

ECOSISTEMI



NEW LIFE



## MIGLIORAMENTO DEL SUOLO

LA TECNOLOGIA PER IL RIPRISTINO DEI SUOLI DEGRADATI  
PEDOLOGIA APPLICATA DALLA TEORIA ALLA PRATICA

19-20 Maggio, 2016 - Palazzo Farnese - Piacenza - ITALIA

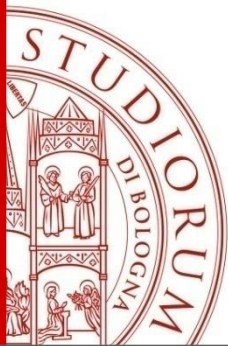
The background image shows a cross-section of soil with green vegetation growing on top. A yellow measuring tape is placed vertically on the left side of the soil profile.

**Pedogenesi naturale ed assistita  
per la riabilitazione di suoli contaminati da EPT**

*Natural and assisted pedogenesis  
for PTE contaminated soils rehabilitation*

***Gilmo Vianello & Livia Vittori Antisari***

**Dipartimento di Scienze Agrarie - Alma Mater Studiorum Università di Bologna**

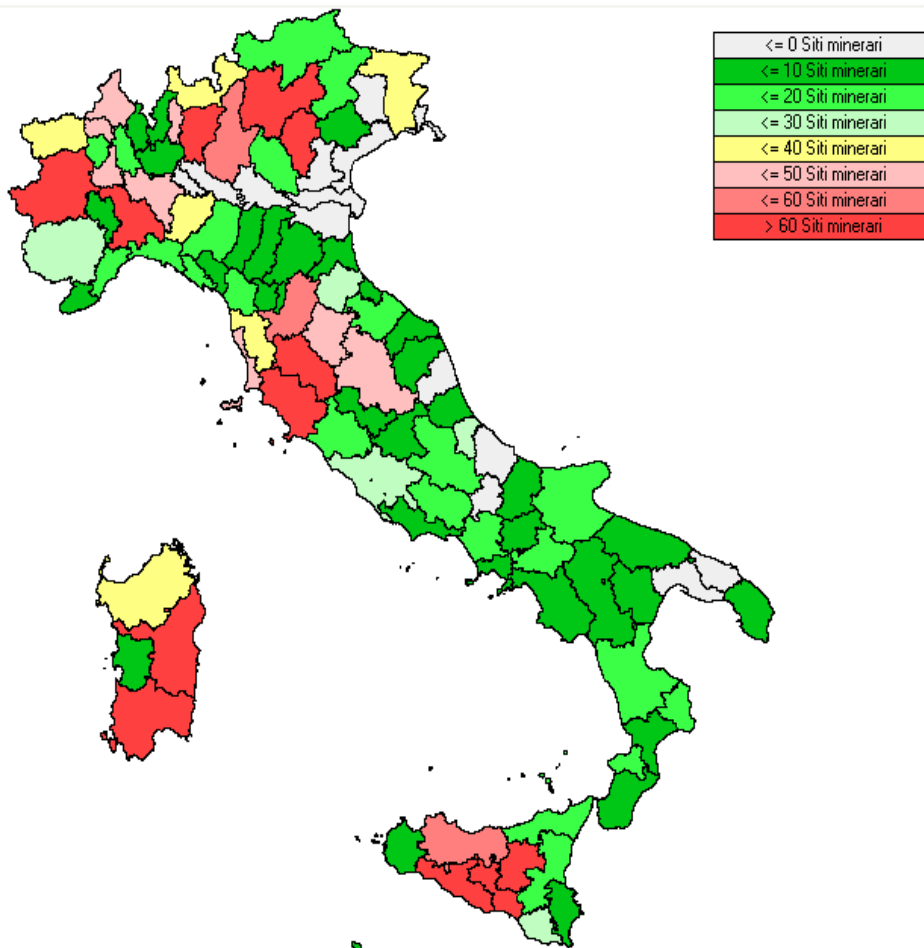


# Comprensori minerari e siti contaminati

## Il Censimento dei siti minerari abbandonati

Alcune regioni italiane sono state interessate nel passato da importanti attività minerarie.

Tali attività sono state per lo più dismesse, ma persistono siti che a causa dei materiali estratti, presentano significativi livelli di inquinamento.

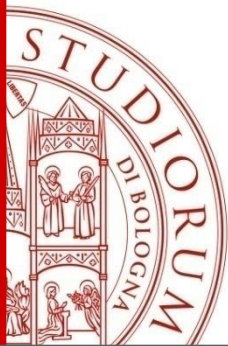


<= 0 Siti minerari
<= 10 Siti minerari
<= 20 Siti minerari
<= 30 Siti minerari
<= 40 Siti minerari
<= 50 Siti minerari
<= 60 Siti minerari
> 60 Siti minerari

Piemonte	375
Valle D'Aosta	37
Lombardia	294
Trentino Alto Adige	80
Veneto	114
Friuli Venezia Giulia	32
Liguria	46
Emilia-Romagna	86
Toscana	416
Umbria	52
Marche	24
Lazio	70
Abruzzo	40
Molise	5
Campania	40
Puglia	20
Basilicata	7
Calabria	60
Sicilia	765
Sardegna	427
Totale	2990

Censimento dei siti minerari abbandonati (1870 – 2006)

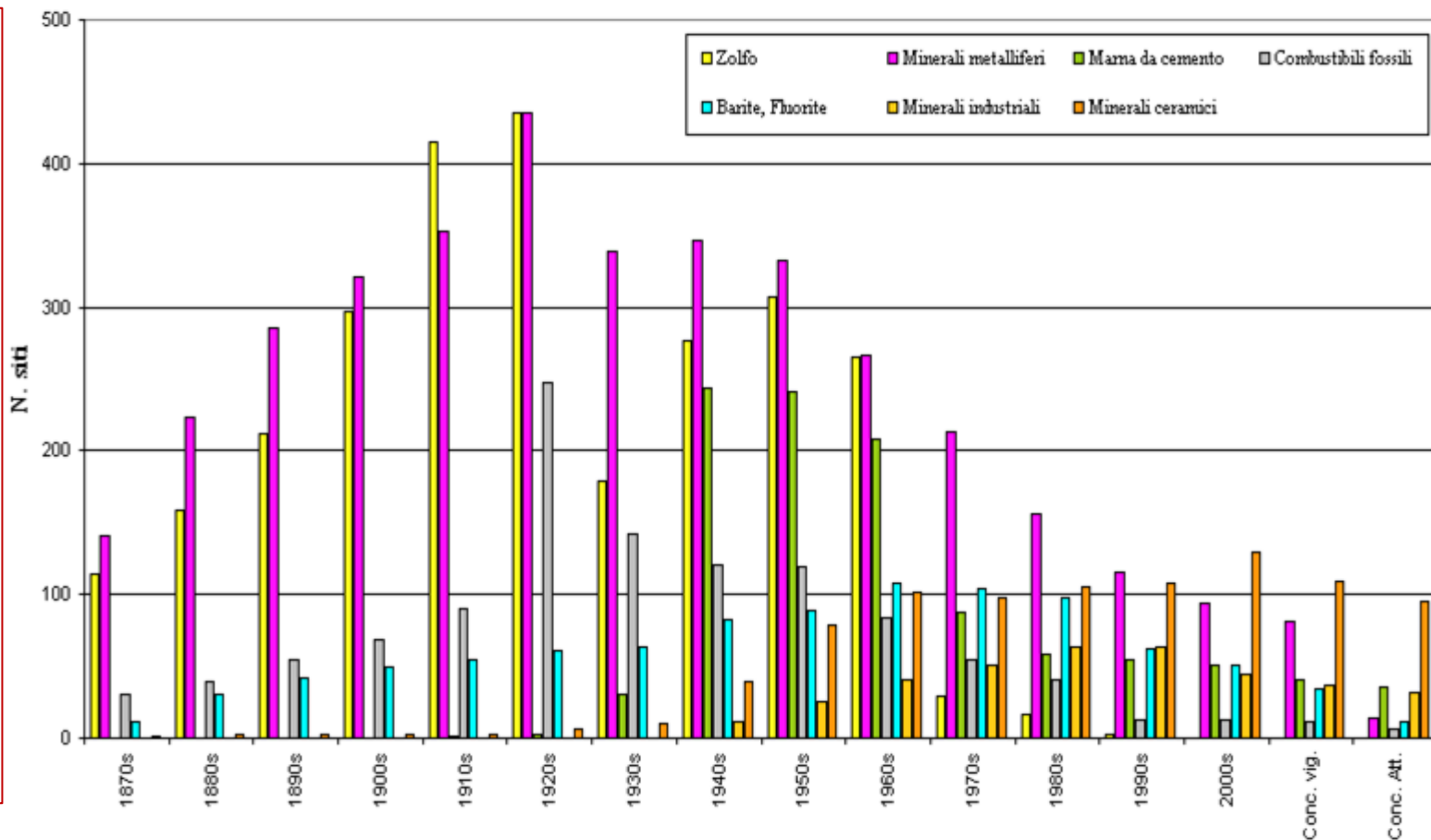
Fonte: Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio



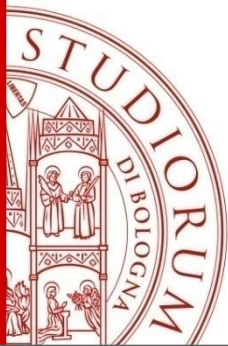
# Comprensori minerali e siti contaminati

## Evoluzione temporale del tipo di coltivazione

**Notevole importanza hanno avuto le coltivazioni minerarie di zolfo, minerali metalliferi e barite, che hanno raggiunto il loro culmine estrattivo tra la prima e la seconda guerra mondiale per poi diminuire progressivamente sino ai giorni nostri.**







# Comprensori minerari e siti contaminati

## Il caso di studio del comprensorio minerario Pietrasanta-Valdicastello

Il comprensorio minerario Pietrasanta-Val di Castello-Stazzema viene attraversato dal Torrente Baccatoio il cui bacino è stato interessato da tempi storici dagli scarichi provenienti dalle gallerie ora abbandonate del Bottino e del Monte Arsiccio.

**Le mineralizzazioni sono caratterizzate da solfuri, solfati, solfosali, ossidi ed idrossidi, in particolare: Galena argentifera, Ematite, Magnetite, Pirite, Calcopirite, Barite, Tetraedrite e Geocromite.**

Le acque che fuoriescono dalle gallerie abbandonate sono arricchite di microelementi e metalli pesanti quali Ag, As, Ba, Cr, Cu, Hg, Fe, Mn, Pb, Sb, Tl, Zn, derivati dalla solubilizzazione dei solfuri che hanno rappresentato la peculiarità dei materiali estratti.



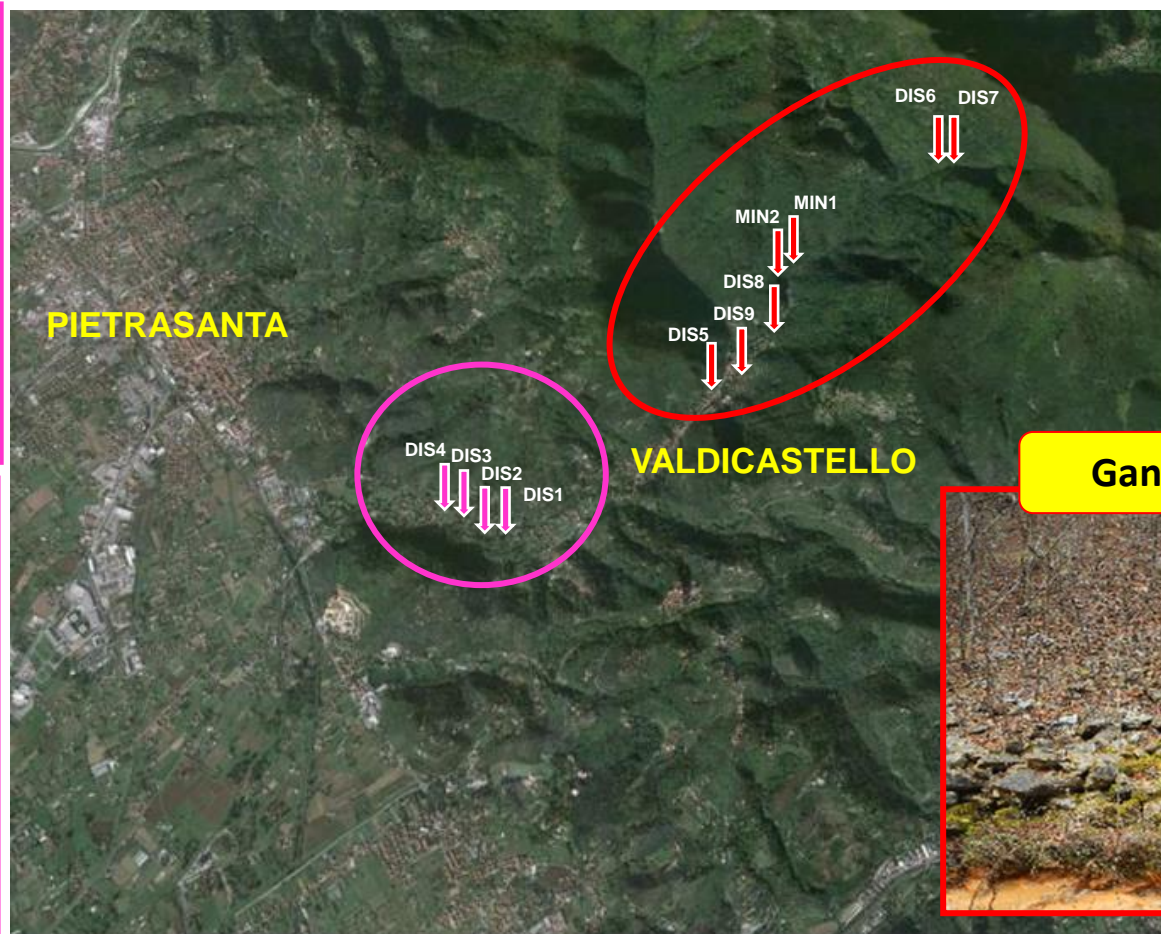


# Un caso di studio: Comprensorio minerario di Pietrasanta-ValdiCastello

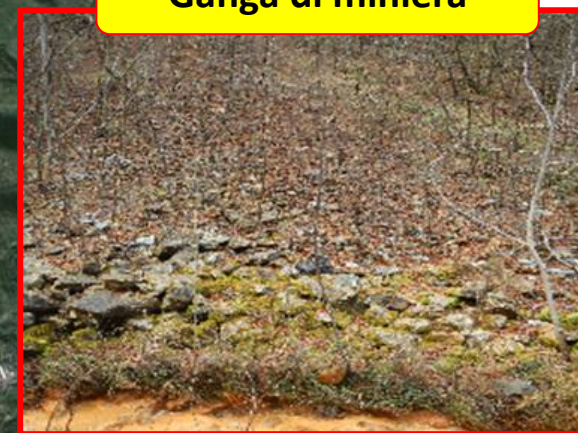
## Localizzazione e tipologia dei siti



**Depositi di flottazione**



**Ganga di miniera**





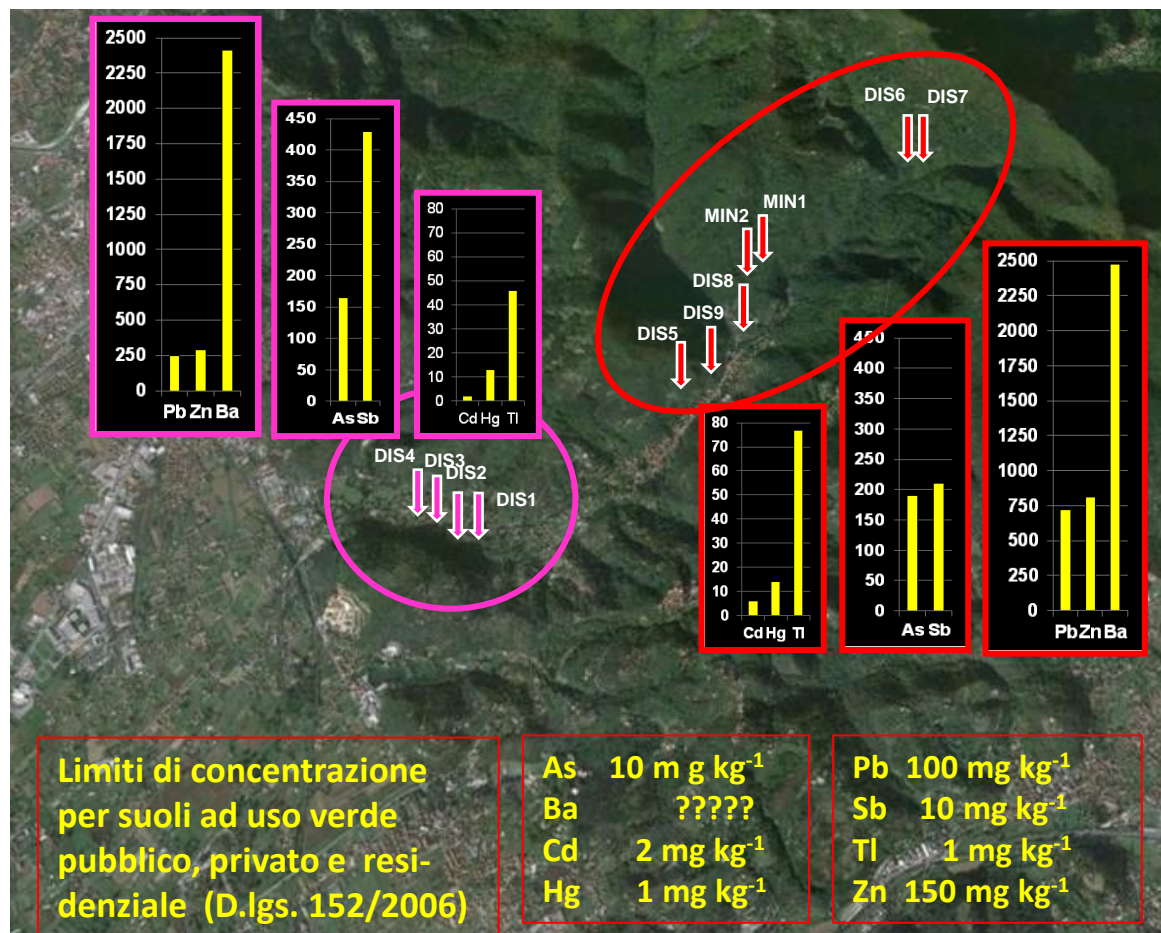
# Un caso di studio: Comprensorio minerario di Pietrasanta-ValdiCastello

## Contaminazione da EPT nei suoli con substrati pedogenetici minerali

Le concentrazioni soglia di contaminazione previste dal D.lgs. 152/2006 (Allegato 4/14) vengono superate nei suoli formati sui depositi di ganga e di flottazione per **Antimonio**, **Arsenico**, **Cadmio**, **Mercurio**, **Piombo**, **Tallio**, **Zinco** (valori espressi in  $\text{mg kg}^{-1}$ ).

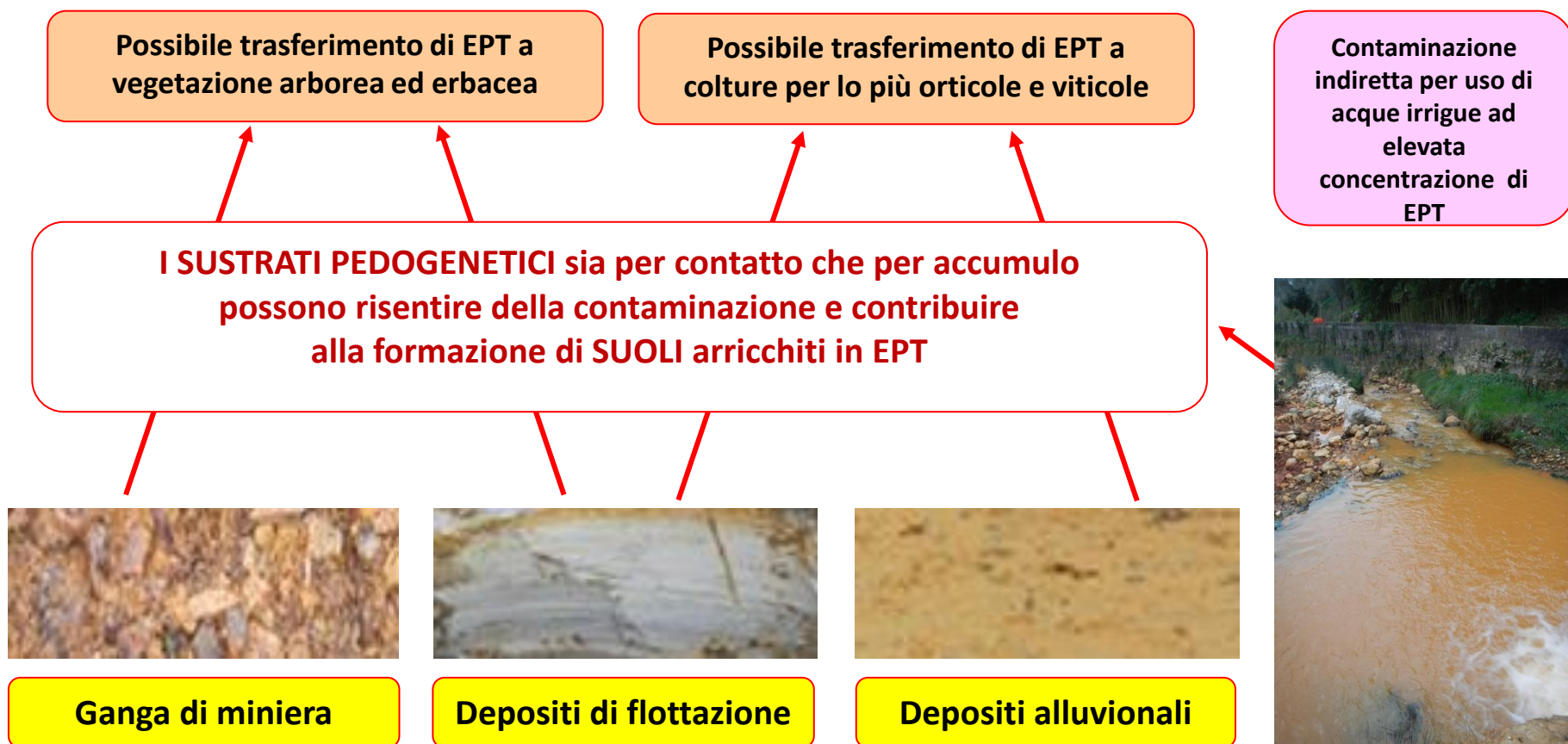
Particolarmente elevate le concentrazioni di **Bario** mediamente superiori ai  $2000 \text{ mg kg}^{-1}$ .

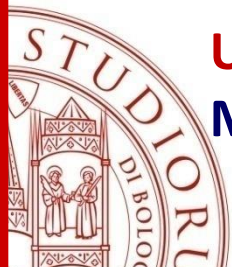
I suoli formati sui cumuli di ganga di miniera presentano concentrazioni di **Pb**, **Tl** e **Zn** superiori a quelli formati su depositi di flottazione nei quali invece si ha un incremento di **Sb**.



# Un caso di studio: Comprensorio minerario di Pietrasanta-ValdiCastello

## Trasferimento di EPT dai substrati minerari ai suoli e alle piante



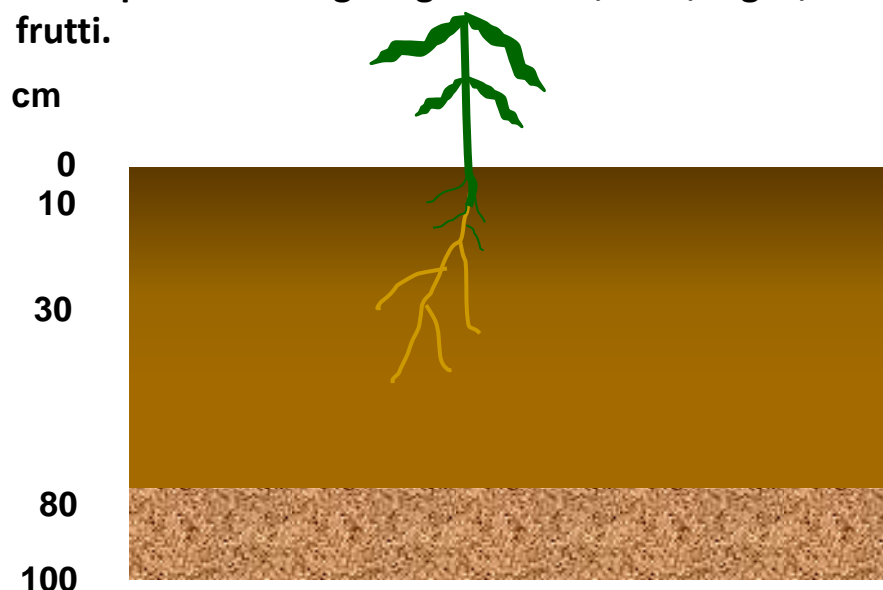


# Un caso di studio: Comprensorio minerario di Pietrasanta-ValdiCastello

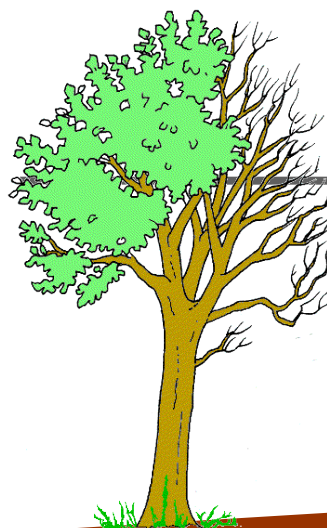
## Modalità di monitoraggio e di campionamento suolo-pianta

Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale

**Azioni:** Prelievo di campioni di suolo a tre profondità (0-10 cm; 10-30 cm; 80-100 cm e all'interfaccia suolo-radici. Prelievo di campioni di vegetali orticoli con separazione degli organi: radici, fusti, foglie, frutti.



**Finalità prioritaria:** definire il grado di contaminazione dei suoli coltivati e valutare lo stato di sicurezza dei prodotti vegetali a fini alimentari.



Siti ad uso industriale e minerario

**Azioni:** Prelievo di campioni di suolo per ogni orizzonte dei profili. Prelievo di campioni di vegetali erbacei, arbustivi e arborei naturali con separazione dei tre organi: radici, fusto, foglie.



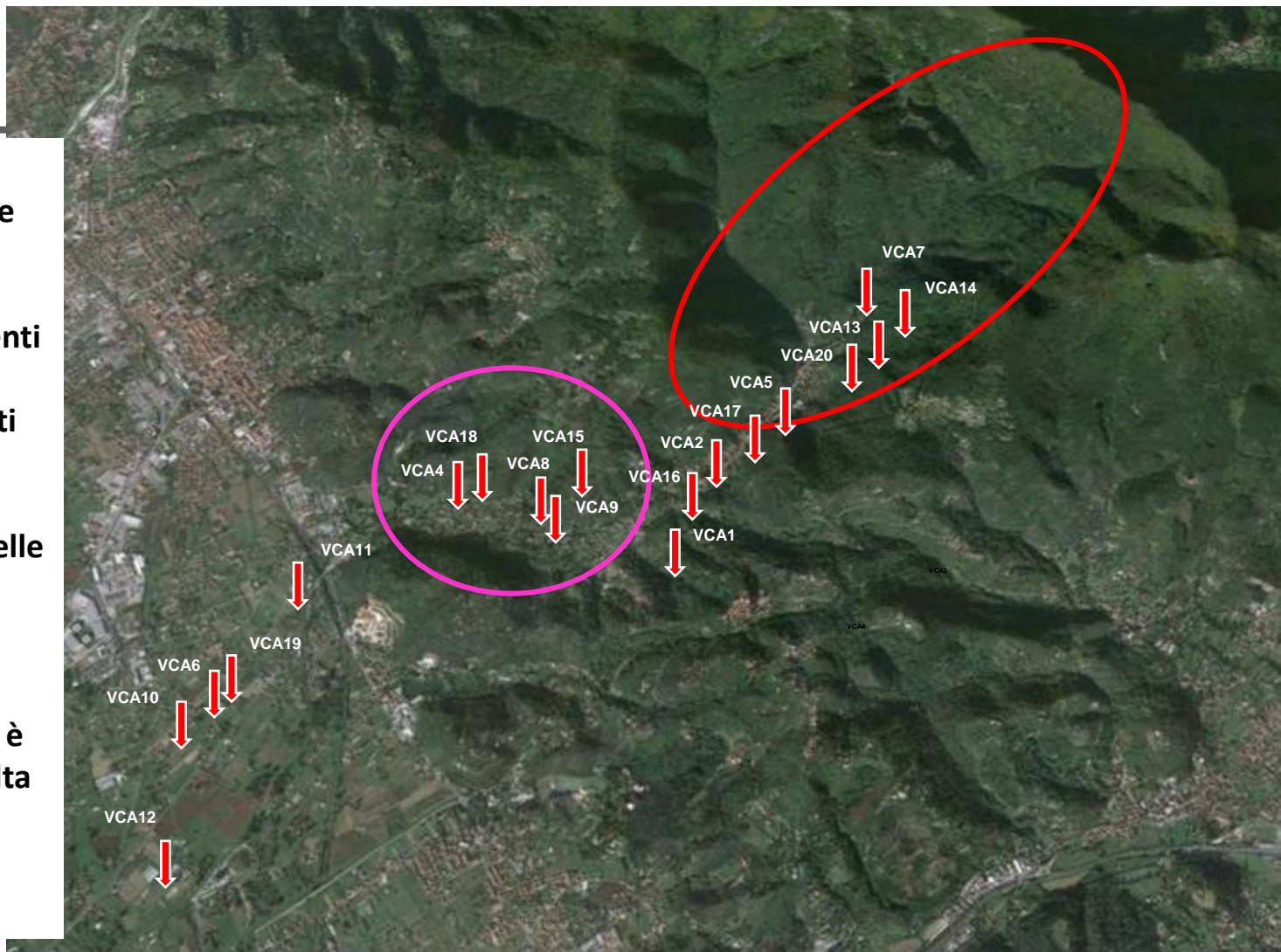
**Finalità prioritaria:** valutare il livello di pedogenesi delle coltri di discarica a fini di progettazione per la rinaturalizzazione dei siti minerari.



# Un caso di studio: Comprensorio minerario di Pietrasanta-ValdiCastello Ubicazione dei siti coltivati scelti per i prelievi di suolo e vegetali

In accordo con la popolazione del luogo e con il permesso dei proprietari sono stati effettuati campionamenti di suolo e di prodotti orticoli in appezzamenti coltivati ricadenti nelle aree interessate dai depositi di miniera e nelle zone di deposizione alluvionale riferite al torrente Baccatoio.

Tra i prodotti orticoli si è data priorità alla raccolta delle Brassicacee (Es.: Cavolo nero) e del Pomodoro.



# Un caso di studio: Comprensorio minerario di Pietrasanta-ValdiCastello Risultati analitici relativi a suoli coltivati e piante orticole

## VCA 20 Casa Giuseppe (orto )

Cood. Geogr. UTM WGS84 32T 48679321.87 mN – 601776.60 mE –

VCA 20 – Macroelementi (mg kg <sup>-1</sup> )			Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Ti
Vegetali	Finocchio	foglie	307	12926	323	326	3029	37,7	206	2720	5852	6,93
		gambi	35,5	11006	49,3	456	1564	13,7	179	1242	1148	2,04
		grumolo	191	5418	179	712	1761	18,0	296	2701	1315	5,60
		radice	13484	8208	12282	7466	3994	437	1081	1342	1705	172
	Cavolo nero	foglie	43,9	5756	91,9	3384	681	18,2	546	2237	3166	2,00
		steli	98,8	20462	132	4578	2683	15,4	2389	3296	5159	5,33
		radici	75,4	15775	121	3456	2465	14,5	2354	3107	4748	4,15
	Rapa	foglie	38,8	11068	101	2975	1923	33,7	1115	7104	7849	6,24
		foglie	47,7	14046	99,9	3049	2043	34,0	1125	7374	8619	7,92
		stelo	178	15902	177	2876	1622	24,3	2437	5491	5870	6,94
	Cardone	foglie	148	9925	172	1985	2104	25,0	1747	3867	2731	6,40
		stelo	79,5	11737	84,6	<DL	1213	8,2	207	2680	864	3,97
		radici	158,3	8990	200	6953	1599	11,9	217	3023	1488	4,46
	Pomodoro	frutto	106	1302	134	5640	2239	14,6	771	5335	2525	5,66
		foglie	277	36278	379	7578	2316	60,0	1830	3110	9344	6,39
		fusto	269	27487	360	6890	4387	53,1	1982	2070	4123	7,69
Suolo	Profilo	0-10 cm	31654	11575	7118	2,52	590	36,5	733	347	80,9	166
		10-20 cm	28912	6029	6720	2,86	407	44,6	756	239	69,4	136
		80-100 cm										



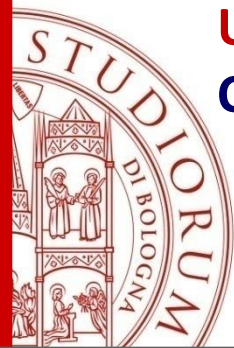
**VCA 20 Casa Giuseppe (orto)**

Coord. Geogr. UTM WGS84 32T 48679321.87 mN – 601776.60 mE –

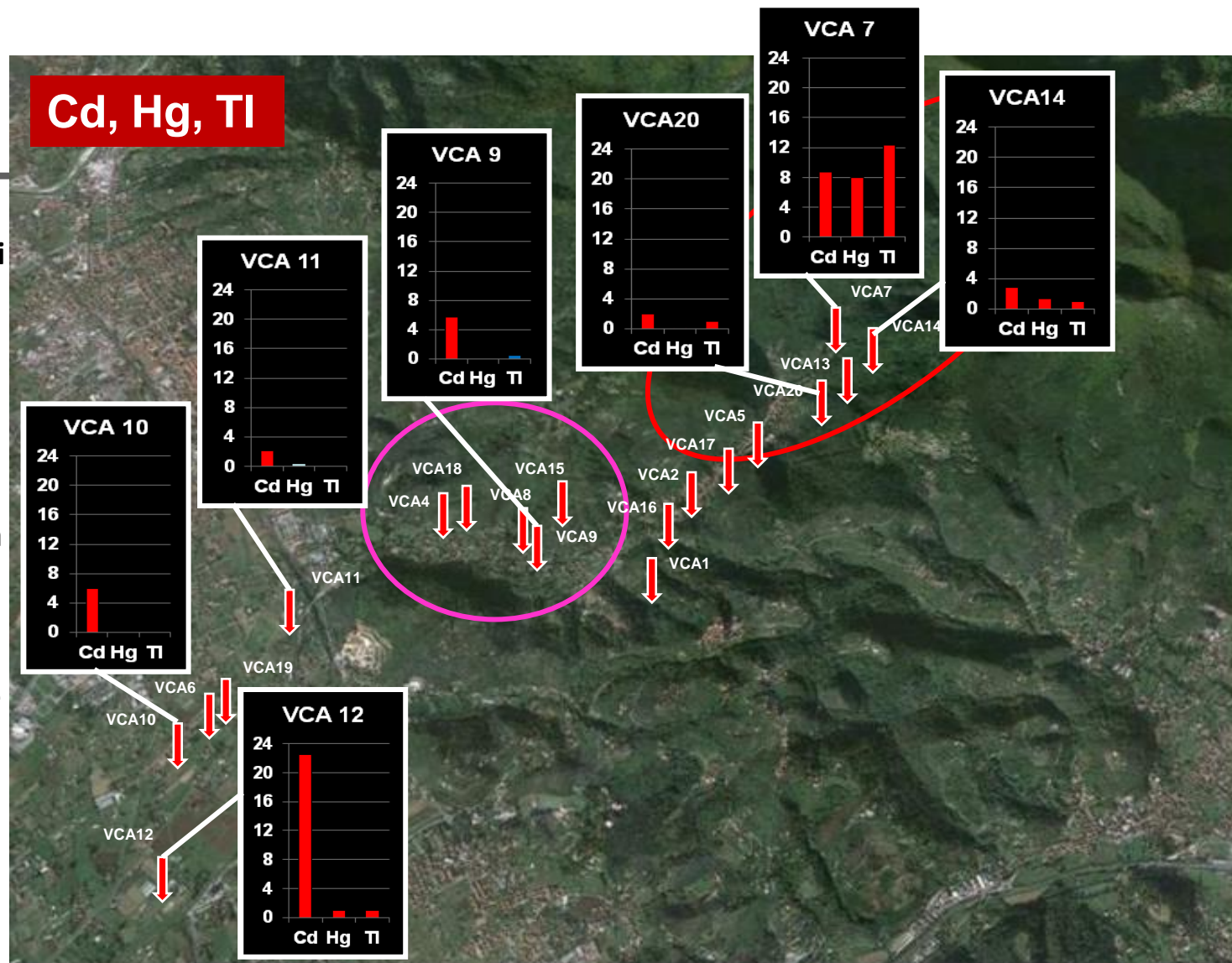
VCA 20 - Microelementi (mg kg <sup>-1</sup> )			Ag	As	B	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg
Vegetali	Finocchio	foglie	<0,01	<0,04	35,0	39,4	<0,04	<0,01	<0,06	1,39	14,0	0,30
		gambi	<0,01	<0,04	21,8	44,9	<0,04	<0,01	<0,06	1,13	8,88	0,51
		grumolo	<0,01	<0,04	23,6	47,4	<0,04	<0,01	<0,06	2,35	20,7	0,37
		radice	<0,01	13,0	13,2	2175	0,22	0,28	6,94	58,8	78,4	0,67
	Cavolo nero	foglie	<0,01	<0,04	7,7	50,5	<0,04	<0,01	<0,06	2,47	2,00	<0,04
		stelo	<0,01	<0,04	15,2	185	<0,04	<0,01	<0,06	2,79	3,68	0,27
		radici	<0,01	<0,04	12,9	183	<0,04	<0,01	<0,06	2,61	3,20	0,33
	Cardone	stelo	<0,01	<0,04	26,6	37,7	<0,04	0,06	<0,06	1,44	10,8	0,35
		radici	<0,01	<0,04	14,6	56,7	<0,04	0,07	<0,06	7,33	22,5	0,28
	Pomodoro	frutto	<0,01	<0,04	9,9	43,0	<0,04	0,52	<DL	2,55	32,6	<0,04
		foglie	<0,01	<0,04	36,8	538	<0,04	2,05	<DL	4,92	126	0,22
		fusto	<0,01	<0,04	18,3	373	<0,04	1,61	<DL	5,12	56,3	0,46
Suolo	Profilo	0-10 cm	<0,05	38,6	36,9	2338	1,65	1,02	18,2	105	121	<0,04
		10-30 cm	0,33	35,7	27,1	2372	1,67	1,10	22,1	107	118	<0,04
		80-100 cm										
VCA 20 - Microelementi (mg kg <sup>-1</sup> )			Li	Mo	Ni	Pb	Sb	Sn	Sr	Tl	V	Zn
Vegetali	Finocchio	foglie	1,79	1,76	1,28	1,86	0,63	<0,05	17,5	<0,09	0,14	36,8
		gambi	0,30	<DL	<DL	0,76	55,4	<0,05	24,9	<0,09	<DL	27,4
		grumolo	1,16	0,03	1,59	1,36	0,63	<0,05	17,1	<0,09	<DL	29,6
		radice	56,1	9,47	18,1	65,8	1,78	<0,05	77,3	<0,09	27,6	123
	Cavolo nero	foglie	0,32	1,56	0,04	0,36	0,47	<0,05	9,8	2,25	<DL	12,1
		steli	0,52	2,69	0,80	0,86	0,72	<0,05	53,9	0,10	<DL	23,2
		radici	0,52	2,87	<DL	0,62	0,53	<0,05	52,4	0,30	<DL	18,0
	Cardone	stelo	0,57	<DL	0,30	0,87	0,75	<0,05	24,6	<0,09	<0,08	22,8
		radici	0,94	0,48	1,00	1,44	0,81	<0,05	27,9	<0,09	<0,08	19,7
	Pomodoro	frutto	0,29	0,78	1,33	0,56	0,71	<0,05	6,2	<0,09	<0,08	43,4
		foglie	1,42	2,68	0,92	1,86	1,07	<0,05	89,3	<0,09	0,24	33,7
		fusto	1,41	1,37	0,00	1,67	0,78	<0,05	76,5	<0,09	0,23	67,1
Suolo	Profilo	0-10 cm	115	2,52	36,5	176	13,54	2,79	80	<0,12	64,4	226
		10-30 cm	114	2,86	44,6	145	10,88	2,91	69	0,42	60,5	220
		80-100 cm										

# Un caso di studio: Comprensorio minerario di Pietrasanta-ValdiCastello

## Concentrazioni di Cd, Hg e Tl nei top soil dei siti coltivati



**Cd, Hg, Tl**



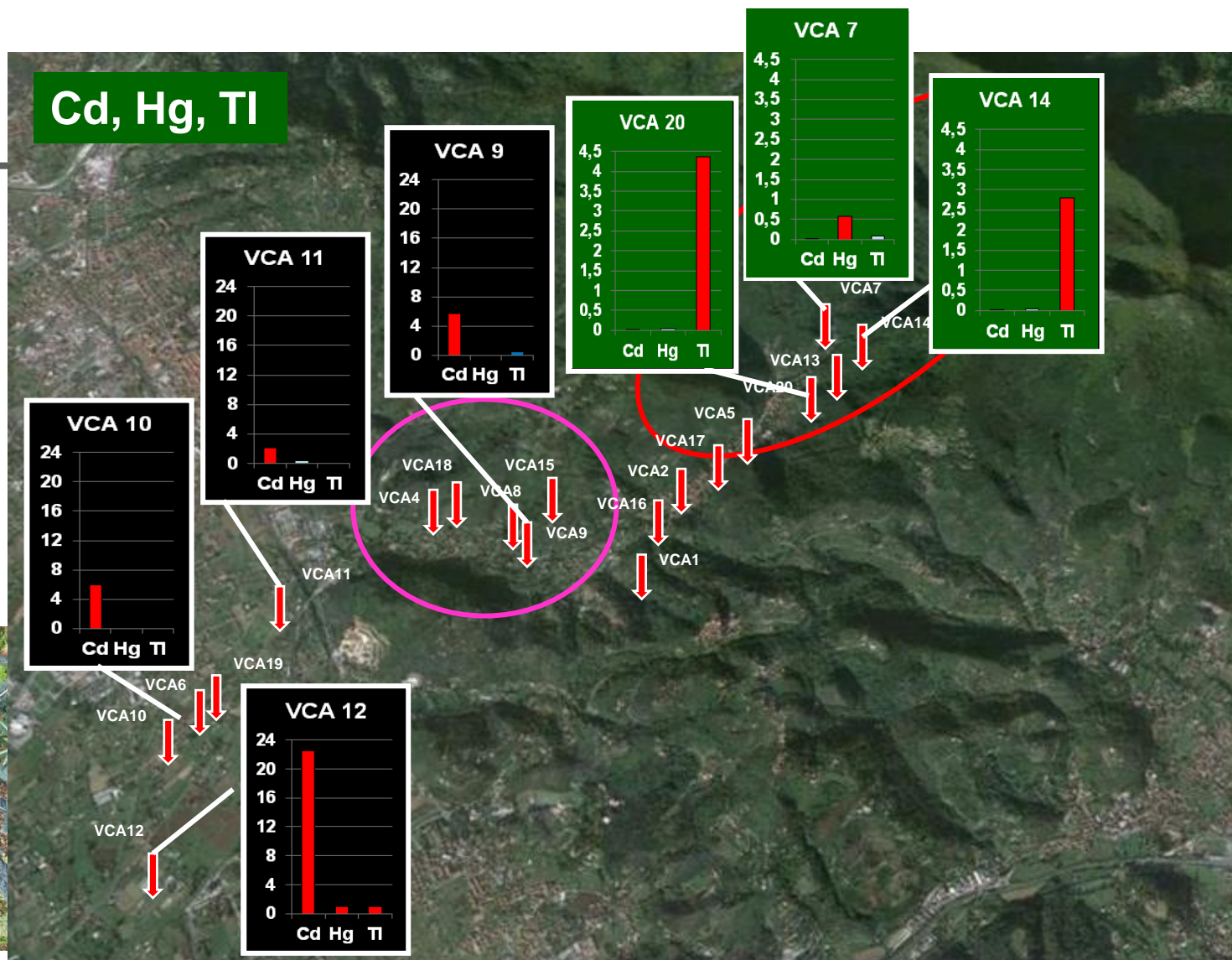
Vengono evidenziati i siti in cui le concentrazioni di Cadmio, Mercurio e Tallio presenti nei top soil superano i limiti di legge (2, 1 e 1 mg kg<sup>-1</sup> rispettivamente). Il Tallio mostra il superamento della soglia di 1 mg kg<sup>-1</sup> in tre siti (VCA 7, 14 e 20) prossimi alle zone interessate da estrazione mineraria. Anomala la situazione del sito VCA 12 dove appaiono molto elevate le concentrazioni di Cadmio (> 20 mg kg<sup>-1</sup>).

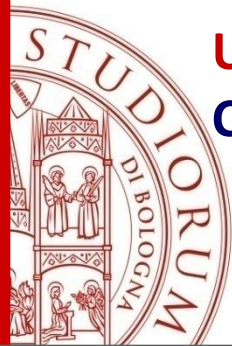


# Un caso di studio: Comprensorio minerario di Pietrasanta-ValdiCastello

## Concentrazioni di Cd, Hg e Tl nelle Brassicacee dei siti coltivati

**Significative concentrazioni di Mercurio e di Tallio si riscontrano nelle Brassicacee (Es.: Cavolo nero) coltivate nei siti prossimi alle aree di estrazione mineraria.**



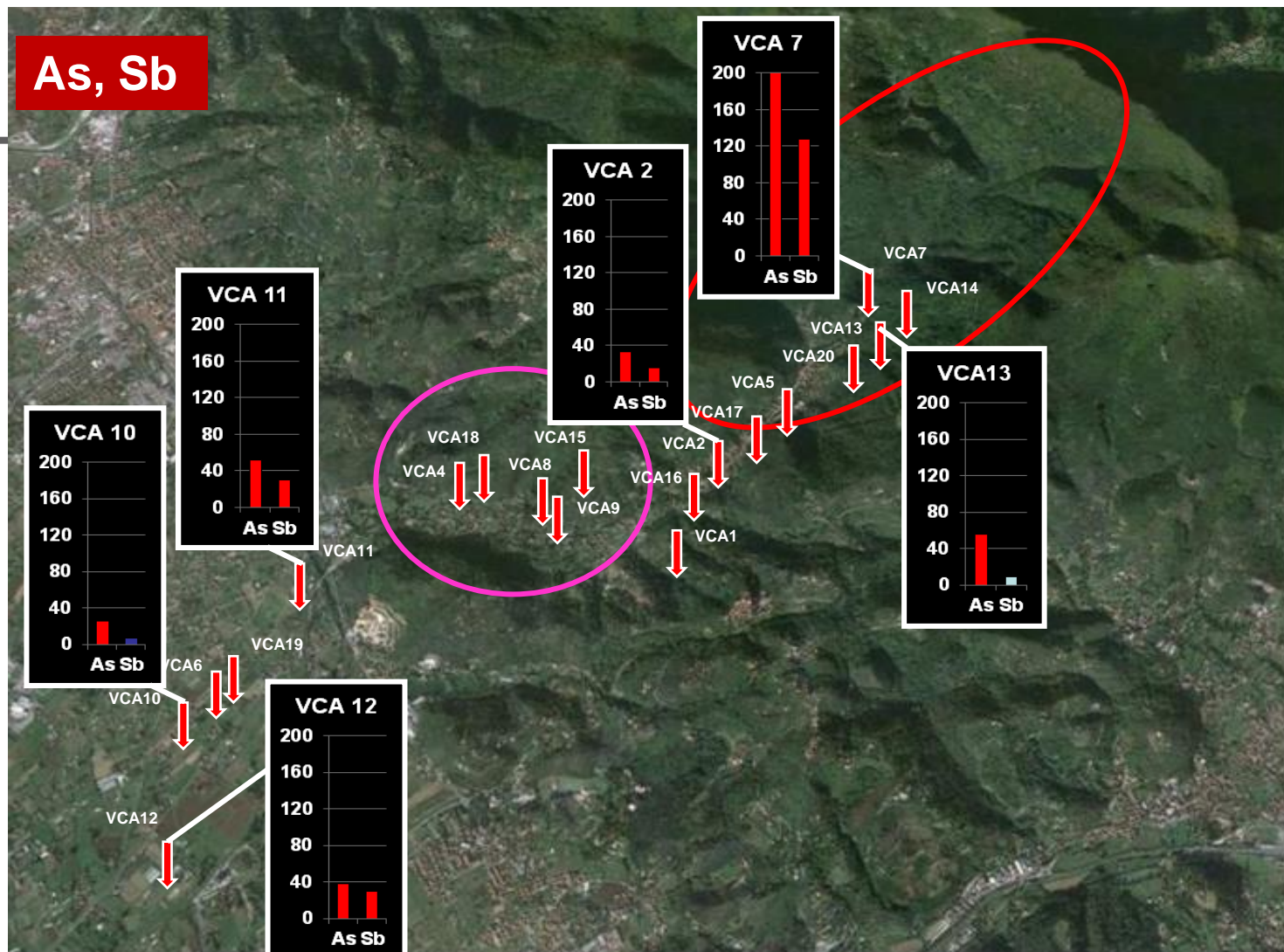


# Un caso di studio: Comprensorio minerario di Pietrasanta-ValdiCastello

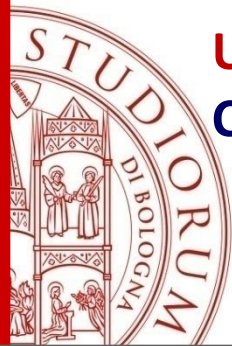
## Concentrazioni di As e Sb nei top soil dei siti coltivati

**As, Sb**

Vengono evidenziati i siti in cui le concentrazioni di Arsenico e Antimonio presenti nei top soil superano i limiti di legge (20 e 10 mg kg<sup>-1</sup> rispettivamente)



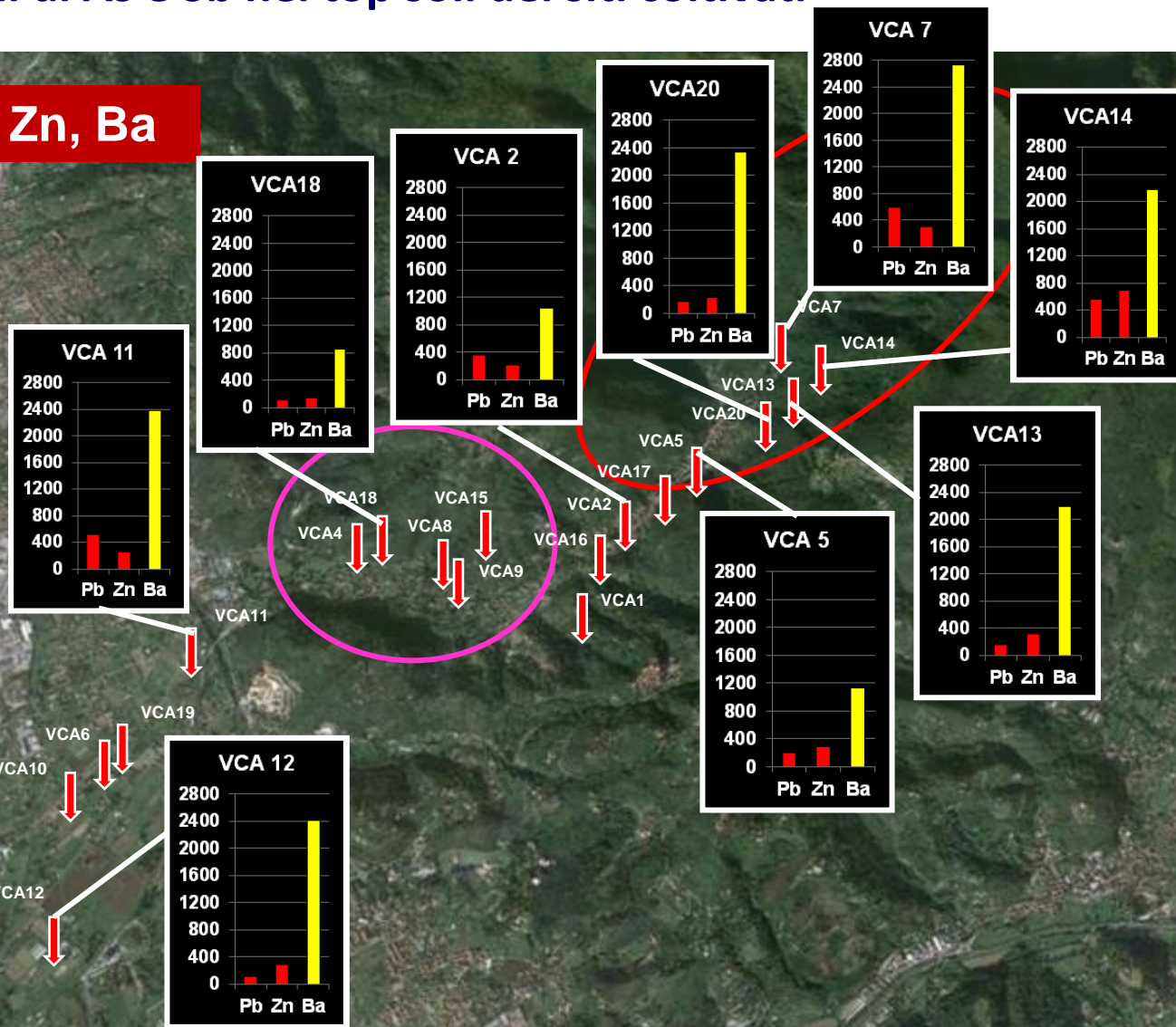




# Un caso di studio: Comprensorio minerario di Pietrasanta-ValdiCastello

## Concentrazioni di As e Sb nei top soil dei siti coltivati

**Pb, Zn, Ba**

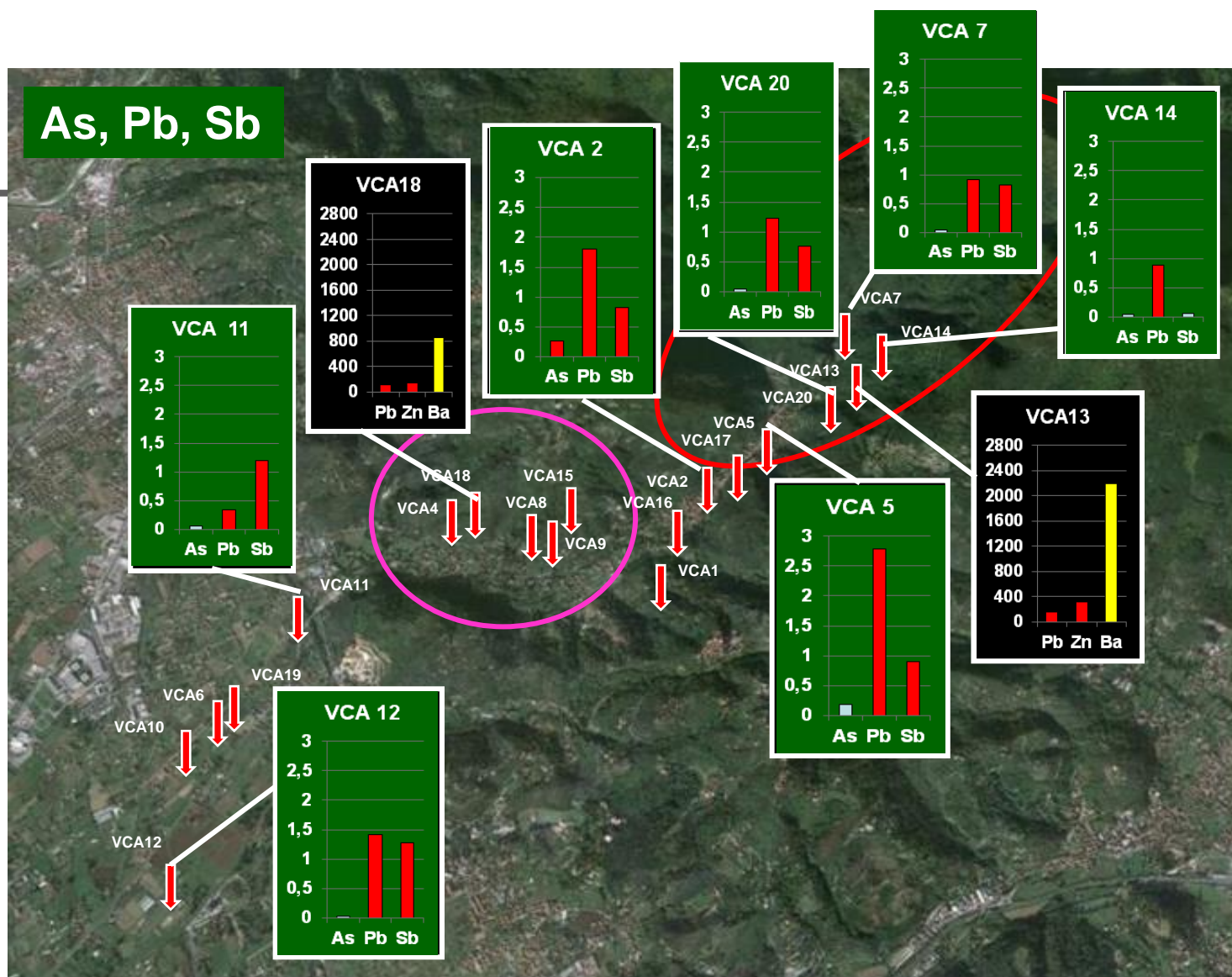


Vengono evidenziati i siti in cui le concentrazioni di Piombo e Zinco presenti nei top soil superano i limiti di legge (100 e 150 mg kg<sup>-1</sup> rispettivamente). Elevate le concentrazioni di Bario spesso superiori ai 2000 mg kg<sup>-1</sup>)

# Un caso di studio: Comprensorio minerario di Pietrasanta-ValdiCastello

## Concentrazioni di As, Pb e Sb nelle Brassicacee dei siti coltivati

**Significative concentrazioni di Antimonio e di Piombo si riscontrano nelle Brassicacee (Es.: Cavolo nero) coltivate nei siti prossimi alle aree di estrazione mineraria ed in alcune zone di pianura**

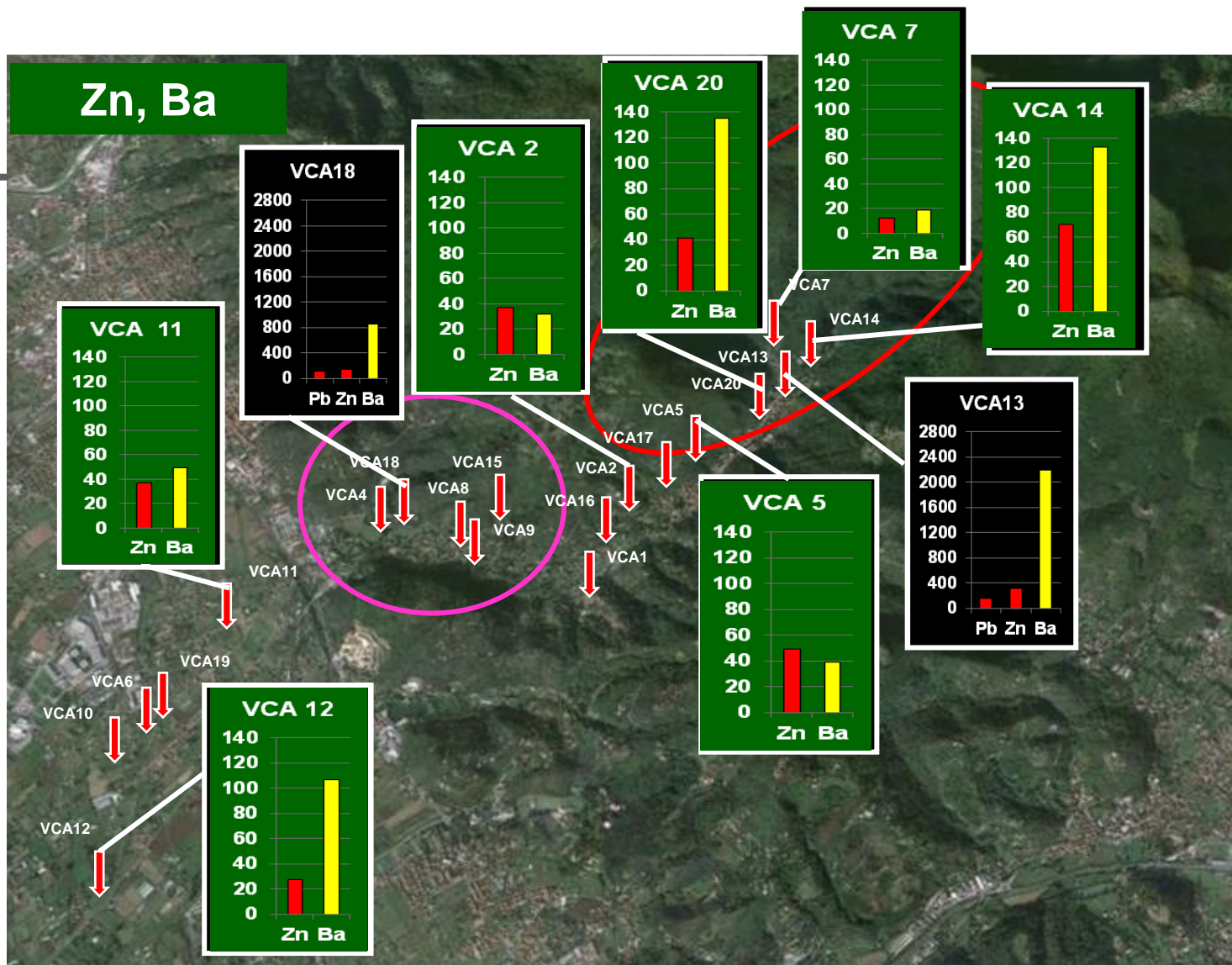




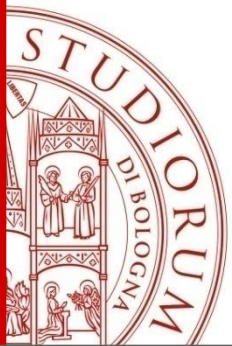
# Un caso di studio: Comprensorio minerario di Pietrasanta-ValdiCastello

## Concentrazioni di Zn e Ba nelle Brassicacee dei siti coltivati

Significative le concentrazioni di Zinco e molto elevate e quelli di Bario nelle Brassicacee (Es.: Cavolo nero) coltivate nei siti prossimi alle aree di estrazione mineraria ed in alcune zone di pianura











# Un caso di studio: Comprensorio minerario di Pietrasanta-ValdiCastello

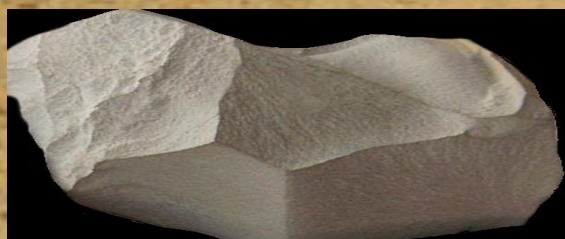
## Il problema della messa in sicurezza dei siti contaminati





# Un caso di studio: Comprensorio minerario di Pietrasanta-Valdicastello

## Procedure per il confinamento di EPT in suoli contaminati



Marna (30% carbonati e 70% argilla).  
Composizione dell'argilla: 76% smectite,  
5% clorite, 4% plagioclasti, 3% quarzo +  
caolinite, 2% K-felspato + miche)



Componente organica fresca  
derivante dai prodotti di sfalcio  
e dalla pellettizzazione delle  
ramaglie.



Oriz.	Prof.	Ag	As	Ba	Hg	Pb	Sb	Tl	Zn
A	0-4.9	22.6	180	2374	9.57	818	368	78,9	233
AB	4.9-9	8.10	145	2424	5.29	252	257	43.7	206
BC	9-30	25.3	141	2403	4.11	1135	154	74.1	143
C	30-100	21.1	222	2412	21,9	672	562	74,2	367

Valori espressi in mg kg<sup>-1</sup>

I primi due orizzonti e parte del terzo sono stati asportati e rimescolati mediante betoniera con marna smectitica e materiale vegetale fresco nelle proporzioni in peso (quintali) 85 : 13 : 2.

Dopo rimescolamento ad umido per 1 ora il compostato è stato riversato sulla porzione di terreno precedentemente decorticato.



# Un caso di studio: Comprensorio minerario di Pietrasanta-Valdicastello

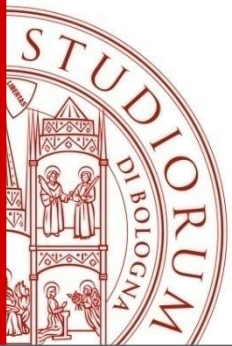
## Ricostituzione di suoli a contenuto grado di contaminazione



Oriz.	Prof.	Ag	As	Ba	Hg	Pb	Sb	Tl	Zn
A	0-4.9	22.6	180	2374	9.57	818	368	78,9	233
AB	4.9-9	8.10	145	2424	5.29	252	257	43.7	206
BC	9-30	25.3	141	2403	4.11	1135	154	74.1	143
C	30-100	21.1	222	2412	21,9	672	562	74,2	367

Valori espressi in mg kg<sup>-1</sup>

Oriz.	Prof.	Ag	As	Ba	Hg	Pb	Sb	Tl	Zn
A	0-20	<0.05	8.07	940	<0.10	25.1	4.86	0.47	54.0
BC	20-30	13.8	146	2385	9.83	567	361	53.4	311
C	30-100	20.2	211	2418	21.3	659	685	73.8	412



***GRAZIE  
PER  
L'ATTENZIONE***

---

