

**Piazze di tiro Mte. Ceneri (pz tiro):  
300 m (48), 30 m (48a), 100 m Codette  
C-TIRO n° 3360/1, 3360/5**

**Indagine tecnica**

Rapporto  
n° 1/5

Data: 2 giugno 2013  
Versione: 2  
Correzioni: mdw  
File: 130509 ARMA IT Rapporto DEF.doc

## Contenuto

Allegati	3
1 Situazione iniziale.....	5
1.1 Motivo dell'indagine.....	5
1.2 Mandato .....	5
1.3 Obiettivi dell'indagine tecnica .....	6
1.4 Perimetro d'indagine .....	7
2 Riassunto dell'indagine storica.....	9
2.1 Piazze d'esercizio e zona obiettivi.....	9
2.2 Storia delle piazze di tiro .....	10
2.3 Geologia e idrogeologia.....	10
2.4 Sfruttamento acque sotterranee .....	11
2.5 Sfruttamento agricolo .....	11
2.6 Ipotesi di contaminazione.....	11
3 Analisi eseguite .....	13
3.1 Modalità di prelievo e analisi mediante XRF.....	13
3.2 Analisi campioni di terreno di riferimento.....	16
3.3 Test di eluizione .....	17
3.4 Modalità di prelievo e piano analitico campioni zone P1-P5.....	18
4 Risultati .....	20
4.1 Correlazione analisi XRF – analisi laboratorio.....	20
4.2 Distribuzione orizzontale dell'inquinamento.....	22
4.3 Profilo verticale dell'inquinamento .....	23
4.4 Test eluizione .....	24
4.5 Distribuzione inquinante zone pianeggianti P1-P5 e classificazione materiale secondo OTR.....	26
5 Qualità dei risultati.....	27
5.1 Attendibilità dei risultati.....	27
5.2 Informazioni mancanti .....	28

6	Stima dei rischi, esigenze di risanamento .....	29
6.1	Protezione dell'acqua di falda e dell'acqua di superficie .....	29
6.2	Protezione del suolo.....	30
7	Procedura futura.....	31
8	Classificazione del materiale.....	32
9	Stima dei costi di risanamento.....	34
	Referenze	36

## Allegati

- Allegato 1: Piano di situazione
- Allegato 2: Carta settori e zone di protezione delle acque
- Allegato 3: Suddivisione in zone del perimetro d'indagine
- Allegato 4: 4.1 Punti di prelievo e misurazioni XRF  
4.2 Interpretazione del carico di inquinante  
4.3 Superfici inquinate
- Allegato 5: 5.1 Propagazione verticale dell'inquinante nella zona K100  
5.2 Propagazione verticale dell'inquinante nella zona K200  
5.3 Propagazione verticale dell'inquinante nella zona K300
- Allegato 6: Rapporti analitici di laboratorio
- Allegato 7: 7.1 Risultati analitici di campioni di terreno prelevati tramite microcarotaggi  
7.2 Risultati analitici referenze  
7.3 Protocolli di campionamento referenze  
7.4 Protocolli di campionamento profili di profondità  
7.5 Protocolli di campionamento per le zone P1-P5
- Allegato 8: 8.1 Correlazione tra concentrazioni di Pb misurate con XRF e in laboratorio  
8.2 Correlazione tra concentrazione di Sb in eluato e Pb XRF
- Allegato 9: Documentario fotografico
- Allegato 10: 10.1 Risultati misurazioni con XRF  
10.2 Risultati misurazioni con XRF dei profili di profondità
- Allegato 11: Dettaglio calcolo volumi materiale inquinato zone K100, K200, K300 e K300B

## Zusammenfassung

Der Perimeter dieser technischen Untersuchung betrifft den 300m Schiessstand des VBS auf dem Monteceneri – Zone 48, inklusive alle zusätzlichen Anlagen zwischen Schiessstand und dem 300m Kugelfang, über eine Gesamtfläche von ca. 15'000 m<sup>2</sup>.

Zusätzlich zu den -nach der Richtlinie des DPPS "Untersuchung des Schiessplätzen auf Belastungen und des VBS Schiessanlagen" vom 11.07.2012 [3] - durchgeführten technischen Untersuchung wurde auch der Zustand des Bodens zwischen Schiessstand und Kugelfang untersucht.

Aufgrund der Ergebnisse der technischen Untersuchung nach der Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten AltIV ist der Standort – der ausserhalb der Schutzzone Au liegt - als belastet einzustufen. Bei einer Stilllegung der Schiessstand – da keine altlastenrelevante Gefährdung von oberirdischen Gewässern vorhanden ist - muss eine Sanierung innerhalb eine Generation stattfinden (VEWA Richtlinie)

Im Falle von Bauvorhaben auf diesem Standort, soll eine (Teil) Sanierung überprüft werden; in jedem Fall soll eine spätere Sanierung durch das Vorhaben nicht wesentlich erschwert werden (AltIV art. 3 b).

Eine Überschreitung der Prüfwerte gemäss Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) betrifft nur die Fläche zwischen dem Schiessstand und dem 300m Kugelfang. Es entsteht somit kein Sanierungsbedürfnis nach VBBo, es sei denn man möchte die Nutzung der Fläche ändern. Die belasteten Bereiche dürfen nicht landwirtschaftlich genutzt werden.

In Falle des Aushubs sollen Klassifizierung und Entsorgung gemäss Technische Verordnung über Abfälle TVA vorgenommen werden, unter Bezugnahme auf die Richtlinie für die Verwertung, Behandlung und Ablagerung von Aushub-, Abraum- und Ausbruchmaterial [4].

Eine grobe Volumenschätzung der verschiedenen Materialklassen wurde für die gesamten 15'000 m<sup>2</sup> Fläche durchgeführt; je nach Verschmutzungsprofil wurde die Tiefe unterschiedlich gerechnet. Man kommt somit auf 7'500 m<sup>3</sup> verschmutztes Material und an Deponie-, bzw. Entsorgungskosten von ca. 2.5 Mio CHF.

# 1 Situazione iniziale

## 1.1 Motivo dell'indagine

Il DDPS gestisce il catasto delle piazze di tiro C-TIRO, quale parte integrante del catasto dei siti contaminati. Nel catasto C-TIRO sono attualmente registrate più di 2'000 piazze di tiro, che sono state o che sono utilizzate dall'esercito per gli esercizi di tiro.

Nell'ambito dei lavori di allestimento di tale catasto, nel 2009 è stata svolta un'indagine storica dello stand di tiro del Monte Ceneri - Zona 48 (Stand 100/200/300 m, C-TIRO Nr. 3360/1 del VBS – vedasi piano di situazione allegato 1) e steso il relativo capitolato d'oneri per l'indagine tecnica, rapporto Nr. 31.362, "Indagine storica, capitolato d'oneri per l'indagine tecnica; Piazze di tiro Mte. Ceneri (pz tiro): 300 m (48), 30 m (48a), 25 m (40), Val Trodo, 30 m, 100 m Codette, Stand di tiro 25 m; C-TIRO n° 3360/1, 3360/2, 3360/3, 3360/4, 3360/5, 3360/6" del 26.3.09 [1].

A seguito di questa indagine storica, le piazze di tiro Monte Ceneri sono tutte iscritte al catasto C-TIRO.

Parte delle piazze di tiro del Monte Ceneri Zona 48 (Stand 100/200/300 m, C-TIRO Nr. 3360/1 del DDPS, pz tiro: 300 m (48), 30 m (48a) e 100 m Codette) saranno soggette a lavori di ammodernamento.

Per avere le necessarie basi riguardanti la distribuzione di possibili inquinanti nel suolo è necessario eseguire un'indagine tecnica delle piazze di tiro summenzionate.

## 1.2 Mandato

È necessario eseguire un'indagine tecnica dello stand di tiro del Monte Ceneri - Zona 48 (Stand 100/200/300 m, C-TIRO Nr. 3360/1 del VBS) secondo il capitolato d'oneri per l'indagine tecnica, rapporto Nr. 31.362, "Indagine storica, capitolato d'oneri per l'indagine tecnica; Piazze di tiro Mte. Ceneri (pz tiro): 300 m (48), 30 m (48a), 25 m (40), Val Trodo, 30 m, 100 m Codette, Stand di tiro 25 m; C-TIRO n° 3360/1, 3360/2, 3360/3, 3360/4, 3360/5, 3360/6" del 26.3.09 [1].

L'indagine va eseguita secondo OSiti<sup>1</sup> e seguendo la direttiva DPPS "Untersuchung des Belastungen auf Schiessplätzen und Schiessanlagen des VBS" del 7.11.2012 [3].

Oltre alle indagini prescritte dalla direttiva del DDPS, l'IT va completata con indicazioni relative anche alle zone pianeggianti tra i differenti terrapieni parapallottole.

In particolare sono necessari:

1. Il rilevamento quantitativo dell'inquinamento da piombo (Pb) e antimonio (Sb) per le zone terrapieni parapallottole stand 300 m, 30 m e 100 m Codette
2. Il rilevamento quantitativo dell'inquinamento da piombo (Pb) e antimonio (Sb) per le zone giacenti tra i differenti parapallottole, tramite il prelievo di 30 campioni (15 per lo strato di terreno 0.0-0.5 m e 15 per lo strato 0.5-1.0 m) e analisi chimiche delle miscele risultanti
3. Fornire una stima della cubatura del materiale appartenente alle differenti classi (materiale inerte, discarica reattore e riciclabile tramite lavaggio – definizione secondo OTR<sup>2</sup>), come pure una stima relativa ai costi di risanamento delle piazze di tiro, oltre che la stima del potenziale di pericolo.

### 1.3 Obiettivi dell'indagine tecnica

Con l'indagine tecnica IT si vuole controllare l'intero perimetro della piazza di tiro, inclusi tutti gli impianti presenti tra la postazione di tiro ed il terrapieno parapallottole a 300 m.

L'IT serve da base per un futuro progetto di edificazione e deve contenere anche una stima dei costi per il risanamento dell'impianto, come pure una stima dei volumi delle diverse classi di materiale presenti (inerti, discarica reattore, riciclabili – definizione secondo OTR).

In aggiunta alle indagini prescritte dalla direttiva del DPPS "Untersuchung des Belastungen auf Schiessplätzen und Schiessanlagen des VBS" del 7.11.2012 [3] sono quindi necessarie delle verifiche di dettaglio anche nelle zone pianeggianti tra i differenti terrapieni parapallottole (vedasi allegato 3).

---

<sup>1</sup> Ordinanza sui siti contaminati (OSiti) del 26 agosto 1998 – stato 1 agosto 2012

<sup>2</sup> Ordinanza tecnica sui rifiuti (OTR) del 10 dicembre 1990 – stato 1 luglio 2011

## 1.4 Perimetro d'indagine

Il perimetro dell'indagine tecnica comprende lo stand di tiro del Monte Ceneri - Zona 48, composto dalle seguenti piazze di tiro:

- Mte. Ceneri (pz tiro): 300 m (48), 30 m (48a), n° .3360/1
- Mte. Ceneri (pz tiro): 100 m Codette, n° 3360/5

La superficie indagata nell'indagine tecnica è mostrata nella figura 1 e allegato 3 (area di tale è di ca 15'000 m<sup>2</sup>). La superficie indagata è stata a sua volta suddivisa in differenti zone:

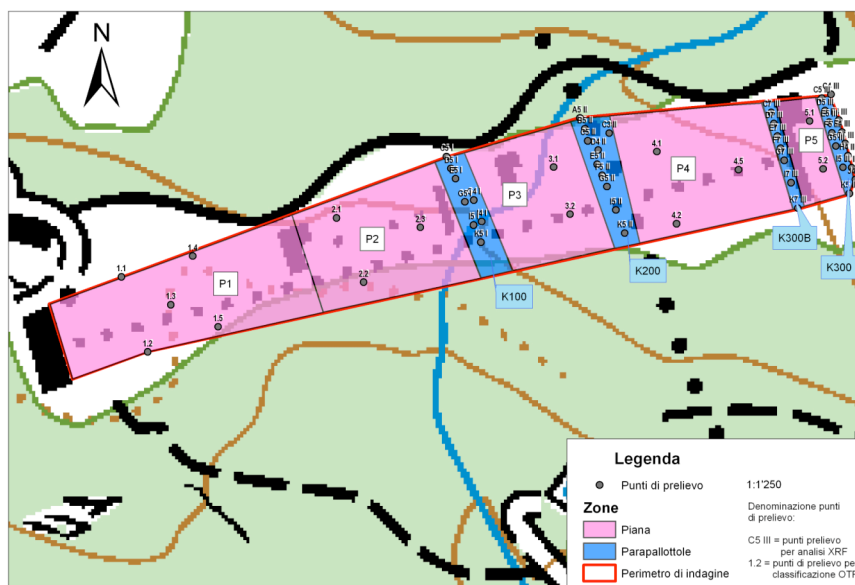
- 4 zone con terrapieni parapallottole denominate K100, K200, K300 e K300B
- 5 zone pianeggianti denominate P1, P2, P3, P4 e P5

La posizione effettiva dei terrapieni parapallottole è stata corretta rispetto a quella indicata nel capitolato d'oneri [1].

Le 4 zone de terrapieni parapallottole sono state indagate seguendo la sopracitata direttiva DPPS [3]. Le 5 zone pianeggianti sono indagate alfine di aver una classificazione secondo OTR del terreno.

I dettagli relativi alle caratteristiche delle differenti zone sono riportati nella tabella 1.

**Figura 1:**  
Perimetro dell'indagine tecnica - Piazze di tiro Monte Ceneri





**Tabella 1:**  
Suddivisione in zone  
del perimetro di  
indagine.

Denominazione zona	Descrizione	Modalità di analisi	Superficie [m <sup>2</sup> ]
<b>K100</b>	Terrapieno parapallottole 100 m	Analisi mediante XRF	600
<b>K200</b>	Terrapieno parapallottole 200 m	Analisi mediante XRF	700
<b>K300B</b>	Zona bersagli 300 m	Analisi mediante XRF	500
<b>K300</b>	Terrapieno parapallottole 300 m	Analisi mediante XRF	950
<b>P1</b>	Piana tra la postazione di tiro e zona bersagli 100 m	Analisi di laboratorio secondo OTR	4300
<b>P2</b>	Piana tra zona bersagli 100 m e parapallottole 100 m	Analisi di laboratorio secondo OTR	2500
<b>P3</b>	Piana tra parapallottole 100 m e parapallottole 200 m	Analisi di laboratorio secondo OTR	1750
<b>P4</b>	Piana tra parapallottole 200 m e zona bersagli 300 m	Analisi di laboratorio secondo OTR	3150
<b>P5</b>	Piana tra zona bersagli 300 m e parapallottole 300 m	Analisi di laboratorio secondo OTR	550

## 2 Riassunto dell'indagine storica

### 2.1 Piazze d'esercizio e zona obiettivi

La piazza di tiro del Monte Ceneri ha una superficie complessiva di ca. 80'000 m<sup>2</sup>. La zona comprendente gli oggetti 3360/1 e 3360/5 – zona 48 - ha una superficie totale di ca. 15'000 m<sup>2</sup>.

All'interno della zona 48 sono presenti le seguenti infrastrutture:

#### Impianti esistenti:

- **stand di tiro 100/200/300 m (3360/1)**
- **1 box 30 m (3360/1) (48a)**
- **stand di tiro 100 m Codette (3360/5)**
  - superficie zona obiettivi totale di 15'000 m<sup>2</sup>
  - superficie dello stand di tiro 300 m: ca. 300 m x 50 m
  - superficie del box: ca. 30 x 30 m
  - superficie dello stand di tiro Codette: ca. 100 m x 50 m
  - zona obiettivi formata da 9 bersagli per i 100 m, 9 bersagli per i 200 m e 23 bersagli per i 300 m. I bersagli sono elettronici provvisti di parapallottole in legno e da un muro in cemento armato
  - sono presenti 3 zone di posizione, per permettere il tiro da 300 m (con edificio stand di tiro, sistema di marcatura automatico), 200 m e 100 m (posizioni all'aperto), all'interno di questo spazio si trova il box di 30 m
  - Lo stand di tiro Codette è integrato nello stand 300 m (3360/1).

## 2.2 Storia delle piazze di tiro

La piazza di tiro comprendente gli oggetti 3360/1 e 3360/5 è utilizzata a partire dal 1970 e viene utilizzata in modo intenso ancora oggi. La piazza di tiro è usata per gli esercizi di tiro con fucile e pistola.

Nel catasto C-TIRO è indicato il numero dei proiettili sparati riassunti nella tabella seguente fino al 2002. Il numero dei proiettili sparati prima del 1998 è stato stimato dalla persona che ha compilato la scheda del catasto C-TIRO, sulla base dei dati degli anni dopo il 1998. I dati dal 2003 al 2005 sono stati forniti da armasuisse.

**Tabella 2a:**  
Numero di proiettili sparati sulla piazza di tiro zona 48 (3360/1)  
Mte. Ceneri (pz tiro): 300m (48), 30m(48a).

Munizione	0-1994	1995-1997	1998-1999	2000-2001	2002-2003	2005
5.6mm, 7.5mm, 9mm, Stgw / Pist Pa	45'000	30'000	54'879	188'988	130'861	125'252

**Tabella 2b:**  
Numero di proiettili sparati sulla piazza di tiro zona 48a (3360/5),  
Mte. Ceneri (pz tiro): 100 m Codette.

Munizione	1970-1989	1990-1991
5.6mm, 7.5mm, 9mm, Stgw / Pist Pa	8'000	8'000

## 2.3 Geologia e idrogeologia

Il substrato roccioso della zona del Monte Ceneri appartiene interamente al basamento paleozoico delle Alpi meridionali, costituito essenzialmente da rocce cristalline metamorfiche. In questa zona prevalgono gli gneiss a grana grossolana denominati "Gneiss del Ceneri", associati a gneiss plagioclastici, gneiss a due miche e micascisti.

La copertura quaternaria è costituita da depositi glaciali fluvio-glaciali con spessore fra meno di 1 metro e parecchi metri.

## 2.4 Sfruttamento acque sotterranee

La parte della piazza di tiro comprendente gli oggetti 3360/1 e 3360/5 - zona 48 - si trova all'esterno di zone e di settori di protezione delle acque Au (vedi allegato 2).

Nella zona comprendente gli oggetti 3360/1 e 3360/5 non ci sono corsi d'acqua che possano drenare le acque di infiltrazione.

A valle della zona obiettivi degli oggetti 3360/1 e 3360/5 - zona 48 - le acque sotterranee non sono sfruttate ad uso potabile.

Il potenziale di mobilitazione degli inquinanti è ritenuto debole, lo strato di copertura è sottile e poco fessurato e le zone obiettivi non si trovano in regioni carsiche [1].

## 2.5 Sfruttamento agricolo

Il terreno comprendente oggetti 3360/1 e 3360/5 - zona 48 - non è sfruttato per scopi agricoli.

## 2.6 Ipotesi di contaminazione

Il potenziale di contaminazione delle zone dei terrapieni parapallottole è ritenuto elevato, questo sulla base dei seguenti punti:

- la superficie è utilizzata come zona obiettivi e
- che la superficie presenta degli obiettivi fissi

La piazza di tiro è usata per gli esercizi di tiro con fucile e pistola.

Il quantitativo di sostanze inquinanti presenti nelle munizioni sparate sulla piazza di tiro sono riportate, nella tabella seguente.

**Tabella 3a:**  
Presenza sostanze inquinanti nelle munizioni in grammi per cartuccia

Munizione	Piombo (Pb)	Rame (Cu)	Antimonio (Sb)	Nickel (Ni)	Arsenico (As)	Cromo (Cr)	Zinco (Zn)
5.6mm GP 90	2.99	0.1	0.06	0.02	-	-	-
7.5mm GP 11	8.378	0.257	0.171	0.045	0.0004	-	-
9 mm Pist Pat	6.42	-	-	-	-	-	-

Fonte: arma Suisse, Cadastre des places de tir du DDPS, investigations Historiques, *Instructions n° 2 du 29.8.2006* [5]

Dettagli inerenti all'ipotesi di contaminazione sono dati nella tabella 3b.

Tabella 3b: Ipotesi di contaminazione	N° piazza di tiro	Durata sfruttamento	Munizioni utilizzate	Possibili inquinanti	Posizione della contaminazione	Vie di propagazione	Ipotesi contaminazione/ Raster di misurazione
	<b>Zona 48 3360/1: (300 m, 30 m; 3360/5: 100 m Codette</b>	Dal 1970, in servizio (3360/1). Fuori servizio (100 m Codette)	5.6mm, 7.5mm, 9mm, Stgw / Pist Pa	Piombo (Pb), Antimonio (Sb)	Suolo, sottosuolo	Acque d'infiltrazione	Contaminazione forte / 10 m

## 3 Analisi eseguite

### 3.1 Modalità di prelievo e analisi mediante XRF

Il prelievo di terreno nelle zone dei terrapieni parapalottole è stato effettuato seguendo le indicazioni della direttiva del DPPS [3].

La procedura seguita è la seguente:

1. Misurare e picchettare la superficie così da ottenere un raster di prelievo avente una maglia di dimensione 10 x 10 m
2. Prelievo di un campione di terreno per ogni punto del raster mediante perforatore manuale, eseguendo dei fori fino alla profondità di 20 cm
3. Omogeneizzazione del campione in sacchetto di plastica
4. Etichettatura del sacchetto di plastica
5. Esecuzione di almeno 3 misurazioni con apparecchio XRF, con ognuna una durata di misurazione di 30 s, effettuate in diverse zone del sacchetto (concentrazioni di Pb rilevate nelle singole 3 misurazioni deviano +/- 20% dal valore medio delle 3 misurazioni)
6. Ampliare la superficie e aumentare la densità dei rilevamenti con XRF, nelle zone con alte concentrazioni, secondo le indicazioni del capitolo 7.2.5 del documento [3].

I singoli risultati sono stati registrati indicando l'imprecisione dell'apparecchio ed il numero progressivo del rilevamento. I rilevamenti con XRF sono stati effettuati direttamente durante il prelievo dei campioni effettuati il 19.02.2013, 21.02.2013, 28.02.2013, 05.03.2013 e 26.03.2013 mediante uno spettrometro Niton XL3.

Importante è notare che i campioni di terreno con frammenti di proiettili che presentavano forti variazioni di concentrazioni di piombo non sono stati presi in considerazione.

Inoltre prima di effettuare le analisi tramite XRF, dai campioni di terreno sono stati tolti sassi dal diametro superiore a ca. 0.5-1.0 cm. Questa procedura descritta nella direttiva del DDPS [3] non permette l'esame di campioni di terreno composti prevalentemente da terreno con grossa granulometria.

### **3.1.1 Modalità di prelievo nella zona K100**

Il prelievo di campioni di terreno per la zona del parapalottolo 100 m è stato effettuato seguendo le indicazioni indicate nella sezione 3.1.1, in dettaglio:

- 1 raster rappresentativo di una superficie di 500 m<sup>2</sup>, composto inizialmente da 5 punti situati su di una linea ad una distanza di 10 m l'uno dall'altro
- successivo aumento di densità con l'aggiunta di 1 punto di prelievo
- allargamento della superficie con l'aggiunta di 2 punti di prelievo, che portano la superficie indagata a **600 m<sup>2</sup>**.

### **3.1.2 Modalità di prelievo nella zona K200**

Il prelievo di campioni di terreno per la zona del parapalottolo 200 m è stato effettuato seguendo le indicazioni indicate nella sezione 3.1.1, in dettaglio:

- 1 raster rappresentativo di una superficie di 500 m<sup>2</sup>, composto inizialmente da 5 punti situati su di una linea ad una distanza di 10 m l'uno dall'altro
- successivo aumento di densità con l'aggiunta di 2 punti di prelievo
- allargamento della superficie con l'aggiunta di 3 punto di prelievo, che portano la superficie indagata a **700 m<sup>2</sup>**.

### **3.1.3 Modalità di prelievo nelle zone K300B**

Il prelievo di campioni di terreno per la zona della zona bersagli 300 m è stato effettuato seguendo le indicazioni indicate nella sezione 3.1.1, in dettaglio:

- 1 raster rappresentativo di una superficie di **500 m<sup>2</sup>**, composto inizialmente da 5 punti situati su di una linea ad una distanza di 10 m l'uno dall'altro
- successivo aumento di densità con l'aggiunta di 2 punti di prelievo

### **3.1.4 Modalità di prelievo nella zona K300**

Il prelievo di campioni di terreno per la zona del parapalottolo 300 m è stato effettuato seguendo le indicazioni indicate nella sezione 3.1.1, in dettaglio:

- 1 raster rappresentativo di una superficie di 500 m<sup>2</sup>, composto inizialmente da 5 punti situati su di una linea ad una distanza di 10 m l'uno dall'altro
- successivo aumento di densità con l'aggiunta di 2 punti di prelievo
- allargamento della superficie con l'aggiunta di 7 punti di prelievo, che portano la superficie indagata a **950 m<sup>2</sup>**.

### 3.1.5 Modalità di prelievo di profili di profondità e analisi mediante XRF

Per delimitare verticalmente la diffusione degli inquinanti presso le zone dei terrapieni parapalottole sono stati rilevati 8 profili di profondità. Essi sono stati eseguiti presso punti che nello strato 0-20 cm hanno concentrazioni di piombo "non corrette" tra 865 e 3'362 mg/kg. I protocolli di campionamento dei profili di profondità sono mostrati nell'allegato 7.4. Sono stati eseguiti:

- 2 profili nella zona K100, fino ad una profondità massima di 1.8 m
- 3 profili nella zona K200, fino ad una profondità massima di 1.4 m
- 3 profili nella zona K300, fino ad una profondità massima di 2.8 m

Punti e profondità massima dei profili di profondità sono indicati nella tabella 4.

**Tabella 4:**  
Caratteristiche profili di profondità

Zona	Superficie zona indagata [m <sup>2</sup> ]	Punto di carotaggio	Profondità raggiunta [m]
K300	950	E4 III	1.0
		I4 III	2.8
		E4 III bis	2.6
K200	700	F5 II	1.0
		B5 II	1.4
		D4 II	1.4
K100	600	E5 I	1.0
		K5 I	1.8

Dalla zona K300B non sono stati prelevati profili di profondità, questo per la presenza di una struttura in cemento armato (costruzione postazione bersagli).



Il prelievo e le analisi dei profili sono stati effettuati seguendo le indicazioni della direttiva del DPPS [3].

In breve:

Inizialmente sono stati estratti ed analizzati tramite XRF 3 profili di profondità (uno per ognuna delle zone K100, K200 e K300). Il prelievo è stato mediante un perforatore manuale ("Pürkhauer-Bohrstock"), che può essere infilato nel terreno mediante martello fino alla profondità di 1 m. Il materiale delle carote estratte è stato messo nei sacchetti di plastica per strati (0-20 cm, 20-40 cm,...). I singoli campioni sono stati analizzati mediante XRF secondo le modalità descritte nel capitolo 3.1.1.

Le concentrazioni di piombo rilevate nei profili di profondità superavano il limite di 50 mg/kg – valore soglia imposto dalla direttiva DPPS ([3], capitolo 7.2). È risultato quindi necessario prelevare profili di profondità massima maggiore a 1m.

Il prelievo di materiale è quindi proseguito tramite microcarotaggio (profondità dettagliate nella tabella 4). Per mezzo dei microcarotaggi è stato possibile raggiungere quote alle quali la presenza di ghiaia del diametro di almeno 4-5 cm è dominante. Tecnicamente non è stato possibile effettuare analisi oltre quanto fatto, visto che si raggiungevano strati ghiaiosi (diametro di 4-5 cm) non analizzabili con l'XRF.

### **3.2 Analisi campioni di terreno di riferimento**

I risultati ottenuti con XRF devono essere calibrati, in quanto i risultati sono influenzati dalla presenza di Pb particolare, dal peso specifico e dall'umidità. Mediante alcuni campioni di riferimento, che sono contemporaneamente analizzati sia sul campo mediante XRF che mediante analisi chimica in laboratorio, possono essere calibrati i risultati ottenuti tramite lo spettrometro XRF.

Essendo i terrapieni parapalottole ubicati a poca distanza uno dall'altro - ed avendo questi ultimi caratteristiche litologiche e di umidità simili – si è provveduto al prelievo ed all'analisi di 7 campioni di riferimento. Questi campioni sono ritenuti rappresentativi di tutte le zone dei terrapieni parapalottole investigate in questa indagine tecnica.

I campioni sono stati prelevati dai seguenti punti di prelievo: E4 III, C5 III, G5 III, G7 III, F5 II, E5 I e K5 I (per posizione

vedasi allegato 4.1), ossia 4 dalla zona K300, 1 dalla zona K200 e 2 dalla zona K100.

Questi punti sono stati selezionati perché le concentrazioni di piombo misurate tramite XRF giacciono all'incirca nell'intervallo in cui le misurazioni effettuate tramite XRF sono in rapporto lineare con le concentrazioni effettive di piombo. Questo intervallo è tra i 100 ed i 2'000 ppm.

Le analisi tramite XRF sono state effettuate come dettagliato nel capitolo 3.1. I campioni di terreno sono stati successivamente analizzati per determinare la concentrazione di piombo. Il campionamento e le analisi sono state effettuate secondo le prescrizioni della direttiva "Analysemethoden im Abfall- und Altlastenbereich" [2].

I protocolli di campionamento dei campioni di riferimento sono presentati nell'allegato 7.3.

### **3.3 Test di eluizione**

Per i sette campioni di terreno di riferimento (vedasi sezione 3.2) sono stati eseguiti i test di eluizione secondo OTR - con rilevamento di antimonio e piombo nell'eluato.

I test di eluizione sono stati eseguiti secondo l'allegato 1, test 2, dell'ordinanza tecnica sui rifiuti (OTR).

L'esecuzione del test di eluizione su campioni di terreno di riferimento ha qui una duplice valenza:

- Ottenere informazioni puntuali sull'inquinamento del suolo nei punti dove i campioni di riferimento sono stati raccolti
- Determinare un fattore di trasformazione tra le concentrazioni di piombo misurate dall'XRF e le concentrazioni di antimonio misurate nell'eluato

Le concentrazioni di Sb non possono essere determinate in maniera diretta tramite XRF.

È tuttavia possibile – avendo a disposizione una serie di campioni di terreno analizzati tramite XRF per la determinazione delle concentrazioni di Pb e con test di eluizione per le concentrazioni di Sb - determinare un fattore di conversione tra le due concentrazioni.

Il fattore di conversione così ricavato permette di stimare le concentrazioni di Sb nell'eluato, partendo dalle concentrazioni di Pb misurate nel terreno tramite XRF.

### **3.4 Modalità di prelievo e piano analitico campioni zone P1-P5**

Il campionamento del materiale delle zone pianeggianti P1-P5 è avvenuto tramite microcarotaggi (diametro della carota ca. 5 cm). Questi microcarotaggi sono stati eseguiti fino ad una profondità di 1.0 m (vedasi documentario fotografico allegato 9).

Per ogni punto di carotaggio sono stati prelevati 2 campioni di terreno, alle profondità seguenti:

0.0-0.5 m per il primo e

0.5-1.0 m per il secondo.

I dettagli si trovano nella tabella 5. I protocolli di campionamento per le zone P1-P5 sono nell'allegato 7.5.

Si è poi provveduto ad effettuare delle miscele tra i campioni, al fine di ottenere un campione di terreno per zona indagata. I rapporti di miscelazione così come il piano analitico delle miscele si trovano nella tabella 5.

**Tabella 5:**  
Rapporti di miscela-  
zione e piano anali-  
tico - campioni di  
terreno delle zone  
pianeggianti P1-P5

Punto di prelievo	Zona	Profondità di prelievo [m]	Miscele	Piano analitico
1.1	P1	1.1/1: 0-0.5	$M1/1 = 1.1/1 + 1.2/1 + 1.3/1 + 1.4/1 + 1.5/1$  $M1/2 = 1.1/2 + 1.2/2 + 1.3/2 + 1.4/2 + 1.5/2$	M1/1: Pb e Sb  M1/2: non eseguite
		1.1/2: 0.5-1		
1.2	P1	1.2/1: 0-0.5		
		1.2/2: 0.5-1		
1.3	P1	1.3/1: 0-0.5		
		1.3/2: 0.5-1		
1.4	P1	1.4/1: 0-0.5		
		1.4/2: 0.5-1		
1.5	P1	1.5/1: 0-0.5		
		1.5/2: 0.5-1		
2.1	P2	2.1/1: 0-0.5	$M2/1 = 2.1/1 + 2.2/1 + 2.3/1$  $M2/2 = 2.1/2 + 2.2/2 + 2.3/2$	M2/1: Pb e Sb  M2/2: non eseguite
		2.1/2: 0.5-1		
2.2	P2	2.2/1: 0-0.5		
		2.2/2: 0.5-1		
2.3	P2	2.3/1: 0-0.5		
		2.3/2: 0.5-1		
3.1	P3	3.1/1: 0-0.5	$M3/1 = 3.1/1 + 3.2/1$  $M3/2 = 3.1/2 + 3.2/2$	M3/1: Pb e Sb  M3/2: non eseguite
		3.1/2: 0.5-1		
3.2	P3	3.2/1: 0-0.5		
		3.2/2: 0.5-1		
4.1	P4	4.1/1: 0-0.5	$M4/1 = 4.1/1 + 4.2/1 + 4.3/1$  $M4/2 = 4.1/2 + 4.2/2 + 4.3/2$	M4/1: Pb e Sb  M4/2: non eseguite
		4.1/2: 0.5-1		
4.2	P4	4.2/1: 0-0.5		
		4.2/2: 0.5-1		
4.5	P4	4.3/1: 0-0.5		
		4.3/2: 0.5-1		
5.1	P5	5.1/1: 0-0.5	$M5/1 = 5.1/1 + 5.2/1$  $M5/2 = 5.1/2 + 5.2/2$	M5/1: Pb e Sb  M5/2: Pb e Sb
		5.1/2: 0.5-1		
5.2	P5	5.2/1: 0-0.5		
		5.2/2: 0.5-1		

## 4 Risultati

### 4.1 Correlazione analisi XRF – analisi laboratorio

Mediante i campioni di riferimento - analizzati sia sul campo tramite XRF che in laboratorio – è possibile calibrare i risultati da campo.

I punti di campionamento ed i metodi di analisi per i campioni di riferimento sono illustrati nel capitolo 3.2. Le concentrazioni di piombo rilevate nei differenti campioni sono indicate nella tabella 6 e, in dettaglio nell'allegato 7.2.

Il campione K5 I non è stato incluso nei dati utilizzati per determinare fattore di calibratura del XRF, dal momento che le analisi di laboratorio rilevavano il piombo in concentrazioni 6 volte superiore a quelle fatte con l'XRF: il campione probabilmente conteneva frammenti di proiettile non notati durante la campionatura.

Anche il campione miscela M5/1, prima di essere spedito per le analisi in laboratorio è stato analizzato anche tramite XRF ed utilizzato per la calibratura.

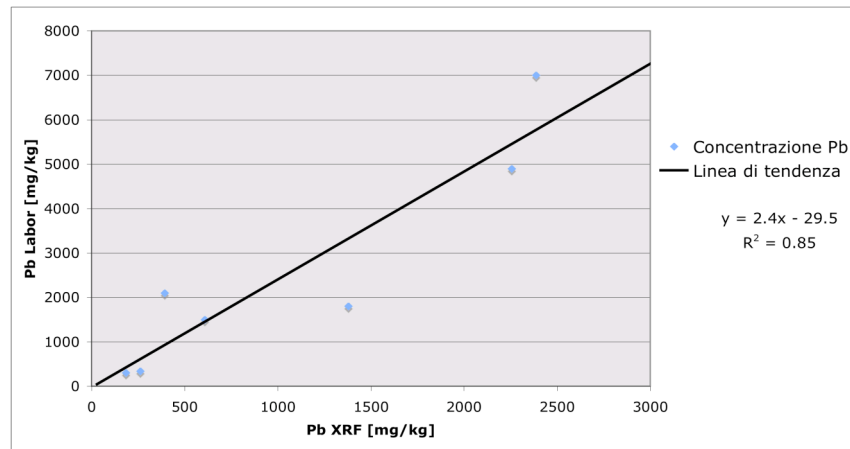
**Tabella 6:**  
Campioni di terreno utilizzati quali referenze per calibratura dei valori misurati con XRF

Campione	Profondità di prelievo [m]	XRF [mg/kg]	Laboratorio [mg/kg]
E4 III	0.0-0.2	1'379	1'800
C5 III	0.0-0.2	608	1'500
G5 III	0.0-0.2	393	2'100
G7 III	0.0-0.2	185	300
E5 I	0.0-0.2	2'256	4'900
F5 II	0.6-0.8	2'386	7'000
M5/1	0.0-0.5	261	340
K5 I (escluso)	0.0-0.2	822	5'100

Il fattore di calibrazione del XRF è determinato tramite regressione lineare delle concentrazioni di piombo delle analisi di laboratorio sulle concentrazioni misurate sul campo (XRF).

La formula di calibrazione e l'indice di correlazione ( $R^2$ ) sono presentati nella figura 2.

**Figura 2:**  
Correlazione tra  
concentrazione Pb con  
XRF e in laboratorio



Le concentrazioni di piombo misurate mediante XRF sono calibrate usando come fattore di conversione l'equazione della linea di tendenza. Nel piano di visualizzazione dell'inquinamento (allegato 4.1 e 4.2) sono rappresentate unicamente le concentrazioni XRF corrette.

## 4.2 Distribuzione orizzontale dell'inquinamento

Per la **zona K100** - avente una superficie di 600 m<sup>2</sup> - la distribuzione orizzontale dell'inquinamento nello strato superficiale dei primi 0.2 m è la seguente (cfr. piano di situazione con le concentrazioni di Pb XRF corrette, allegato 4.2, ed allegato 10.1):

concentrazioni superiori a 2'000 mg/kg Pb - materiale non depositabile in discarica reattore >R - nella parte centro-sud (punti da E5 I a K5 I, 4 punti su 8)

- concentrazioni inferiori a 500 mg/kg Pb (materiale da inerte I a pulito U) nel terreno situato al lato nord come in quello della parte superiore del terrapieno parapalottole (punti C5 I, D5 I, G4 I e I4 I)

Per la **zona K200** - avente una superficie di 700 m<sup>2</sup> - la distribuzione orizzontale dell'inquinamento nello strato superficiale dei primi 0.2 m è la seguente (cfr. piano allegato 4.2, ed allegato 10.1):

concentrazioni superiori a 2'000 mg/kg Pb (>R) nella parte centrale (punti da B5 II fino a F5 II - 4 punti su 10)

- concentrazioni tra 500 e 2'000 mg/kg Pb - materiale depositabile in discarica reattore R - presso un solo punto (D4 II)
- concentrazioni inferiori a 500 mg/kg Pb (da I a U) nel terreno situato ai lati nord e sud e nella parte est del terrapieno (punti C3 II, A5 II, e da G5 II a K5 II)

Per la **zona K300** - avente una superficie di 750 m<sup>2</sup> - la distribuzione orizzontale dell'inquinamento fino a una profondità di 0.2 m è molto eterogenea (cfr. piano allegato 4.2, ed allegato 10.1):

concentrazioni superiori a 2'000 mg/kg Pb (>R) nella parte centro-nord (punti E4 III, D5 III e F5 III - 3 punti su 14)

- concentrazioni tra 500 e 2'000 mg/kg Pb (R) alle estremità nord e sud-est del terrapieno (punti C4 III, I4 III, J4 III, C5 III e G5 II), come pure al centro dello stesso (punti F4 III ed E5 III)
- concentrazioni inferiori a 500 mg/kg Pb (da I a U) nel terreno situato all'estremità sud-ovest del terrapieno (punti I5 III, K5 III), come pure al centro dello stesso (punti G4 III a H4 III)

Per la **zona K300B** - avente una superficie di 500 m<sup>2</sup> - la distribuzione orizzontale dell'inquinamento nello strato superficiale dei primi 0.2 m è la seguente (cfr. piano allegato 4.2, ed allegato 10.1):

- concentrazioni tra 500 e 2'000 mg/kg Pb (R) nella parte centro-nord (punti D7 III e E7 III – 2 punti su 7)
- concentrazioni inferiori a 500 mg/kg Pb (da I a U) nel terreno situato ai lati nord e sud (punti C7 III, e da F7 II a K7 II - 5 punti su 7)

### 4.3 Profilo verticale dell'inquinamento

La ripartizione del piombo in base alla profondità è visibile negli allegati 5.1, 5.2 e 5.3 per sette punti di prelievo posizionati nelle tre zone di terrapieno pallottole K100, K200 e K300. (rif. 3.1.5)

Nel terrapieno K100 le concentrazioni di piombo decrescono velocemente con la profondità in ambedue i punti indagati, raggiungendo valori di ca. 200 ppm già a 1.0 m di profondità. Nel punto K5 I - strato 1.6-1.8 m - la concentrazione di piombo risulta essere inferiore a 50 ppm.

Nel terrapieno K200 le concentrazioni di piombo decrescono velocemente fino ad una profondità di ca. 1.0 m (ca. 200 ppm), per poi ri-aumentare e raggiungere anche valori >2'000 ppm.

Le concentrazioni di piombo nel terrapieno K300 sono massime ad una profondità di 0.4-0.8 m. Dopo questa profondità vi è tendenzialmente una diminuzione, anche se localmente sono presenti notevoli aumenti con piombo >2'000 ppm.

La mancanza di un chiaro profilo di concentrazioni del piombo in diminuzione con la profondità (terrapieno K200 e K300), è da attribuire con grande probabilità ad un rimescolamento del materiale dei terrapieni.

I limiti di 50 ppm – da raggiungere secondo direttiva del DDPS [3] prima di interrompere il prelievo in profondità- non sono sempre stati raggiunti. Come illustrato nella sezione 3.1.5 non è stato tecnicamente possibile effettuare analisi oltre quanto fatto, visto che si raggiungevano strati ghiaiosi (diametro di 4-5 cm) non analizzabili con l'XRF.



#### 4.4 Test eluizione

Le concentrazioni di antimonio e piombo nell'eluato dei sette campioni analizzati sono illustrate nell'allegato 7.2. Nell'eluato di tutti e sette i campioni sono presenti concentrazioni superiori a 0.05 Pb mg/l rispettivamente 0.01 Sb mg/l, ossia oltre il limite 100% dell'allegato 1 dell'OSiti – si noti che i risultati sono stati ottenuti con test di eluizione secondo ORT e non secondo OSiti.

In dettaglio, le concentrazioni di **piombo** nell'eluato variano da un minimo di 0.13 mg/l nel campione G7III e un massimo di 0.84 mg/l nel E4III, concentrazioni rilevate entrambi nel terrapieno K300.

Per l'**antimonio** il minimo è stato rilevato nel campione G7III con 0.016 mg/l mentre il massimo a 1.50 mg/l nel campione E4III, anche in questo caso ambedue i campioni provengono dal terrapieno K300.

Il campione E4III probabilmente conteneva un frammento di proiettile. La sua rappresentatività per il test di eluizione è comunque valida, visto che in effetti nel terrapieno i frammenti sono molto diffusi. È tuttavia da notare come l'antimonio del campione E4III presenti concentrazioni almeno quattro volte superiori rispetto a quelle degli altri campioni, cosa che non è valida per il piombo.

**Tabella 7:**  
Concentrazioni di Pb e Sb in eluato e rapporto Sb/Pb

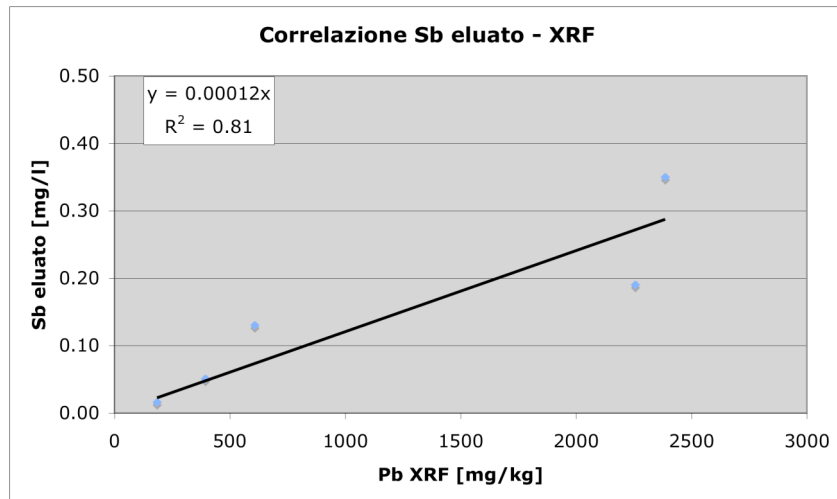
<b>Campione</b>	<b>Sb eluato mg/l</b>	<b>Pb XRF mg/kg</b>	<b>Sb 100% all. 1 OSiti mg/l</b>	<b>Pb 100% all. 1 OSiti mg/l</b>
E4 III (escluso)	1.50	1'379	0.01	0.05
C5 III	0.13	608	0.01	0.05
G5 III	0.051	393	0.01	0.05
G7 III	0.016	185	0.01	0.05
E5 I	0.19	2'256	0.01	0.05
F5 II	0.35	2'386	0.01	0.05
K5 I (escluso)	0.086	2'660	0.01	0.05

Il fattore di conversione per stimare le concentrazioni di Sb dell'eluato, partendo dai dati sulle concentrazioni di Pb rilevate nel terreno tramite XRF, è stato calcolato tramite una regressione lineare.

Dei setti campioni analizzati due campioni sono stati esclusi: il campione K5 I (per la probabile presenza di un frammento di Pb - vedasi discussione sezione 4.1) ed il campione E5III causa alta concentrazione di Sb dell'eluato.

Il fattore di conversione e l'indice di correlazione ( $R^2$ ) tra l'Sb nell'eluato e le concentrazioni di Pb misurate con XRF sono presentati nella figura 3. Esso è di ca.  $0.00012 \text{ (mgSb} \cdot \text{L}^{-1}) / \text{(mgPb} \cdot \text{kg}^{-1})$ . Ciò significa che l'isolinea di  $0.01 \text{ mgSb} \cdot \text{L}^{-1}$  (limite OSiti per il monitoraggio) corrisponde all'incirca all'isolinea di  $85 \text{ mgPb} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

**Figura 3:**  
Correlazione tra  
concentrazione Pb con  
XRF e Sb in eluato



#### **4.5 Distribuzione inquinante zone pianeggianti P1-P5 e classificazione materiale secondo OTR**

Il campionamento, il piano di miscelazione ed il piano analitico dei campioni provenienti dalle zone pianeggianti P1-P5 sono illustrati nella sezione 3.4.

Le concentrazioni di inquinanti dei campioni di terreno analizzati sono presentate nell'allegato 7.1.

Presso le zone **P1** (4'300 m<sup>2</sup> di superficie), **P2** (2'500 m<sup>2</sup> di superficie), **P3** (1'750 m<sup>2</sup> di superficie) e **P4** (3'150 m<sup>2</sup> di superficie), le concentrazioni di piombo sono sempre inferiori ai limiti per il materiale pulito (U) secondo OTR – e questo già nello strato superiore (0.0-0.5 m). Le concentrazioni di antimonio non superano mai i limiti per il materiale inerte (I); per l'antimonio non vi sono limiti U e T. Il valore ammesso a livello internazionale di 5 ppm non è superato in queste zone.

In dettaglio, nelle zone P1-P4 le concentrazioni di piombi variano tra 16 e 29 mg/kg (il limite superiore per il material pulito è di 50 mg/kg), quelle dell'antimonio tra 0.79 e 1.6 mg/kg (il limite superiore per il material inerte è di 30 mg/kg).

Nella **zona P5** (550 m<sup>2</sup> di superficie), la concentrazione di piombo è risultata essere di 340 mg/kg nello strato 0.0-0.5 m, ossia tali da classificare il materiale come inerte (I) secondo OTR. Nello strato 0.5-1.0 m è stata rilevata una concentrazione di piombo di 220 mg/kg, tale da classificare il materiale come materiale T secondo OTR. L'antimonio è invece sempre risultato essere presente in concentrazioni inferiori ad I, ma superiore ai 5 ppm (limite internazionale).

Maggiori informazioni riguardanti i volumi di materiale classificati nelle differenti categorie OTR sono discussi nel capitolo 7.

## 5 Qualità dei risultati

### 5.1 Attendibilità dei risultati

#### Imprecisione nella ipotesi di contaminazione

Non sono emersi indizi che fanno pensare ad un'erronea o imprecisa identificazione delle sostanze presenti sul sito, che così come valutata nell'indagine storica riconduce a proiettili contenenti piombo ed antimonio (vedasi sezione 2.6).

#### Eterogeneità nel materiale campionato

Il materiale campionato dai quattro terrapieni parapallottole era omogeneo dal lato litologico sino almeno ad 1 m di profondità.

Oltre questo strato omogeneo vi era del materiale eterogeneo (ghiaia dal diametro di ca. 3-4 cm), non analizzabile con l'XRF.

In ogni caso, i campioni per i quali le concentrazioni di Pb si distanziano di più del 20% dal valore medio (3 analisi per ogni campione) non sono state prese in considerazione.

Nelle zone pianeggianti vi erano delle differenze: sino ad una certa profondità – a dipendenza della zona – lo strato superficiale era comparabile litologicamente con quello dei terrapieni. A profondità maggiori la granulometria del materiale aumentava.

#### Imprecisione della locazione dei raster

Il raster per i prelievi previsto nel capitolato d'onere non era posizionato in modo corretto, per cui è stato ridefinito, posizionandolo sui terrapieni parapallottole.

L'indagine è stata estesa alle zone pianeggianti P1-P5, allargando così il perimetro inizialmente previsto nel capitolato, ciò che ha contribuito a previsto a minimizzando l'influenza di possibili errori della delimitazione della contaminazione.

Il campionamento è stata eseguito seguendo l'indicazione della direttiva del DDPS [3], eseguendo dove necessario un addensamento del raster o aumentando la sua estensione.

Inoltre la determinazione della posizione dei punti di prelievo sulle piazze di tiro è stata effettuata mediante un apparecchio GPS con una precisione di +/- 1 cm.

### **Analisi XRF a basse concentrazioni**

Le analisi effettuate tramite XRF permettono di quantificare in maniera affidabile le concentrazioni di piombo in un intervallo tra 100-2'000 mg/kg.

Mediante la calibrazione dei risultati ottenuti tramite lo spettrometro XRF con i risultati ottenuti in laboratorio (vedi capitolo 4.2), è stato stabilito che la concentrazione di ca. 100 mg/kg ottenuta con XRF (limite di detezione), corrisponde ad una concentrazione effettiva in laboratorio di ca. 210 mg/kg. Questo valore corrisponde dunque al limite inferiore per i quali i dati sono considerati affidabili.

### **Errore dell'analisi XRF**

L'analisi è stata eseguita con uno spettrometro-XRF Niton XL3, la cui imprecisione complessiva (imprecisione apparecchio e manipolazione durante misurazione) è stimata al 30%.

### **Errore dell'analisi in laboratorio**

Il margine d'errore dell'analisi del Pb in laboratorio – secondo indicazioni del laboratorio – è di 12-20%. Considerando anche l'imprecisione del prelievo dei campioni, si stima un errore complessivo di ca. 30-40%.

## **5.2 Informazioni mancanti**

I raster di prelievo sono stati adattati in modo specifico, in base alle informazioni raccolte sul terreno. Non si può comunque escludere la presenza di eventuali inquinamenti puntuali.

Questo rischio è tuttavia minimo, visto che sono state incluse nell'indagine anche le zone pianeggianti P1-P5.

## 6 Stima dei rischi, esigenze di risanamento

### 6.1 Protezione dell'acqua di falda e dell'acqua di superficie

Il sito è ubicato al di fuori della zona Au e non vi sono acque superficiali in loco.

Quale prima approssimazione, si confrontano in questo caso e secondo la direttiva del DDPS [3] le stime delle concentrazioni di antimonio nell'eluato con le concentrazioni limite dell'OSiti, viste le caratteristiche di solubilità dell'antimonio.

In tutti i sette campioni di riferimento prelevati dalle zone dei terrapieni parapallottole, le concentrazioni di antimonio nell'eluato erano sempre superiori di almeno al doppio dei valori di concentrazione dell'allegato 1 dell'OSiti.

Grazie al fattore di conversione tra le concentrazioni di piombo misurate tramite XRF e le concentrazioni di antimonio nell'eluato si è stabilito che il limite OSiti per l'antimonio è superato in ulteriori 30 campioni di terreno su 39 totali analizzati.

In effetti i 9 campioni risultati al di sotto dei limiti di monitoraggio erano nelle zone limite dei terrapieni.

Oltre alla zona dei parapallottole, nella zona tra il parapallottole 300m e la linea bersagli 300m, in superficie di ca. 550 m<sup>2</sup>, anche i campioni miscela prelevati dallo strato 0-0.5 m e quello dello strato 0.5 -1 m superavano gli 83 mg/kg di piombo e quindi – secondo l'estrapolazione – anche il limite dell'antimonio nelle acque.

Il sito è contaminato ed in base alle disposizioni relative alle indennità per gli impianti secondo l'OTaRSi (UFAM 2006) pag. 17, - trovandosi all'esterno di un settore di protezione delle acque particolarmente minacciato - in caso di cessazione dell'attività deve essere decontaminato nell'arco di una generazione.

## 6.2 Protezione del suolo

La valutazione del suolo - secondo Osuolo<sup>3</sup> - è stata effettuata su tutta la superficie indagata, escluse le zone dei terrapieni parapallottole.

Ai sensi dell'Osuolo il materiale di sterro è classificato in tre categorie:

- Non inquinato (concentrazioni inferiori ai valori di guardia – tabella 1 allegato 1 Osuolo, Pb 50 mg/kg))
- Debolmente inquinato (concentrazioni tra ai valori di guardia e quelli di risanamento – tabella 2 allegato 1 Osuolo; 2'000 mg Pb/kg agricoltura prof, 1'000 mg Pb/kg agricoltura uso proprio, 1'000 mg Pb/kg aree di gioco)
- Fortemente inquinato (concentrazioni superiori ai valori di risanamento – tabella 3 allegato 1 Osuolo).

Come presentato nell'allegato 7.1 e visualizzato nell'allegato 4.2, solo nella superficie tra il bersaglio 300m e il relativo parapallottole vengono superati i valori di guardia. Il sito nelle zone contaminate non può essere utilizzato a scopo agricolo.

Anche in questo caso – a meno che vi sia una modifica di utilizzo - non vi è obbligo di risanamento.

Nelle restanti zone pianeggianti le concentrazioni di inquinanti permettono di classificare il suolo come non inquinato.

I terrapieni parapallottole vengono valutati ai sensi dell'OSiti: per quanto attiene la protezione del suolo non risultano esserci gli estremi per un risanamento del sito.

---

<sup>3</sup> Ordinanza contro il deterioramento del suolo (Osuolo) del 1 luglio 1998 – stato 1 giugno 2012

## 7 Procedura futura

Sulla base dei risultati ottenuti dall'indagine tecnica secondo OSiti e OTarSi, il sito va classificato quale sito contaminato, che in caso di cessazione dell'attività va risanato nell'arco di una generazione.

Per quanto concerne la classificazione secondo OSuolo, solo la superficie tra il bersaglio 300m e il relativo para-pallottole supera i valori di guardia, per cui anche in questo caso – a meno che vi sia una modifica di utilizzo - non vi è obbligo di risanamento. Un utilizzo del sito nelle zone contaminate a fine agricolo non è possibile.

In caso di lavori di scavo, per la classificazione e lo smaltimento del materiale asportato fa stato l'ordinanza tecnica sui rifiuti (OTR).



## 8 Classificazione del materiale

L'indagine preliminare ha portato alla classificazione del sito quale sito contaminato. Trovandosi all'esterno di un settore di protezione delle acque particolarmente minacciato e non costituendo una minaccia per le acque superficiali, la decontaminazione deve avvenire nell'arco di una generazione.

In caso di edificazione va valutata la possibilità di risanamento parziale e/o totale. In ogni caso, un futuro risanamento del sito non deve essere impossibilitato.

Parte delle piazze di tiro del Monte Ceneri Zona 48 (Stand 100/200/300 m, C-TIRO Nr. 3360/1 del DDPS, pz tiro: 300 m (48), 30 m (48a) e 100 m Codette) saranno soggette a lavori di ammodernamento.

In caso di scavo o movimentazione di terreno, la classificazione e lo smaltimento devono essere fatte conformemente all'OTR e seguendo le indicazioni dell'Ufficio Federale dell'Ambiente, delle Foreste e del Paesaggio "Direttiva per il riciclaggio, il trattamento e il deposito di materiale da scavo" [4].

La stima dei quantitativi di materiale totale inquinato presente è di 7'500 m<sup>3</sup>.

La classificazione è stata effettuata per tutti i 15'000 m<sup>2</sup> di superficie, sino a profondità diverse, dipendenti dai dati analitici a disposizione e dal grado di inquinamento di ogni singola zona.

I dettagli di calcolo si trovano nell'allegato 11 e sono stati riassunti nelle tabelle 8 e 9. Nel piano allegato 4.3 si vede la superficie inquinata.

Per la valutazione del tipo di materiale, la superficie di 15'000 m<sup>2</sup> è stata suddivisa in quattro zone di terrapieni parapaltonne K e cinque zone pianeggianti P.

Tabella 8:  
Dettaglio  
classificazione  
materiale zone K

Class. OTR	K100	K200	K300	K300B
T	0 m <sup>3</sup>	262.5 m <sup>3</sup>	900 m <sup>3</sup>	105 m <sup>3</sup>
I	712.5 m <sup>3</sup>	457.5 m <sup>3</sup>	500 m <sup>3</sup>	135 m <sup>3</sup>
R	0 m <sup>3</sup>	480 m <sup>3</sup>	1'237.5 m <sup>3</sup>	60 m <sup>3</sup>
>R	562.5 m <sup>3</sup>	150 m <sup>3</sup>	1'237.5 m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup>

Per i terrapieni parapallottole si è dovuto tenere conto del fatto che non sono zone piane: la stima del volume del materiale - fatto per stato - è stata calcolata considerando una inclinazione del piano di 45° (fattore di moltiplicazione della superficie 1.5 -vedasi allegato 11).

**Tabella 9:**  
Dettaglio  
classificazione  
materiale zone P1-P5

Zona	Superficie [m <sup>2</sup> ]	N° strati	Profondità [m]	Volume [m <sup>3</sup> ]	Class. OTR
P1	4'300	1	0-0.5	2'150	U
P2	2'500	1	0-0.5	1'250	U
P3	1'750	1	0-0.5	875	U
P4	3'150	1	0-0.5	1'575	U
P5	550	2	0-0.5	275	I
P5	550	2	0.5-1.0	275	T

I quantitativi totali di materiale inquinato presente sulla superficie indagata (superficie totale di 15'000 m<sup>3</sup>) sono presentati nella tabella 10 (arrotondamento).

**Tabella 10:**  
Classificazione  
materiale totale

Class. OTR	Volumi arrotondati [m <sup>3</sup> ]	Volumi di calcolo [m <sup>3</sup> ]
T	ca. 1'600 m <sup>3</sup>	1'542.5 m <sup>3</sup>
I	ca. 2'100 m <sup>3</sup>	2'080 m <sup>3</sup>
R	ca. 1'800 m <sup>3</sup>	1'777.5 m <sup>3</sup>
>R	ca. 2'000 m <sup>3</sup>	1'950 m <sup>3</sup>

## 9 Stima dei costi di risanamento

Qualora si decidesse di effettuare un risanamento totale della superficie indagata, si deve prevedere l'asportazione di tutto il materiale inquinato in essa presente (7'500 m<sup>3</sup> ca.), come pure un controllo del terreno sul fondo scavo. Questo porterebbe allo stralcio del sito dal catasto.

La superficie dalla quale va asportato il materiale è indicata nell'allegato 4.3. La profondità dello scavo varia da zona a zona ed è indicata nel capitolo 8 e nell'allegato 11.

Nella tabella 11 è riportata una stima dei costi, che considera quale via di smaltimento il deposito del materiale in discariche in Ticino e la consegna ad uno smaltitore autorizzato per il materiale >R - esclusi i costi di asportazione e trasporto. In questo caso si considera tutto il materiale, anche quello classificato quale T, per il quale si prevede il deposito in una discarica per inerti..

**Tabella 11:**  
Stima costi di deposito in discarica; materiale T, I, R e >R

Categorie	Volumi	Massa	Costi unitari discarica / smaltimento	Costi discarica / smaltimento
T	1'600 m <sup>3</sup>		30.- CHF/m <sup>3</sup>	48'000 CHF
I	2'100 m <sup>3</sup>		30.- CHF/m <sup>3</sup>	63'000 CHF
R	1'800 m <sup>3</sup>	3'600 t	130.- CHF/t	468'000 CHF
>R	2'000 m <sup>3</sup>	4'000 t	500.- CHF/t	2'000'000 CHF

Chiaramente andrebbero valutate delle alternative al deposito in discarica: ad esempio il materiale di tipo T potrebbe essere riutilizzato quale sottofondo stradale o per i ripari fonici, mentre per il materiale con tenori di metalli più elevati è possibile pure pensare ad un lavaggio.

EcoRisana SA  
Taverne, 2 giugno 2013  
Redazione rapporto



Responsabile progetto  
Matthias Gianini  
Dipl. Phys. ETHZ

Responsabile qualità  
Dott. Monica Duca Widmer  
Ing. Chim. Dipl. ETHZ

**Distribuzione:**  
4 copie a Armasuisse  
1 copia EcoRisana SA

## Referenze

- [1] Indagine storica, capitolato d'oneri per l'indagine tecnica; Piazze di tiro Mte. Ceneri (pz tiro): 300 m (48), 30 m (48a), 25 m (40), Val Trodo, 30 m, 100 m Codette, Stand di tiro 25 m; C-TIRO n° 3360/1, 3360/2, 3360/3, 3360/4, 3360/5, 3360/6, 26.3.09
- [2] BAFU (2010): Analysenmethoden im Abfall- und Altlastenbereich
- [3] GS VBS / RU (2012): Altlastenbearbeitung VBS: Untersuchung der Belastungen auf Schiessplätzen und Schiessanlagen des VBS, Wegleitung.
- [4] UFAFP (1999): Direttiva per il riciclaggio, il trattamento e il deposito de materiale da scavo (Direttiva sul materiale da scavo). – *Rifiuti e siti contaminati*.
- [5] Arma Suisse (2006): Cadastre des places de tir du DDPS, Investigations Historiques, *Instructions n° 2 du 29.8.2006*
- [6] UFAFP (2003): Probenahme von Grundwasser bei belasteten Standorten). – *Altlasten Gefährdungsschätzung*.