

Campagna di monitoraggio dei suoli



GENNAIO 2016

Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna

Sede legale Via Po, 5 | 40139 Bologna | tel 051 6223811 | pec: dirgen@cert.arpa.emr.it | www.arpae.it | P. Iva e C.F. 04290860370

Sezione provinciale di Piacenza | Via XXI Aprile, 48 | 29121 Piacenza | tel 0523/489611 | Fax 0523/482480 | PEC: aoppc@cert.arpa.emr.it

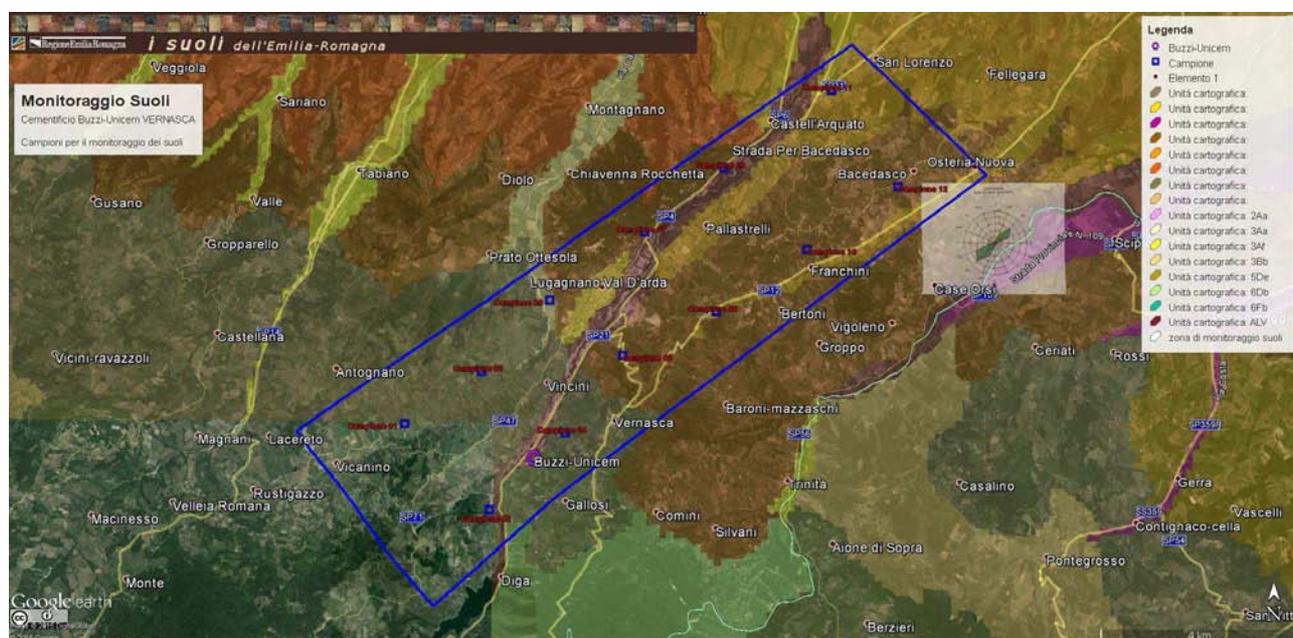
SOMMARIO

SOMMARIO	2
1 INTRODUZIONE	3
2 INQUADRAMENTO GEOPEDOLOGICO	4
3 CARATTERIZZAZIONE DEI SITI DI CAMPIONAMENTO	4
4 ANALISI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI	7
4.1 TESSITURA	7
4.2 REAZIONE DEL SUOLO	8
4.3 ELEMENTI DELLA FERTILITÀ	8
4.4 METALLI PESANTI	9
4.5 IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI IPA	10
4.6 DIOSSINE E FURANI	11
5 CONCLUSIONI	12

1 Introduzione

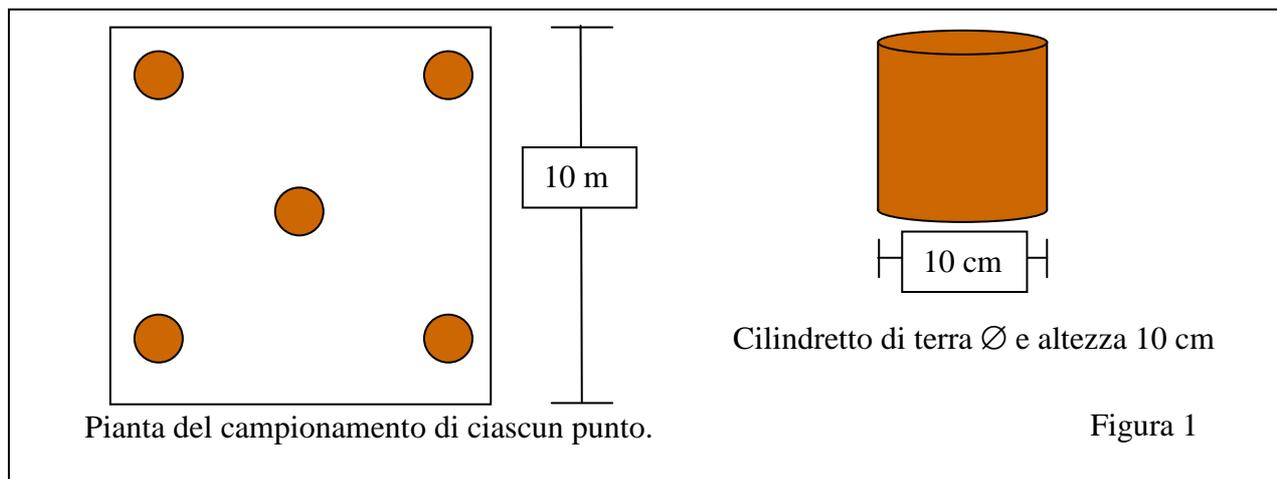
In previsione dell'utilizzo da parte del Cementificio Buzzi-Unicem del combustibile solido secondario (CSS) denominato "Carbonext" si è proceduto alla predisposizione di un preliminare piano di monitoraggio dei suoli, per conoscerne le caratteristiche chimiche e chimico-fisiche.

L'area di interesse si colloca lungo l'asse del torrente Arda con uno spostamento d'asse SW-NE in correlazione con la direzione predominante dei venti, in modo da controllare negli anni l'eventuale accumulo sulle superfici di inquinanti, la cui deposizione potrebbe essere influenzata dalla ricaduta dei fumi derivanti dalla lavorazione del cementificio di Buzzi-Unicem, sito in comune di Vernasca. L'area di campionamento ha un perimetro di 35 km e un'area di 54 km². All'interno di quest'area sono stati individuati 12 siti di campionamento, con prelievo standardizzato ogni 2 km in senso



longitudinale in direzione NE, dalla collina alla pianura e ogni 3 km in direzione SE.

Il prelievo è stato eseguito campionando un cilindretto di terra avente diametro ed altezza di 10 cm per ciascuno dei quattro angoli di un ipotetico quadrato di 10 m di lato e uno al centro nel punto di intersezione delle diagonali (figura 1).



Questi cinque sottocampioni sono stati poi miscelati tra loro per costituire il campione composito che è stato successivamente consegnato al laboratorio per l'analisi.

Le analisi eseguite dai laboratori arpae dell'Emilia-Romagna sui campioni prelevati di suolo sono state suddivise in tre categorie:

- 1 Analisi per la verifica delle caratteristiche fisiche e chimico-fisiche - Sezione di Ravenna;
- 2 Analisi per la determinazione della concentrazione dei metalli presenti (As arsenico, Cd cadmio, Co cobalto, Cr TOT cromo totale, Hg mercurio, Ni nickel, Pb piombo, Cu rame e Zn zinco) – Sezione di Reggio Emilia;
- 3 Analisi per la determinazione di sostanze inquinanti non presenti nei suoli, anche se negli ultimi decenni alcune di esse sono diventate ubiquitarie (IPA - Idrocarburi Policiclici Aromatici, TCDD - Diossine e TCDF - Furani) fisiche - Sezione di Ravenna.

I valori di concentrazione sono espressi nelle tabelle allegate.

2 Inquadramento geopedologico

L'area è attraversata dal torrente Arda ed è compresa nei comuni di Castell'Arquato, Lugagnano e Vernasca,

3 Caratterizzazione dei siti di campionamento

I siti di campionamento numerati da 1 a 12 sono stati classificati secondo le caratteristiche pedologiche, utilizzando la cartografia regionale, redatta dalla regione Emilia-Romagna, in scala 1:250000 e 1:50000.

Di seguito sono descritte le caratteristiche pedologiche dei siti di campionamento.

- **SITO 2 - Casa dell'Arda:** fa parte dei suoli denominati "CASE MANINI" (Tax Reg 1:50000) e rientrano nella classe 6Ab della carta pedologica della regione Emilia-Romagna (Tax Reg 1:250000). I suoli CASE MANINI sono moderatamente profondi, a tessitura argillosa limosa ghiaiosa, molto calcarei e moderatamente alcalini. Il substrato, costituito da torbiditi calcarenitiche, marne calcaree e calcari marnosi (Flysch di Monte Cassio -MCS), si riscontra da 60-100 cm di profondità. Sono presenti nel basso e medio Appennino emiliano, situati nelle convessità meno accentuate di versanti irregolari, ondulati, caratterizzati da zone a profilo convesso e crinalini e zone ad accumulo; queste forme si ripetono a distanza variabile, interrotte talvolta da ripiani a diversa estensione. In queste terre la pendenza è compresa tra il 20 e il 35%. L'uso del suolo è in prevalenza a prati poliennali e seminativi. Questi suoli rientrano nella classe *Typic Eutrudepts fine, mixed, active, mesic* (Soil Tax 2010), *Endoleptic Cambisols (Calcaric)* (WRB 2007).
- **SITO 1 – Piana di Vicanino, SITO 3 – Case Lorenzoni e SITO 4 – Segata di mezzo:** fanno parte dei suoli chiamati dalla tassonomia regionale "MONGIORGIO" (Tax Reg 1:50000) e rientrano nella classe 5Eb (Tax Reg 1:250000). I suoli MONGIORGIO sono profondi, a tessitura franco argillosa limosa o argillosa limosa, con scheletro ghiaioso da scarso a comune, molto calcarei, da moderatamente a fortemente alcalini. Il substrato, costituito da rocce prevalentemente argillose intensamente deformate con stratificazione non definita ("Complesso caotico") (marne, brecce, argilliti delle formazioni Argille a Palombini,

Brecce argillose, Arenarie di Scabiazza) è presente entro i primi 100 cm. Sono presenti nel basso Appennino emiliano-romagnolo, situati prevalentemente nella parte mediana e bassa dei versanti ondulati dei rilievi interessati da movimenti di massa e da comuni fenomeni erosivi intensi (da versanti fortemente incisi fino ai calanchi). In queste terre la pendenza è compresa tra il 15 ed il 60%. L'uso attuale del suolo è a pascoli arborati e/o cespugliati spesso in stato di abbandono e incolti improduttivi; subordinatamente prati avvicendati e seminativi oppure vegetazione arboreo arbustiva. Questi suoli rientrano nella classe *Typic Ustorthent fine, mixed (calcareous), superactive, mesic* (Soil Tax 2010), *Haplic Regosols (Calcaric)* (WRB 2007).

- **SITO 5 – Ca' Nuova:** fa parte dei suoli denominati “CATALDI” (Tax Reg 1:50000) rientrando nella classe 5Aa (Tax Reg 1:250000). I suoli CATALDI franco argilloso limosi, a substrato ghiaioso, con pendenza dallo 0.2 all'1% sono molto profondi e moderatamente alcalini; sono moderatamente calcarei ed a tessitura franca argillosa limosa nella parte superiore; da moderatamente a molto calcarei ed a tessitura franca argillosa limosa o franca limosa in quella inferiore. E' presente ghiaia non alterata oltre i due metri di profondità. Sono presenti nella pianura pedemontana, in ambienti di conoidi alluvionali a substrato ghiaioso che costituiscono antiche superfici di sovente caratterizzate dai resti dell'originario reticolo centuriale romano. Il substrato è costituito da alluvioni a tessitura media. La densità di urbanizzazione è molto elevata. Sono molto frequenti le aziende agricole di piccole e medie dimensioni. L'uso agricolo del suolo è in prevalenza a seminativo semplice, vigneto e frutteto. Opere atte a regolare il deflusso delle acque sono necessarie saltuariamente e solo a livello aziendale (scoline poco profonde, baulature).

Questi suoli rientrano nella classe *Typic Udic Calcustept fine silty, mixed, superactive, mesic* (Soil Tax 2003), *Haplic Calcisols* (WRB 1998),

- **SITO 6 – Ca' Bianca:** fa parte dei suoli denominati “BANZOLA” (Tax Reg 1:50000) rientrando nella classe 5Ab (Tax Reg 1:250000). I suoli BANZOLA hanno tessitura franco argilloso limosa, pendenza dal 5 al 35% e sono profondi, moderatamente alcalini e molto calcarei. Il substrato, costituito da rocce prevalentemente argillose o pelitiche, con rare e sottili intercalazioni sabbiose di età pliocenica (Formazione delle argille azzurre -FAA-, Formazione delle Arenarie di Borello -FAA2), è presente tra 50 e 100 cm dalla superficie, con contatto paralitico oltre i primi 80 cm. Questi suoli sono presenti nel basso Appennino emiliano-romagnolo, su sommità arrotondate e in versanti sottoposti ad intensa erosione idrica di tipo laminare, tipicamente in presenza di profili convessi o su tratti rettilinei dovuti ad interventi antropici di rimodellamento dei versanti. In queste terre la pendenza è tipicamente compresa tra il 5 ed il 35%, con i valori minori sulle sommità e le parti alte dei versanti. L'uso del suolo è a foraggiere, seminativi annuali e vigneti.

Questi suoli rientrano nella classe *Typic Ustorthent fine, mixed (calcareous), active, mesic* (Soil Tax 2010).

- **SITO 7 – Ingresso paese prima del distributore e SITO 9 – C.na Monte Alto:** fanno parte dei suoli denominati “CANDIA” (Tax Reg 1:50000) rientrando nella classe 4Bb (Tax Reg 1:250000). I suoli CANDIA scheletrico sabbiosi sono ghiaiosi o molto ghiaiosi, molto profondi, a tessitura franca o franca limosa, molto calcarei e moderatamente alcalini. È presente ghiaia non alterata in scarsa matrice sabbiosa a partire da 30-50 cm circa. Frequentemente le aree caratterizzate dai suoli Candia hanno presenza di ciottoli in superficie variabile tra 5 e 40%, con copertura generalmente discontinua e variabile anche nello spazio breve (ciò a causa anche di spietramenti a opera dell'uomo). Il substrato è costituito da alluvioni ghiaiose e sabbiose. Questi suoli si trovano nella pianura pedemontana in terrazzi alluvionali abbandonati di recente dai corsi d'acqua ed in aree di rotta

caratterizzate dalle divagazioni dei canali. In queste terre la pendenza varia tra lo 0,5 e l'1%. L'uso agricolo del suolo è a seminativi e prati permanenti; nelle fasce più prossime ai corsi d'acqua è presente vegetazione riparia con salici, ontani, pioppi. Opere atte a regolare il deflusso delle acque non sono in genere necessarie.

Questi suoli rientrano nella classe Udic *Ustifluvent sandy skeletal, mixed (calcareous), superactive, mesic* (Soil Tax 2010), *Haplic Fluvisols (Calcaric)* (WRB 2007).

- **SITO 8 – Colombara:** fa parte dei suoli denominati “BORGHESA” (Tax Reg 1:50000) rientrando nella classe 5Ab (Tax Reg 1:250000). I suoli BORGHESA sono molto profondi, a tessitura da media a moderatamente fine, molto calcarei e moderatamente alcalini. E' presente ghiaia non alterata fra 80 e 130 cm di profondità. Il substrato è costituito da alluvioni ghiaiose con tessitura da media a grossolana, mentre il materiale di partenza è costituito da depositi prevalentemente limosi. I suoli BORGHESA sono nella piana pedemontana in ambiente di conoide recente, paleoalvei e terrazzi alluvionali. In queste terre la pendenza è attorno allo 0.2-1%. L'uso agricolo del suolo è a seminativo semplice, prati poliennali, vigneti e frutteti.

Questi suoli rientrano nella classe *Udifluventic Haplustept coarse silty, mixed, superactive, mesic* (Soil Tax 2010), *Fluvisols Cambisols (Calcaric)* (WRB 2007).

- **SITO 10 – Franchini:** fa parte dei suoli denominati “BANZOLA” (Tax Reg 1:50000) rientrando nella classe 5Ab (Tax Reg 1:250000). I suoli BANZOLA franco argilloso limosi con pendenza dal 5 al 35% sono profondi, a tessitura franca argillosa limosa o argillosa limosa, moderatamente alcalini e molto calcarei. Il substrato, costituito da rocce prevalentemente argillose o pelitiche, con rare e sottili intercalazioni sabbiose di età pliocenica (Formazione delle argille azzurre -FAA-, Formazione delle Arenarie di Borello -FAA2), è presente tra 50 e 100 cm dalla superficie, con contatto paralitico oltre i primi 80 cm. I suoli BANZOLA franco argilloso limosi sono presenti nel basso Appennino emiliano-romagnolo, su sommità arrotondate e in versanti sottoposti ad intensa erosione idrica di tipo laminare, tipicamente in presenza di profili convessi o su tratti rettilinei dovuti ad interventi antropici di rimodellamento dei versanti. In queste terre sulle sommità e le parti alte dei versanti si hanno i valori minori di pendenza. L'uso del suolo è a foraggiere, seminativi annuali e vigneti.

Questi suoli rientrano nella classe *Typic Ustorthent fine, mixed (calcareous), active, mesic* (Soil Tax 2010).

- **SITO 11 – Case Pollastrelli:** fa parte dei suoli denominati “CONFINE” (Tax Reg 1:50000) rientrando nella classe 4Bb (Tax Reg 1:250000). I suoli CONFINE franco ghiaiosi sono molto profondi; gli orizzonti superficiali sono da non calcarei a scarsamente calcarei, da neutri a moderatamente alcalini ed a tessitura franca o franca limosa con scheletro ghiaioso da comune a frequente; gli orizzonti profondi sono da non calcarei a molto scarsamente calcarei, da neutri a debolmente alcalini ed a tessitura da media a moderatamente fine con scheletro ghiaioso da abbondante a molto abbondante. Il substrato è costituito da alluvioni ghiaiose. Sono franco ghiaiosi giacciono su antiche superfici della piana pedemontana, in prossimità dei principali corsi d'acqua appenninici. In queste terre la pendenza varia dallo 0,5 al 3%. La densità di urbanizzazione è elevata. L'uso del suolo è a prato poliennale e seminativo semplice, con subordinati il vigneto ed il frutteto.

Questi suoli rientrano nella classe *Udic Haplustept loamy skeletal, mixed, superactive, mesic* (Soil Tax 2003), *Chromic Endoskeletal Cambisols* (WRB 1998)

- **SITO 12 – Case Sparse Pavesi Costa Stradivari:** fa parte dei suoli denominati “SAN FAUSTINO” (Tax Reg 1:50000) rientrando nella classe 5Ab (Tax Reg 1:250000). I suoli

SAN FAUSTINO franchi sono profondi, a tessitura franca, molto calcarei e moderatamente alcalini. Il substrato, costituito da areniti fini e subordinate peliti sabbiose di età pliocenica (Formazione di Monte Adone -ADO2, Sintema del Torrente Chero-KER1, litofacies arenaceo-pelitiche delle Formazioni delle Argille Azzurre -FAAap e delle Arenarie di Borello -FAA2ap), si riscontra da 90-140 cm. Questi suoli sono presenti nel basso Appennino emiliano-romagnolo, su crinali e parte alta e media di versanti maggiormente interessati da processi erosivi. In queste terre la pendenza è compresa tra il 20 ed il 35%. L'uso del suolo è a vigneti, prati, seminativi.

Questi suoli rientrano nella classe *Udic Haplustept fine silty, mixed, active, mesic* (Soil Tax 2010), *Haplic Cambisols (Calcaric)* (WRB 2007)

4 Analisi dei risultati e conclusioni

Dopo aver classificato dal punto di vista tassonomico i suoli con l'utilizzo della carta pedologica regionale, ora si può passare al dettaglio e vedere come variano le caratteristiche chimiche analizzate e verificare se è già in atto un cambiamento in negativo del suolo. Dall'interpretazione dei dati analitici si possono evincere le seguenti considerazioni:

4.1 TESSITURA

Con questo parametro si determina il suolo in base alle dimensioni delle particelle che lo costituiscono, dà informazioni sulle diverse caratteristiche fisiche come la struttura, la porosità, la capacità di ritenzione idrica, la permeabilità.

Queste proprietà determinano la capacità di ritenzione e attenuazione del suolo rispetto ad eventuali inquinamenti. La classificazione usata (fig.1) è quella adottata dallo U.S.D.A. (United States Department of Agriculture).

Nei suoli campionati, le frazioni più fini (limo e argilla) superano nella maggior parte dei casi il 70 %, in tre casi il contenuto di argilla è superiore al 40 % (Siti 1, 2 e 3) e la tessitura corrispondente è nettamente argillosa con classi tessiturali estreme come l'argilloso e l'argilloso-limoso; solo in un caso sito 11 la somma delle particelle più fini è inferiore al 50 %; la tessitura è più equilibrata (medio impasto o franco). Nei rimanenti siti la tessitura è fra il franco-limoso e il franco-limoso-argilloso. Nei siti 1, 2 e 3 i suoli sono forti, compatti, pesanti; molto tenaci, plastici e adesivi; hanno elevata igroscopicità, elevato potere adsorbente e <<catturano>> nella loro struttura compatta molti elementi nutritivi. Hanno bisogno di laute concimazioni organiche per migliorare la loro struttura.

Il sito 11 ha una tessitura cosiddetta a medio impasto, le sue caratteristiche sono intermedie tra quelli sciolti (con abbondante presenza di sabbia) e quelli compatti (con abbondante presenza di argilla). In esso è presente una composizione granulometrica ottimale dove nessuna particella granulometrica prevale sulle altre, sono terreni fertili a struttura costante e di difficile alterazione. Contenendo una buona quantità di calcare e di sostanza organica sono quindi considerati molto fertili.

I rimanenti siti, avendo una tessitura franco-limoso e franco-limoso-argilloso sono terreni sufficientemente sciolti per essere facilmente lavorati e abbastanza plastici per essere fertili.

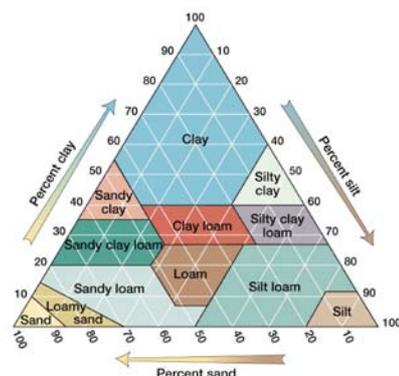


Fig. 1 Triangolo tessiturale U.S.D.A.

Hanno elevata capillarità, facile umificazione della sostanza organica e buona solubilizzazione dei costituenti chimici. Acquistano caratteristiche negative sulla permeabilità dell'acqua sia superficiale sia profonda quando le particelle limose superano l'85 % del totale.

4.2 REAZIONE DEL SUOLO

La reazione del suolo può essere acida, neutra o alcalina, con passaggi intermedi subacida e subalcalina. Questa caratteristica dipende dalla quantità di ioni idrogeno suscettibili di passare in soluzione, adsorbiti sui complessi argillo-umici, dal grado di saturazione di questi stessi complessi e dalla natura delle basi di scambio. Quando i cationi adsorbiti sono rappresentati in massima parte da ioni idrogeno, il terreno presenta un pH molto basso; al contrario, allorché su tale complesso prevalgono i cationi alcalini, il pH diviene molto elevato. La neutralità si riscontra quando esiste una conveniente proporzione tra ioni idrogeno e cationi metallici adsorbiti. Il pH influisce sullo stato fisico del terreno, poiché regola i processi di flocculazione dei colloidi argillosi ed umici. Questi materiali infatti coagulano in presenza di ioni calcio, facilitando la formazione della struttura grumosa, mentre al contrario si disperdono e peptizzano in presenza di ioni sodio, ossia in ambiente fortemente alcalino, provocando nel tempo un peggioramento dello stato strutturale. Nel contempo, influisce anche sullo stato chimico, condizionando in misura notevole la stessa fertilità: al di fuori dei ristretti limiti di 6,5 – 7,5, l'assimilabilità di quasi tutti gli elementi nutritivi indispensabili alla vita delle piante risulta compromessa (fig. 2).

I terreni campionati in questo primo monitoraggio hanno quasi tutti un pH subalcalino (campo di variazione da 7,69 a 7,80), solo il sito **1** ha pH alcalino (8,14).

Questi suoli sono in una condizione ottimale, data l'alcalinità della reazione, perché si ha una diminuzione della solubilizzazione degli elementi nutritivi e una buona mineralizzazione della sostanza organica con formazione di flocculi colloidali di umati di calcio.

4.3 ELEMENTI DELLA FERTILITÀ

Quasi tutti i suoli campionati possiedono un'ottima dotazione di sostanza organica con valori superiori a 20 g kg^{-1} (campo di variazione da 22 g kg^{-1} a 49 g kg^{-1}), solo due siti **1** e **11** hanno concentrazione $< 20 \text{ g kg}^{-1}$ (18 g kg^{-1}). Ciò fa pensare che nel tempo ci sia stato un buon apporto di sostanza organica oppure è da molto tempo che i suoli sono coltivati a prati poliennali. La presenza di questo materiale ben strutturato facilita la formazione di complessi umo-argillosi con miglioramento della struttura del suolo; è quindi l'ambiente ideale come substrato agricolo.

Nei suoli campionati si mantengono tutte le proprietà fondamentali dell'humus, che legandosi alle argille produce un miglioramento delle proprietà fisiche.

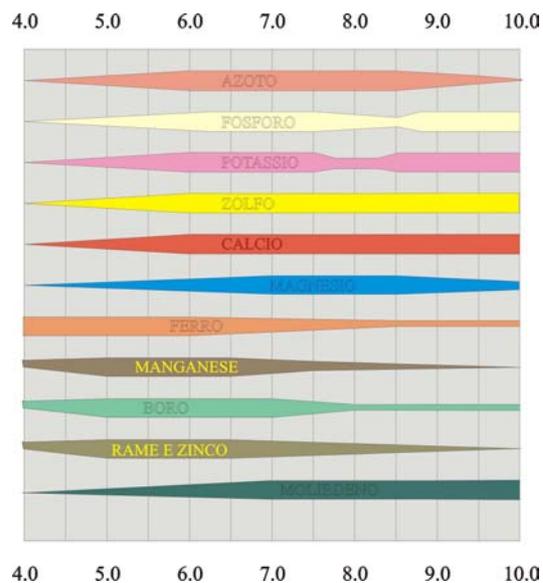


Fig. 2 Tabella Truogg sulla disponibilità elementi nutritivi per le piante

Tali proprietà sono:

- promuovere e conservare la struttura del terreno, agevolando il ricambio idrico e gassoso;
- accrescere la capacità di scambio cationico;
- stimolare il metabolismo delle piante e di costituire una riserva di elementi fertilizzanti allo stato assimilabile, sottraendoli così all'insolubilizzazione.

4.4 METALLI PESANTI

Nel suolo, in concentrazioni ridotte, oltre ai macroelementi utilizzati per la crescita vegetale sono presenti altri metalli in concentrazioni trascurabili (elementi in traccia); alcuni di loro, con peso atomico superiore a 55, sono chiamati "metalli pesanti". Sotto quest'ultima classificazione sono inclusi il rame, il ferro, il manganese, il molibdeno e lo zinco, che possono essere considerati come micronutrienti per le piante, mentre altri, come l'arsenico, il cadmio, il cromo, il mercurio, il nickel ed il piombo sono considerati tossici per le piante e gli animali. In questo caso sono stati analizzati alcuni micronutrienti e tutti quelli considerati tossici. Solitamente la presenza di questi metalli nel suolo è principalmente dovuta ad origini naturali; solo negli ultimi secoli l'uomo è intervenuto in modo massiccio, aumentando in alcuni casi la concentrazione nei suoli.

La loro presenza deriva da:

- disgregazione del materiale originario del suolo (rocce),
- fertilizzanti chimici,
- distribuzione di fitofarmaci,
- acque di irrigazione,
- distribuzione dei reflui organici (zootecnici, fanghi di depurazione, compost ed ammendanti),
- residui della combustione del carbone e dei prodotti petroliferi,
- industrie siderurgiche e metallurgiche,
- emissioni delle auto e da altre fonti.

Ad eccezione della disgregazione delle rocce, tutte le altre fonti sono di origine antropica; di queste ultime le prime sei fungono da sorgenti di metalli negli agroecosistemi, mentre la parte restante provoca un impatto sugli ecosistemi naturali o sulle aree urbane e rurali. Bisogna appunto ricordare che il suolo, pur avendo un'elevata capacità autodepurante, può accumulare alte concentrazioni di metalli pesanti per poi disperderli lentamente per lisciviazione, assorbimento radicale ed erosione.

La vita media di questi metalli, come è stato ampiamente divulgato in letteratura, varia fortemente da metallo a metallo; per lo zinco varia da 70 a 510 anni; per il Cadmio da 13 a 1100 anni; per il Piombo da 740 a 5900 anni; per il Rame da 310 a 1500 anni. Per tali ragioni bisogna evitare che si accumulino nei suoli, specialmente se hanno una reazione acida o tendenzialmente acida.

I valori di concentrazione per ciascun metallo sono espressi nella tabella 2 (allegato A).

Nei suoli campionati la concentrazione di questi metalli rispecchia la tendenza generale dei suoli prelevati sull'intero territorio provinciale, per alcuni metalli però i valori massimi di

concentrazione sono inferiori ai valori massimi degli stessi metalli campionati sul territorio provinciale.

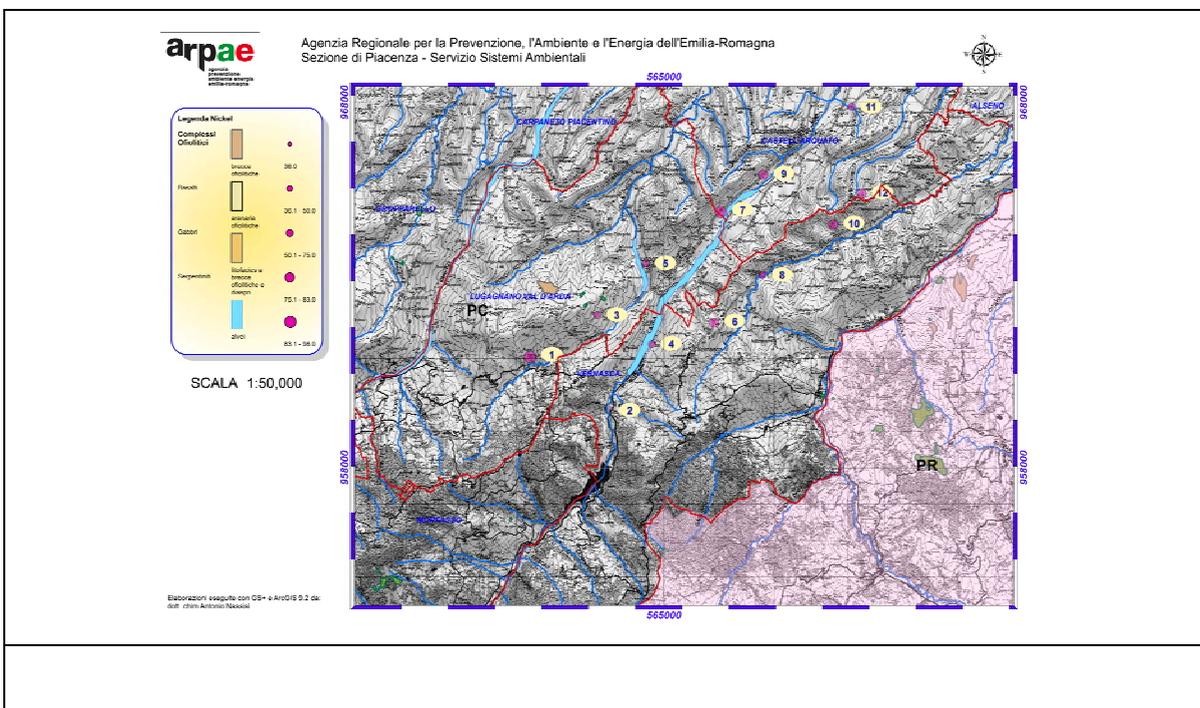
L'arsenico (**As**) ha concentrazioni simili ai suoli presenti sul territorio provinciale di Piacenza, abbiamo una netta differenziazione tra i siti campionati. Una metà dei siti (1,2,3,4 e 12) hanno concentrazioni inferiori a $6,0 \mu\text{g g}^{-1}$, mentre la restante parte presenta concentrazioni più alte di $7,0 \mu\text{g g}^{-1}$ ma comunque più basse di $10 \mu\text{g g}^{-1}$.

Il cadmio (**Cd**) è presente in concentrazioni molto basse e sulla metà dei suoli campionati è inferiore al limite di rilevabilità strumentale $< 0,2 \mu\text{g g}^{-1}$. Nella restante parte la concentrazione si attesta su valori tra lo 0,2 e lo $0,3 \mu\text{g g}^{-1}$, solo il sito 4 ha una concentrazione di $0,5 \mu\text{g g}^{-1}$.

Il cobalto (**Co**) presenta livelli di concentrazione simili agli altri suoli del territorio provinciale, attestandosi a concentrazioni inferiori ai $15 \mu\text{g g}^{-1}$; solo il sito 1 ha un valore di $20,0 \mu\text{g g}^{-1}$.

Il mercurio (**Hg**) non è presente nei suoli campionati, essendo sempre inferiore al limite di rilevabilità strumentale $< 0,1 \mu\text{g g}^{-1}$. Sono quindi da escludere fonti limitrofe di inquinamento per ricaduta di questo metallo.

Il cromo totale (**Cr**) e il nickel (**Ni**) hanno andamenti simili ai suoli presenti nel territorio provinciale. Hanno comunque valori massimi di concentrazione inferiori ai $110 \mu\text{g g}^{-1}$ e inferiori ai valori massimi riscontrati nei suoli della pianura piacentina, la variazione di concentrazione del Ni è da $36 \mu\text{g g}^{-1}$ a $98 \mu\text{g g}^{-1}$ e del Cr è da $42 \mu\text{g g}^{-1}$ a $102 \mu\text{g g}^{-1}$. I valori più alti sono stati rilevati su suoli che probabilmente hanno una diretta correlazione con la presenza di rocce ofiolitiche che attraversano trasversalmente tutto l'Appennino piacentino.



4.5 IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI IPA

Questi composti organici sono assenti dai suoli campionati e sono presenti solo in alcune

eccezioni, pur avendo concentrazioni molto basse, inferiori allo $0,02 \mu\text{g g}^{-1}$.

4.6 DIOSSINE E FURANI

Le PCDD e i PCDF non sono prodotti industriali, ma sottoprodotti indesiderati di reazioni chimiche, termiche (incompleta combustione di materiale organico in presenza di cloro), fotochimiche ed enzimatiche. Esse sono oggi considerate dei contaminanti globali, risultato di una molteplicità di fonti di emissione riassunti nella Tabella 7 (DEFRA; 2002). Per rilevare la loro tossicità nell'insieme si usa l'indice di tossicità equivalente (ITE)

Dall'analisi eseguita nei suoli campionati si riscontra un valore di ITE (chiamato anche TEQ) espresso come:

$$\text{TEQ} = \sum_{i=1}^n (C_i * \text{TEF}_i)$$

compreso tra $1,1 \times 10^{-6}$ e $2,1 \times 10^{-6} \text{ mg kg}^{-1}$ (1 ng kg^{-1} e 5 ng kg^{-1}) inferiore al limite previsto dal D.Lgs 152/2006 allegato V tabella A - siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale ($1 \times 10^{-5} \text{ mg kg}^{-1}$ o 10 ng kg^{-1}).

Per i TEF sono stati proposti due schemi di classificazione: quello degli International TEFs e quello del World Health Organization (WHO) WHOTEFs (Tabella 3).

La legislazione italiana ha come riferimento quello del (NATO/CCMS, 1988).

Tabella 8: I fattori di tossicità equivalente TEF's secondo NATO e WHO

PCDD/F	I-TEFs (NATO/CCMS ¹⁴ , 1988)	WHO-TEFs (Van den Berg <i>et al</i> , 1998)
2,3,7,8-TCDD	1	1
1,2,3,7,8-PeCDD	0,5	1
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,01	0,01
OCDD	0,001	0,0001
2,3,7,8-TCDF	0,1	0,1
1,2,3,7,8-PeCDF 0,05 0,05	0,05	0,05
2,3,4,7,8-PeCDF 0,5 0,5	0,5	0,5
1,2,3,4,7,8-HxCDF 0,1 0,1	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDF 0,1 0,1	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDF 0,1 0,1	0,1	0,1
2,3,4,6,7,8-HxCDF 0,1 0,1	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF 0,01 0,01	0,01	0,01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF 0,01 0,01	0,01	0,01
OCDF 0,001 0,0001	0,001	0,0001

(T = tetra, Pe = penta, Hx = hexa, Hp = hepta, O = octa)

Il campo di variabilità dell'ITE riscontrato è simile a quello individuato nello studio ambientale "Monitoraggio del suolo. Determinazione delle concentrazioni di microinquinanti organici – prima rilevazione a scala regionale 2010-2013" redatto da ARPA Veneto Dipartimento Provinciale di Treviso – Servizio Suoli. La stessa variabilità si può rilevare nei valori di ITE determinati nell'ambito del monitoraggio dei suoli della Regione Piemonte

eseguiti da ARPA Piemonte nel periodo 2007-2013.

Nei suoli campionati, come nelle esperienze precedenti svolte in provincia di Piacenza gli omologhi e quindi i congeneri delle diossine presenti in concentrazioni maggiori sono quelli meno pericolosi e cioè l'eptaclorodibenzodiossina e l'octaclorodibenzodiossina (tabella 3), anche per i furani (tabella 4) come per le diossine sono presenti quelli più sostituiti e quindi meno pericolosi.

5 CONCLUSIONI

Dall'analisi sistematica dei parametri analizzati sui suoli campionati si può evincere che l'intera area sottesa presenta una buona fertilità con ottima presenza della sostanza organica che ha migliorato le caratteristiche fisiche di alcuni terreni con tessitura pesante (alta presenza di argilla). I livelli di concentrazione dei metalli pesanti rientrano nelle concentrazioni medie dei suoli presenti sull'intero territorio provinciale, sono invece molto più bassi dei contenuti massimi riscontrati. E' da evidenziare la totale assenza in questi suoli del mercurio, essendo in tutti i rilievi al di sotto del limite di rilevabilità $0,1 \mu\text{g g}^{-1}$. I composti più inquinanti come gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono in concentrazioni non rilevabili, le diossine e i furani presentano valori bassi di ITE inferiori al valore indicativo espresso nella tabella A dell'allegato V del D.Lgs. 152/2006.

Da questi presupposti non si evidenzia un inquinamento diffuso rilevabile né dalla presenza di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) né dalla presenza in concentrazioni preoccupanti di diossine e furani. Le zone meno critiche sono risultate i siti più vicini al Cementificio (siti 1, 2 e 4) e quello più lontano (sito 11) con quantità di epta e octacloro diossine inferiori ai 20pg g^{-1} .

L'analisi di questi dati non ci consente comunque di valutare in modo esaustivo quello che è il carico antropico che grava sulla matrice suolo su un'area più vasta, pertanto è necessario continuare il monitoraggio e intensificare i controlli alle emissioni diffuse e puntiformi per valutare l'eventuale correlazione degli effetti sulla matrice indagata.

ALLEGATO A

Tab. 1: Localizzazione dei campioni e caratterizzazione fisica dei suoli

Sito	LAB_COD	Località	UTM_WGS84	UTM_WGS84	Gradi Cent.	Gradi Cent.	Residuo secco 105°C	Scheletro	SABBIA	LIMO	ARGILLA	TESSITURA
			m Est	m Nord	Longitudine	Latitudine	%	%	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	
1	02515000071	Piana di Vicanino	561285.0	4960836.0	9.775049	44.797960	84.0	2.3	77	479	444	AL SILTY CLAY
2	02514000161	Casa dell'Arda	563507.4	4959414.9	9.802783	44.785310	82.8	12.5	129	477	394	FLA SILTY CLAY LOAM
3	02515000072	Lorenzoni	563112.0	4961982.0	9.798103	44.808452	86.6	21.7	186	397	417	A CLAY
4	02514000160	Segata di mezzo	564592.7	4961194.5	9.817181	44.801400	81.9	1.4	179	520	301	FLA SILTY CLAY LOAM
5	02515000073	Ca' Nuova	564431.0	4963402.0	9.814962	44.821116	87.6	< 0.1	103	638	259	FL SILT LOAM
6	02515000074	Ca' Bianca	566283.1	4961778.1	9.838256	44.806185	84.4	4.4	186	560	254	FL SILT LOAM
7	02514000193	Ingresso paese prima distributore	566466.4	4964806.9	9.840877	44.833610	84.9	0	249	535	216	FL SILT LOAM
8	02515000075	Colombara	567602.0	4963083.0	9.854597	44.818404	86.7	2.5	159	520	321	FLA SILTY CLAY LOAM
9	02514000194	C.na Monte Alto I	567616.0	4965826.5	9.855447	44.842485	88.3	6.8	299	515	186	FL SILT LOAM
10	00251500076	Franchini	569518.0	4964462.0	9.815174	44.808731	90.0	2.8	112	612	276	FLA SILTY CLAY LOAM
11	02514000088	Case Pollastrelli	570013.2	4967689.7	9.885871	44.859303	90.4	4.1	505	344	151	F LOAM
12	02515000077	Case Sparse Pavese Costa Stradivari	570290.0	4965307.0	9.889365	44.836644	88.2	1	186	550	264	FL SILT LOAM

Tab. 2: Analisi chimiche degli elementi della fertilità e dei metalli

LAB_COD	PH	CALTOT	SOSORG	CSC	As	Cd	Co	Cr TOT	Hg	Ni	Pb	Cu	Zn
		g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	cmoli ⁺ /kg	µg g ⁻¹								
02515000071	8.14	56	18	30.96	4.80	< 0.2	20.0	87	< 0.1	98	19	55	101
02514000161	7.70	201	34	31.80	5.70	0.3	9.6	42	< 0.1	36	24	39	85
02515000072	7.62	273	31	32.46	5.00	0.3	9.9	55	< 0.1	54	14	79	58
02514000160	7.66	293	30	25.26	4.80	0.5	13.0	43	< 0.1	56	28	49	72
02515000073	7.52	176	36	24.18	8.50	< 0.2	12.0	75	< 0.1	75	19	28	75
02515000074	7.49	180	49	27.00	7.50	< 0.2	12.0	85	< 0.1	82	21	30	79
02514000193	7.80	229	22	18.24	7.20	0.2	14.0	102	< 0.1	94	23	50	90
02515000075	7.72	148	25	25.26	8.20	< 0.2	13.0	76	< 0.1	73	18	36	75
02514000194	7.66	233	25	17.16	8.20	0.2	12.0	89	< 0.1	82	21	52	80
00251500076	7.72	176	24	22.32	10.00	< 0.2	11.0	83	< 0.1	79	16	20	70
02514000088	7.67	40	18	13.38	9.30	0.2	15.0	81	< 0.1	63	22	35	57
02515000077	7.60	160	35	24.24	4.30	< 0.2	11.0	77	< 0.1	79	15	40	69
Valore Medio	7.69	180	29	24.36	6.96	0.28	12.7	74.6		72.6	20.0	42.8	75.9
Valore Max	8.14	293	49	32.46	10.00	0.50	20.0	102.0		98.0	28.0	79.0	101.0
Valore Min	7.49	40	22	13.38	4.30	0.20	9.6	42.0		36.0	14.0	20.0	57.0

Tab. 3: Analisi chimiche delle diossine

LAB_COD	I_TE_EQTOX	2378_T4CDD	12378_P5CDD	123478_H6CDD	123678_H6CDD	123789_H6CDD	1234678_H7CDD	O8_CDD
	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g
02515000071	1.1	< 0.6	< 0.6	< 0.8	< 0.8	< 0.8	< 0.8	< 0.7
02514000161	1.9	< 0.8	1	4.1	< 0.7	< 0.7	4	8.2
02515000072	1.2	< 0.7	< 0.7	< 0.9	< 0.9	< 0.9	< 0.9	51.5
02514000160	1.2	< 0.8	< 0.8	< 0.7	< 0.7	< 0.7	< 0.7	< 0.7
02515000073	1.7	< 0.6	< 0.6	< 0.9	< 0.9	< 0.9	30.5	276.7
02515000074	1.5	< 0.7	< 0.7	< 0.9	< 0.9	< 0.9	15.2	100.7
02514000193	1.6	< 0.8	< 0.8	< 0.7	< 0.7	< 0.7	9.5	88.6
02515000075	1.2	< 0.6	< 0.6	< 0.8	< 0.8	< 0.8	12.1	105.8
02514000194	2.1	< 0.7	< 0.7	3	< 0.7	< 0.7	9.6	87.7
00251500076	1.5	< 0.6	< 0.6	< 0.8	< 0.8	< 0.8	24.1	208.7
02514000088	1.3	< 0.8	< 0.8	< 0.7	< 0.7	< 0.7	2.2	15.8
02515000077	1.4	< 0.6	< 0.6	< 0.7	< 0.7	< 0.7	17	213.4

Tab. 4: Analisi chimiche dei furani

LAB_COD	2378_T4CDF	12378_P5CDF	23478_P5CDF	123478_H6CDF	123678_H6CDF	234678_H6CDF	123789_H6CDF	1234678_H7CDF	1234789_H7CDF	O8CDF
	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g
02515000071	2.1	< 0.6	< 0.6	< 0.9	< 0.9	< 0.9	< 0.9	< 0.9	< 0.9	< 0.7
02514000161	1	< 0.9	< 0.9	< 0.7	< 0.7	< 0.7	< 0.7	< 0.7	< 0.7	5.9
02515000072	< 0.7	< 0.7	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	7.3	< 1.0	9.1
02514000160	< 0.9	< 0.9	< 0.9	< 0.8	< 0.8	< 0.8	< 0.8	2.4	< 0.8	< 0.7
02515000073	< 0.7	< 0.7	< 0.7	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	4.5	< 1.0	< 0.8
02515000074	< 0.6	2.1	< 0.6	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	7.4	2.9	< 0.8
02514000193	< 0.9	1.1	< 0.9	< 0.8	1.1	1.2	< 0.8	5.1	< 0.8	8.6
02515000075	< 0.6	< 0.6	< 0.6	< 0.8	< 0.8	< 0.8	< 0.8	2.7	< 0.8	< 0.7
02514000194	1.9	< 0.8	< 0.8	< 0.8	2.2	1.2	< 0.8	6.5	2.9	15.8
00251500076	< 0.6	< 0.6	< 0.6	< 0.9	< 0.9	< 0.9	< 0.9	2.2	< 0.9	< 0.8
02514000088	< 0.9	< 0.9	< 0.9	< 0.8	< 0.8	< 0.8	< 0.8	2.3	2.7	8.1
02515000077	< 0.6	< 0.6	< 0.6	< 0.8	< 0.8	< 0.8	< 0.8	6.4	< 0.8	< 0.7

Tab. 5: Analisi chimiche degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

LAB_COD	NAFTALENE	ACENAFTILENE	ACENAFTENE	FLUORENE	FENANTRENE	ANTRACENE	FLUORANTENE	PIRENE	BENZO_A_ANTRA	CRISENE
	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
02515000071	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
02514000161	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
02515000072	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
02514000160	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
02515000073	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
02515000074	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	0.01	< 0.01	0.01
02514000193	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	< 0.01	0.01	0.01	< 0.01	0.01
02515000075	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
02514000194	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	< 0.01	0.02	0.02	0.01	0.01
00251500076	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
02514000088	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
02515000077	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01

Tab. 6: Analisi chimiche degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

LAB_COD	BENZO_BJ_FL UORANTENE	BENZO_K_FLUO RANTENE	BENZO_A _PIRENE	INDENO_123 CD_PIRENE	DIBENZO_AC_ AH_ANTRA	BENZO_GHI_ PERILENE	DIBENZO_AL_ _PIRENE	DIBENZO_AE_ PIRENE	DIBENZO_AI _PIRENE	DIBENZO_AH_ PIRENE
	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
0251500071	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
02514000161	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
02515000072	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
02514000160	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
02515000073	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
02515000074	0.01	0.01	0.01	0.01	< 0.01	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
02514000193	0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	< 0.01	0.01	0.01	0.01	< 0.01	< 0.01
02515000075	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
02514000194	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	0.02	< 0.01	< 0.01
00251500076	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
02514000088	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
02515000077	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01

Tabella 7: Principali fonti di immissione di PCDD e PCDF nell'ambiente	Esempi
Processi di combustione	Incenerimento di rifiuti solidi urbani Incenerimento di rifiuti pericolosi Incenerimento di rifiuti ospedalieri Incenerimento di carcasse animali Combustione di pneumatici Combustione di combustibili per veicoli Combustione di combustibili solidi e liquidi sia su larga scala (generatori di energia elettrica) che in fuochi domestici: - carbone - petrolio - legna
Processi industriali per la produzione di alcune sostanze chimiche	Lavorazione di metalli (rame, alluminio, piombo) - impianti di sinterizzazione - forni ad arco Produzione di pesticidi ed erbicidi aromatici policlorurati es. acido 2,4,5-triclorofenossiacetico (2,4,5-T) e pentaclorofenolo (PCP) Produzione di fenoli clorurati Produzione di solventi clorurati e di vinil cloruro.
Altre reazioni termiche	Combustione di potature e scarti di giardinaggio Incenerimento di polpa e farina di carta Incenerimento di fanghi di scarico.
Giacimenti	Suoli e sedimenti contaminati in passato rilasciano nell'atmosfera piccole concentrazioni di contaminanti.
Formazione naturale	Processi biochimici che avvengono in: - compost - intestino di bovini
Tra i duecentodieci congeneri che compongono il gruppo di PCDD e PCDF i più tossici sono quelli con clorosostituzione nelle posizioni 2, 3, 7, e 8, in tutto diciassette, tra cui il più attivo è la 2,3,7,8-tetraclorodibenzo- <i>p</i> -diossina (T4CDD).	