	<0,02	0,03	13,9	13,5	0,006	0,050	0,07	0,14
P24	Cavolo nero	0,02	0,05	<b>30,6</b>	<b>12,3</b>	0,104	0,070	0,08	0,19
P25	Cavolo nero	<0,02	0,02	6,92	7,40	<0,004	0,020	<0,04	0,40
P26	Cavolo nero	<0,02	0,04	4,86	10,1	<0,004	0,040	0,23	0,91
P27	Cavolo nero	<0,02	0,04	5,94	12,7	<0,004	0,020	0,16	0,59
P31	Rapa	<0,02	0,04	3,94	4,20	0,004	0,050	0,05	0,24
P32	Cavolo nero	<0,02	0,06	<b>14,4</b>	9,40	<0,004	0,060	0,08	0,14
P34	Rapa	<0,02	0,02	8,66	9,10	0,032	0,070	0,10	0,23
P35	Rapa	<0,02	0,02	0,58	13,9	<0,004	0,060	0,06	0,08
////									
		Manganese (Mn)		Nickel (Ni)		Piombo (Pb)		Tallio (Tl)	



Sito	Vegetale	unibo		USL12		unibo		USL12		unibo		USL12	
		unibo	USL12	unibo	USL12	unibo	USL12	unibo	USL12	unibo	USL12		
P1	Cavolo nero	4,72	4,42	0,04	0,10	0,05	0,11	<0,03	0,06				
P6	Cavolo nero	7,34	5,39	0,14	0,01	0,03	0,03	<b>0,26</b>	<b>0,39</b>				
P12	Rapa	<b>29,4</b>	<b>11,4</b>	0,87	0,55	<b>18,2</b>	<b>7,08</b>	<0,03	0,03				
P13	Cavolo nero	5,08	6,7	0,20	<b>1,52</b>	0,16	<b>0,23</b>	<b>0,11</b>	<b>0,33</b>				
P14	Cavolo nero	<b>57,9</b>	<b>25,9</b>	<b>2,10</b>	0,50	0,10	0,13	<0,03	0,15				
P15	Cavolo nero	<b>55,1</b>	<b>47,0</b>	0,28	0,71	0,10	0,08	<b>0,19</b>	<b>0,46</b>				
P16	Cavolo nero	4,54	2,16	0,08	0,10	0,13	0,12	<0,03	0,01				
P18	Cavolo nero	4,98	5,57	<0,02	0,71	0,12	<b>0,23</b>	0,08	0,21				
P19	Cavolo nero	5,38	5,85	0,02	<0,005	0,03	0,05	<b>0,18</b>	<b>1,09</b>				
P21	Rapa	8,06	5,14	<b>2,26</b>	0,36	<b>0,30</b>	<b>0,29</b>	<0,03	<0,005				
P22	Cavolo nero	4,84	6,67	0,32	0,27	0,09	0,17	<b>0,31</b>	0,12				
P23	Cavolo nero	7,40	8,17	0,02	0,07	0,06	0,09	<b>0,31</b>	<b>1,11</b>				
P24	Cavolo nero	<b>19,0</b>	<b>6,86</b>	0,14	0,14	<b>0,35</b>	<b>0,15</b>	<b>0,97</b>	<b>0,38</b>				
P25	Cavolo nero	9,94	4,97	1,10	0,19	0,05	0,05	<0,03	0,07				
P26	Cavolo nero	6,96	2,78	<0,02	0,49	0,04	0,10	0,14	<b>0,93</b>				
P27	Cavolo nero	5,92	4,38	0,15	0,31	0,17	<b>0,39</b>	<b>2,16</b>	<b>1,29</b>				
P31	Rapa	5,02	7,57	0,07	0,09	0,17	<b>0,26</b>	<0,03	0,01				
P32	Cavolo nero	6,96	3,32	0,03	0,02	0,09	0,13	<0,03	<0,005				
P34	Rapa	5,02	4,59	<b>2,14</b>	0,04	0,09	0,15	<0,03	0,02				
P35	Rapa	6,96	3,72	<0,02	<0,005	0,08	0,08	<0,03	<0,005				

**Tabella B.5** Valori di concentrazione di alcuni EPT (espressi in mg/kg di sostanza fresca) in frutti di pomodoro raccolti nello stesso sito nel luglio 2017 da parte di due distinti gruppi di lavoro (UNIBO e USL12). I valori evidenziati in rosso rispecchiano aliquote superiori ai limiti indicati dalla Comunità Europea (As, Cd, Pb) o che possono essere ritenute troppo elevate per la sicurezza alimentare.

Sito	Vegetale	Arsenico (As)		Bario (Ba)		Cadmio (Cd)		Cromo (Cr)	
		unibo	USL12	unibo	USL12	unibo	USL12	unibo	USL12
P1	Pomodoro	<0,010	< 0,005	0,58	<1,0	0,030	0,025	0,092	0,012
P3	Pomodoro	0,012	< 0,005	0,31	<1,0	0,014	0,032	0,056	0,033
P5	Pomodoro	0,012	0,014	0,23	<1,0	0,013	0,050	0,066	0,032
P6	Pomodoro	<0,010	0,010	0,25	<1,0	0,028	0,029	0,076	0,019
P8	Pomodoro	<0,010	< 0,005	0,56	<1,0	0,017	0,014	0,074	0,018
P12	Pomodoro	<0,010	< 0,005	0,31	<1,0	0,018	0,012	0,095	< 0,005
P13	Pomodoro	<0,010	< 0,005	0,51	<1,0	0,054	0,021	0,073	< 0,005
P14	Pomodoro	0,025	< 0,005	0,32	<1,0	0,019	0,011	0,172	0,065
P15	Pomodoro	0,038	0,007	0,46	<1,0	0,038	0,014	0,085	0,007
P16	Pomodoro	<0,010	0,007	0,37	<1,0	0,014	0,075	0,054	0,018
P17	Pomodoro	0,012	0,017	0,40	<1,0	0,037	0,023	0,062	0,013
P18	Pomodoro	0,012	< 0,005	0,41	<1,0	0,023	0,013	0,072	0,041
P19	Pomodoro	<0,010	0,006	0,70	<1,0	0,019	0,009	0,062	0,012
P20	Pomodoro	<0,010	0,027	0,19	<1,0	0,017	0,021	0,090	0,009
P21	Pomodoro	0,012	0,017	0,27	<1,0	0,024	0,024	0,059	< 0,005
P22	Pomodoro	<0,010	0,011	0,68	<1,0	0,032	0,015	0,107	0,022
P23	Pomodoro	<0,010	< 0,005	0,34	<1,0	0,046	0,020	0,059	0,013
P25	Pomodoro	0,011	0,009	0,68	<1,0	0,018	0,013	0,078	0,006
P26	Pomodoro	0,012	0,018	0,93	<1,0	0,030	0,106	0,071	0,047
P27b	Pomodoro	0,012	< 0,005	0,74	<1,0	0,037	0,038	0,106	0,013
P28	Pomodoro	0,029	< 0,005	0,18	<1,0	0,060	0,163	0,080	0,045
P29	Pomodoro	0,017	0,026	0,30	<1,0	0,047	0,031	0,059	0,019
P31	Pomodoro	0,011	0,011	0,29	<1,0	0,028	0,033	0,055	< 0,005
P32	Pomodoro	0,012	0,005	0,46	<1,0	0,024	0,016	0,071	<0,005
P34	Pomodoro	0,011	0,005	0,30	<1,0	0,029	0,027	0,059	0,07



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Dipartimento di Scienze Agrarie - Centro Sperimentale per lo Studio e l'Analisi del Suolo (CSSAS)

P36	Pomodoro	0,012	0,01	0,25	<1,0	0,017	0,007	0,060	0,007
P37	Pomodoro	0,012	0,015	1,09	<1,0	0,025	0,076	0,065	0,027

////

Sito	Vegetale	Manganese (Mn)		Nickel (Ni)		Piombo (Pb)		Tallio (Tl)	
		unibo	USL12	unibo	USL12	unibo	USL12	unibo	USL12
P1	Pomodoro	1,176	0,764	0,073	< 0,005	0,028	< 0,005	<0,004	< 0,005
P3	Pomodoro	1,152	0,477	0,049	< 0,005	0,030	0,075	<0,004	0,007
P5	Pomodoro	0,984	0,476	0,079	< 0,005	0,030	< 0,005	<0,004	< 0,005
P6	Pomodoro	1,500	2,323	0,073	< 0,005	0,031	< 0,005	<0,004	< 0,005
P8	Pomodoro	1,524	0,762	0,072	< 0,005	0,030	< 0,005	<0,004	< 0,005
P12	Pomodoro	1,104	0,59	0,058	< 0,005	0,032	< 0,005	<0,004	< 0,005
P13	Pomodoro	2,076	0,654	0,095	< 0,005	0,030	< 0,005	<0,004	< 0,005
P14	Pomodoro	1,704	1,248	0,090	< 0,005	0,031	< 0,005	<0,004	< 0,005
P15	Pomodoro	2,784	0,561	0,107	< 0,005	0,032	< 0,005	<0,004	< 0,005
P16	Pomodoro	0,768	0,503	0,049	< 0,005	0,031	< 0,005	<0,004	< 0,005
P17	Pomodoro	1,464	0,592	0,070	< 0,005	0,030	< 0,005	<0,004	< 0,005
P18	Pomodoro	1,392	0,717	0,062	< 0,005	0,030	< 0,005	<0,004	< 0,005
P19	Pomodoro	1,584	0,620	0,055	< 0,005	0,030	< 0,005	<0,004	< 0,005
P20	Pomodoro	1,356	0,536	0,084	< 0,005	0,032	< 0,005	<0,004	< 0,005
P21	Pomodoro	1,104	0,475	0,056	< 0,005	0,030	0,011	<0,004	< 0,005
P22	Pomodoro	1,236	0,603	0,064	< 0,005	0,030	< 0,005	<0,004	< 0,005
P23	Pomodoro	1,428	0,564	0,055	< 0,005	0,026	0,018	<0,004	< 0,005
P25	Pomodoro	1,572	0,723	0,110	< 0,005	0,046	< 0,005	<0,004	< 0,005
P26	Pomodoro	1,464	0,913	0,067	< 0,005	0,030	< 0,005	<0,004	< 0,005
P27b	Pomodoro	1,056	0,543	0,077	< 0,005	0,031	< 0,005	<0,004	< 0,005
P28	Pomodoro	1,176	0,333	0,092	< 0,005	0,036	< 0,005	<0,004	< 0,005
P29	Pomodoro	1,044	0,768	0,056	< 0,005	0,030	< 0,005	<0,004	< 0,005
P31	Pomodoro	0,936	0,308	0,056	< 0,005	0,031	0,024	<0,004	< 0,005
P32	Pomodoro	1,236	0,522	0,060	< 0,005	0,029	< 0,005	<0,004	< 0,005
P34	Pomodoro	1,416	0,286	0,068	< 0,005	0,031	< 0,005	<0,004	< 0,005
P36	Pomodoro	0,984	0,950	0,066	< 0,005	0,032	< 0,005	<0,004	< 0,005
P37	Pomodoro	1,236	0,431	0,077	< 0,005	0,031	< 0,005	<0,004	0,013

Bologna, 31 agosto 2017

Il Responsabile Scientifico CSSAS  
Dipartimento di Scienze Agrarie Università di Bologna  
Prof.ssa Livia Vittori Antisari