

Deliberazione della Giunta Regionale 2 luglio 2021, n. 8-3474

D.Lgs. 152/2006, articolo 239, comma 3. Presa d'atto dello studio di Arpa Piemonte, datato dicembre 2020, sui valori di concentrazione di Cromo, Nichel e Cobalto nei suoli del Comune di Torino e cintura ed indirizzi per la predisposizione dei piani per l'inquinamento diffuso e valori di fondo naturale.

A relazione dell'Assessore Marnati:

Premesso che:

la parte IV, Titolo V, del D.Lgs. 152/2006, di disciplina la materia della bonifica dei siti contaminati, definisce l'inquinamento diffuso quale *"la contaminazione o le alterazioni chimiche, fisiche o biologiche delle matrici ambientali determinate da fonti diffuse e non imputabili ad una singola origine"* ed, in particolare:

all'articolo 239, comma 3, prevede che *"gli interventi di bonifica e ripristino ambientale per le aree caratterizzate da inquinamento diffuso sono disciplinati dalle regioni con appositi piani, fatte salve le competenze e le procedure previste per i siti oggetto di bonifica di interesse nazionale"*; all'articolo 240, lettera b), nell'individuare i livelli di concentrazione al di sopra dei quali occorre avviare i procedimenti di bonifica, specifica che *"nel caso in cui il sito potenzialmente contaminato sia ubicato in un'area interessata da fenomeni antropici o naturali che abbiano determinato il superamento di una o più concentrazioni soglia di contaminazione, queste ultime si assumono pari al valore di fondo esistente per tutti i parametri superati"*;

il Decreto n. 46/2019, adottato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ai sensi dell'articolo 241 del D.Lgs. 152/2006 e relativo alla bonifica delle aree destinate alla produzione agricola e all'allevamento, definisce il *"valore di fondo geochimico"* quale *"distribuzione di una sostanza nel suolo derivante dai processi naturali, con eventuale componente antropica non rilevabile o non apprezzabile."*;

il D.P.R. 120/2017, che disciplina la normativa in materia di terre e rocce da scavo, all'art. 2 lettera h) introduce il concetto di *"ambito territoriale con fondo naturale"* definendolo come *"porzione di territorio geograficamente individuabile in cui può essere dimostrato che un valore di concentrazione di una o più sostanze nel suolo, superiore alle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, sia ascrivibile a fenomeni naturali legati alla specifica pedogenesi del territorio stesso, alle sue caratteristiche litologiche e alle condizioni chimico-fisiche presenti"*.

l'individuazione, a livello regionale, di valori di riferimento nel suolo utili allo svolgimento di procedimenti di bonifica dei siti contaminati ed alla corretta gestione delle terre e rocce da scavo riveste significativa importanza ed è attività coerente con quanto disposto dall'art. 2 della L.R. 42/2000 che stabilisce che la Regione Piemonte promuove la realizzazione di studi, di indagini, di ricerche, di documentazioni, di progettazioni, di organizzazione di dati anche finalizzati all'attività di pianificazione e che la stessa è competente in ordine alla formulazione dei piani di disciplina degli interventi di inquinamento diffuso.

Dato atto che, come da documentazione agli atti della Direzione Ambiente, Energia e Territorio:

in attuazione delle suddette disposizioni normative, è stata disposta l'esecuzione di attività di studio propedeutiche alla definizione dei piani per l'inquinamento diffuso, mediante campionamenti, analisi e valutazioni dei valori di fondo naturale ed antropico delle acque sotterranee e del suolo; di tali attività è stata investita Arpa Piemonte mediante la definizione di obiettivi istituzionali assegnati alla stessa Agenzia, elaborati a partire dall'atto di indirizzo per l'attività che, per gli anni 2009/2010, è stato adottato dal Comitato Regionale di Indirizzo nella seduta del 27 luglio 2009, ai sensi dell'art. 14, comma 1, della legge regionale 60/1995 e con D.G.R. n. 46-13700 del 29 marzo 2010;

a seguito di una prima fase preliminare, propedeutica alla definizione e organizzazione delle attività principali, sulla base delle conoscenze disponibili/acquisite, è stata avviata una fase applicativa e di sviluppo, che considera cause naturali ed antropiche ai fini dell'individuazione di valori di riferimento per le acque sotterranee e per i suoli;

i risultati ad oggi raggiunti consentono di rendere disponibili informazioni utili anche allo svolgimento di procedimenti in materia di bonifica dei siti contaminati e nella gestione delle terre e rocce da scavo.

Preso atto che per tali finalità, Arpa Piemonte ha condotto nel tempo un approfondito lavoro di campionamento ed analisi dei suoli e di elaborazione dei dati rilevati, denominato "*Sviluppo dello studio sulla contaminazione diffusa del suolo, per la definizione di valori di fondo naturale ed ai fini della valutazione di situazioni di inquinamento diffuso ai sensi del D.Lgs. 152/2006 - Spazializzazione e valori di fondo naturale delle concentrazioni di Cromo, Nichel e Cobalto nei suoli del comune di Torino e cintura*".

Dato atto che quale esito di successive verifiche effettuate dalla Direzione Ambiente, Energia e Territorio:

partendo dai dati misurati presso la rete di monitoraggio regionale adottata da Arpa Piemonte si è pervenuti ad una spazializzazione e caratterizzazione delle concentrazioni di Cromo, Nichel e Cobalto nei suoli che interessano il territorio del Comune di Torino e prima cintura; per tale porzione territoriale si dispone di una maglia di campionamento particolarmente fitta che ha consentito ad Arpa Piemonte di delineare indicazioni di particolare significatività e che, nel prosieguo delle attività, verranno via via estese ad altre aree del Piemonte;

lo studio sviluppato da Arpa Piemonte individua aree omogenee di concentrazione a scala di dettaglio 1:50.000, per le quali sono stati calcolati i valori di fondo naturale e parametri statistici interpretabili con il termine più esteso di descrittori del fondo, da utilizzare come elementi scientifici di confronto;

ai fini del corretto utilizzo delle elaborazioni prodotte da Arpa Piemonte occorre rimarcare che nello sviluppo del lavoro sono stati campionati suoli riconducibili a caratteristiche naturali, privi di evidenti segni di impatto antropico (terreni di riporto, spianamenti, rifiuti, macerie etc...) e sufficientemente distanziati da siti contaminati eventualmente presenti;

i suoli campionati risultano concentrati maggiormente nella fascia periurbana della Città di Torino, in corrispondenza di campi coltivati residui, fortemente frammentati ed inseriti in un paesaggio urbano con elevata presenza industriale ed urbana. L'area del Comune di Torino, caratterizzata da un mosaico di suoli in prevalenza alterati o costruiti ex-novo, è invece rappresentata da un numero di campioni ridotto.

Dato atto, inoltre, che dai confronti tecnici della Direzione Ambiente, Energia e Territorio con Arpa Piemonte in esito al lavoro condotto risulta che:

le aree omogenee di concentrazione individuate per Cr, Ni e Co, sono comparabili con la definizione riportata dal D.P.R. 120/2017 di "*ambito territoriale con fondo naturale*". I valori di fondo naturale forniti per le aree omogenee di concentrazione sono altresì compatibili con la definizione del D.M. 46/2019 di "*fondo geochimico*";

va tuttavia evidenziato che nello studio è specificato che le ipotesi riferite alla prevalente origine naturale di Cr, Ni e Co derivano dall'analisi di una popolazione di dati statisticamente significativa a scala di dettaglio 1:50.000 e che non è quindi possibile escludere a priori la presenza di casi di superamento dei limiti di legge e/o valori di fondo proposti, riconducibili a contaminazione diffusa di origine antropica rilevabile a scala di maggior dettaglio. Occorre rimarcare come l'utilizzo corretto delle concentrazioni di riferimento nell'ambito dei procedimenti di bonifica dei siti contaminati alla scala di dettaglio vada contestualizzato alla luce degli specifici approfondimenti istruttori;

è inoltre necessario specificare che i parametri statistici forniti per aree omogenee di concentrazione possono essere utilizzati come riferimento per lo strato superficiale interessato da processi chimici, fisici e biologici della pedogenesi e che, ai fini dell'applicazione delle disposizioni di cui al D.Lgs.

152/2006, D.P.R. 120/2017 e D.M. 46/2019 i parametri statistici sono rappresentativi dello strato superficiale 0-100 cm.

Dato atto, pertanto, che tali elaborazioni dei dati si pongono come un riferimento per approfondimenti a scala di maggior dettaglio, in attività correlate alla valutazione della qualità del suolo a scala locale ed ai fini della pianificazione territoriale su ampia scala.

Visto il D.Lgs. 152/2006 “*Norme in materia ambientale*”;

visto il D.M. 46/2019 “*Regolamento relativo agli interventi di bonifica, di ripristino ambientale e di messa in sicurezza, d'emergenza, operativa e permanente, delle aree destinate alla produzione agricola e all'allevamento, ai sensi dell'articolo 241 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152*”;

visto il D.P.R. 120/2017 “*Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164*”;

vista la L. n. 241/1990 “*Nuove norme sul procedimento amministrativo*”;

vista la Legge 6 novembre 2012, n. 190 “*Disposizioni per la prevenzione e la repressione della corruzione e dell'illegalità nella pubblica amministrazione*”;

vista la legge regionale 28 luglio 2008, n. 23, relativa alla disciplina dell'organizzazione degli uffici regionali e disposizioni concernenti la dirigenza ed il personale;

dato atto della D.G.R. n. 37-1051 del 21 febbraio 2020 “*Approvazione Piano Triennale di prevenzione della corruzione e della Trasparenza per gli anni 2020-2022*”;

vista la D.G.R. n. 12-5546 del 29 agosto 2017 ai fini del visto preventivo di regolarità contabile.

Attestata l'assenza di effetti diretti ed indiretti, del presente provvedimento, sulla situazione economico-finanziaria e sul patrimonio regionale, ai sensi della deliberazione della Giunta regionale n. 1-4046 del 17 ottobre 2016, come modificata dalla D.G.R. 1-3361 del 14 giugno 2021.

Attestata la regolarità amministrativa del presente provvedimento ai sensi della D.G.R. n. 17 ottobre 2016 n. 1-4046, come modificata dalla D.G.R. 1-3361 del 14 giugno 2021.

La Giunta regionale, unanime, con voto espresso nei modi di legge,

delibera

di stabilire, quale indirizzo finalizzato alla predisposizione dei piani per l'inquinamento diffuso, ai sensi dell'articolo 239, comma 3, del D.Lgs. 152/2006, di demandare alla Direzione Ambiente, Energia e Territorio di valutare nel dettaglio le risultanze e di mettere in atto le attività necessarie per estendere gradualmente all'intero territorio regionale gli approfondimenti contenuti nello studio di Arpa Piemonte, allegato alla presente deliberazione per farne parte integrante e sostanziale e di cui si prende atto quale riferimento per approfondimenti a scala di maggior dettaglio, in attività correlate alla valutazione della qualità del suolo a scala locale ed ai fini della pianificazione territoriale su ampia scala;

di dare atto che il presente provvedimento non comporta oneri a carico del bilancio regionale.

La presente deliberazione sarà pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Piemonte ai sensi dell'art. 61 dello Statuto regionale e dell'art. 5 della L.R. 22/2010, nonché ai sensi dell'articolo 40, del decreto legislativo 33/2013 sul sito istituzionale dell'Ente, nella relativa sezione di “*Amministrazione trasparente*”.

(omissis)

Allegato

RELAZIONE TECNICA

Dipartimento Valutazioni Ambientali

Rif. Vs.: Rif. Vs. prot. 43007 del 21/05/2020 prot. In Arrivo Arpa 40551 del 22/05/2020

OGGETTO: Sviluppo dello studio sulla contaminazione diffusa del suolo, per la definizione di valori di fondo naturale ed ai fini della valutazione di situazioni di inquinamento diffuso ai sensi del D.Lgs. 152/2006.

Obiettivo anno 2020:

- Spazializzazione e valori di fondo naturale delle concentrazioni di Cromo, Nichel e Cobalto nei suoli del comune di Torino e cintura.
- Cartografia in formato .shp delle aree omogenee di concentrazione.

Redazione	Funzione: Collaboratore Tecnico Professionale	Gabriele Fabietti	Data: 28/12/2020
Trasmissione	Funzione: Responsabile Struttura	Paola Balocco	

Referenti pratica:

Gabriele Fabietti
gabriele.fabietti@arpa.piemonte.it

Il sistema di gestione qualità è certificato ISO 9001:2015 da CSG

Spazializzazione e valori di fondo naturale delle concentrazioni di Cromo, Nichel e Cobalto nei suoli del comune di Torino e cintura

La rete di monitoraggio ambientale dei suoli del Piemonte	3
Introduzione	5
Campionamento dei suoli.....	6
Analisi dei suoli.....	6
Elaborazione dei dati.....	8
Calcolo dei valori di fondo.....	9
Descrittori del fondo.....	10
Risultati.....	11
Cromo.....	15
Nichel.....	24
Cobalto.....	31
Utilizzo dei dati nell'ambito della normativa vigente.....	37
Accesso ai risultati delle elaborazioni della rete di monitoraggio.....	38

La rete di monitoraggio ambientale dei suoli del Piemonte

Arpa Piemonte realizza un programma di monitoraggio ambientale dei suoli del Piemonte, con l'obiettivo di valutare la presenza, origine, intensità e distribuzione spaziale della contaminazione diffusa del suolo, individuare aree critiche caratterizzate da elevate probabilità di superamento dei limiti individuati dalle normative vigenti e fornire parametri statistici di riferimento dei contaminanti a diverse scale di rappresentazione.

Le elaborazioni dei dati della rete di monitoraggio rappresentano una indispensabile base scientifica di riferimento per approfondimenti a scala di maggior dettaglio, in attività correlate alla valutazione della qualità del suolo e dell'ambiente, alla pianificazione territoriale su ampia scala e all'applicazione delle normative che riguardano la contaminazione del suolo (terre e rocce da scavo, siti contaminati, piani di gestione dell'inquinamento diffuso).

Il monitoraggio dei suoli è effettuato tramite realizzazione di stazioni di campionamento distribuite su tutto il territorio regionale in corrispondenza dei vertici di una maglia sistemica.

Lo schema di campionamento ha avuto come origine la rete sistemica 18 x 18 km del progetto LUCAS project (European Community, 2003) ed è stato ampliato con livelli successivi di approfondimento, progettati in funzione dei risultati ottenuti in corso d'opera.

Allo stato attuale sono stati campionati e analizzati con procedure standardizzate i suoli di 1050 stazioni di monitoraggio (Figura 1) così distribuite:

- maglia sistemica 9 x 9 km: per i suoli dell'arco alpino piemontese e suoli collinari;
- maglia sistemica 4,5 x 4,5 km: per i suoli della pianura;
- maglia sistemica 3 x 3 km o 1,5x1,5 km per i suoli di aree che hanno evidenziato particolari criticità legate alla contaminazione diffusa del suolo;
- stazioni localizzate con criteri di rappresentatività.

Il campionamento dei suoli è effettuato a più profondità. Per ogni campione prelevato sono analizzati metalli pesanti, IPA, PCB, e PCDD/DF per i quali sono fissati valori limite dal D.Lgs. 152/06, per un totale di circa 70 contaminanti.

L'elaborazione dei dati attraverso modelli predittivi geostatistici consente di ottenere rappresentazioni spaziali attendibili della concentrazione dei contaminanti analizzati, a diverse scale di dettaglio (regionale, comunale, di dettaglio) in funzione del numero dei campioni a disposizione.

Nelle aree con elevato numero di stazioni di monitoraggio (1,5 x 1,5 km e 3x3 km) le elaborazioni di alcuni contaminanti sono riferite alle unità cartografiche della carta dei suoli del Piemonte (**1:250.000 e 1:50.000**), indispensabile prodotto di sintesi delle conoscenze sui suoli della regione.

Tramite opportune semplificazioni dei risultati ottenuti dai modelli previsionali, sono delimitate sul territorio aree omogenee di concentrazione dei contaminanti e aree critiche che presentano probabilità elevate di superamento dei limiti di legge stabiliti dal *D.Lgs. 152/06* (Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, col A).

In corrispondenza di tali aree sono effettuate valutazioni relative alla presenza, origine, intensità della contaminazione diffusa e vengono forniti i principali parametri statistici di riferimento

I risultati delle elaborazioni evidenziano in generale per il Piemonte la presenza di tre principali gruppi di contaminanti responsabili di contaminazione diffusa :

- **Contaminanti di prevalente origine naturale:** metalli pesanti (Cromo, Nichel, Cobalto, Arsenico, Vanadio) e metalloidi (Arsenico) che presentano aree critiche solitamente molto estese e ben delimitate sul territorio, con concentrazioni medie e valori di fondo naturale molto elevati rispetto ai limiti di legge. L'origine è principalmente attribuibile al substrato litologico e/o ai sedimenti che hanno contribuito alla formazione del suolo.
- **Contaminanti di prevalente origine antropica:** metalli pesanti (Piombo, Rame, Zinco, Antimonio, Stagno, Berillio) che presentano aree critiche di dimensioni ridotte, concentrazioni più elevate in corrispondenza degli orizzonti superficiali ad indicare deposizione da contaminazione diffusa. L'origine dell'inquinamento diffuso è attribuibile a deposizioni atmosferiche (traffico stradale, riscaldamento domestico, attività industriali,

inceneritori etc...) ed attività legate all'agricoltura intensiva (utilizzo di concimi, fitofarmaci, fanghi di depurazione, liquami zootecnici etc...).

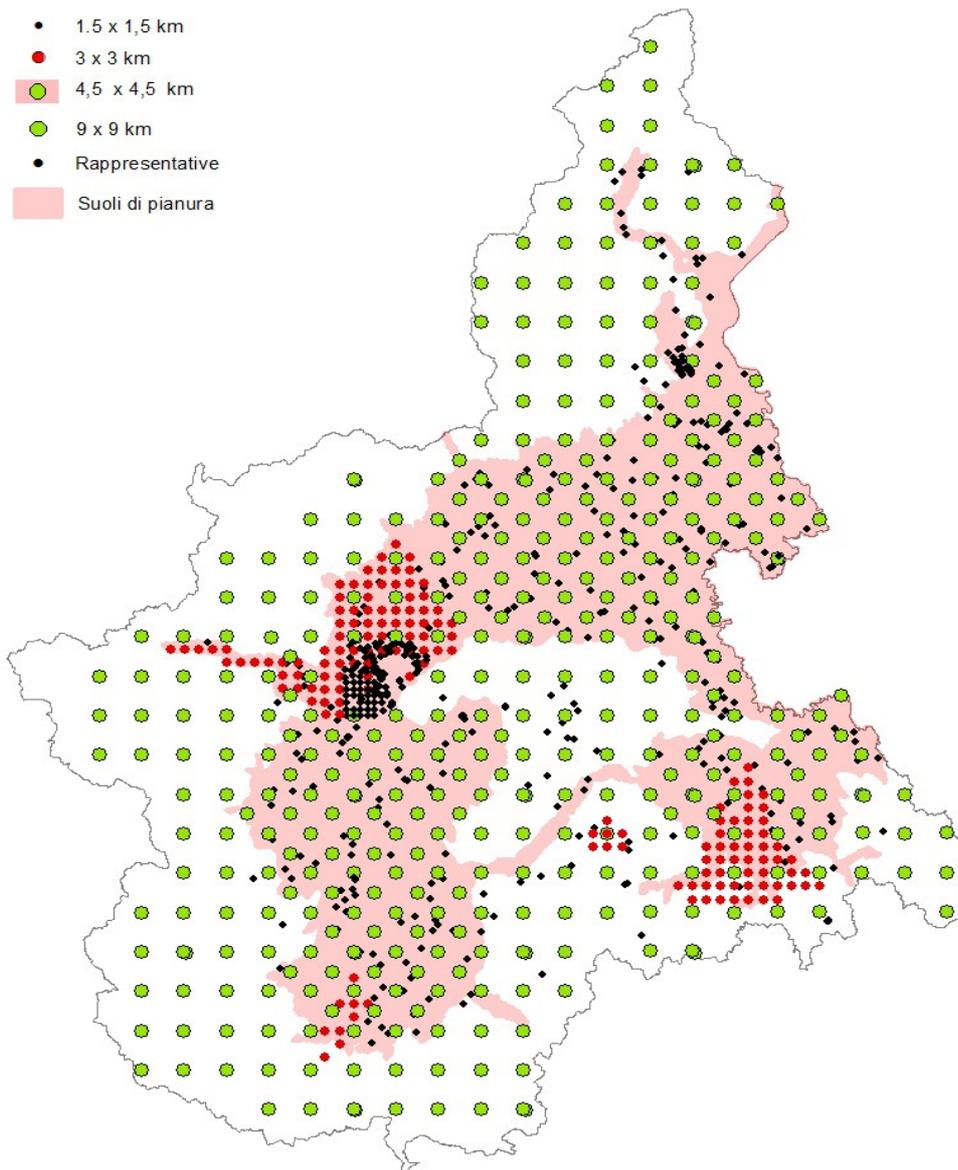
- **Contaminanti organici:** Diossine - furani (PCDD/DF), policlorobifenili (PCB) e idrocarburi policiclici aromatici (IPA) di origine prevalentemente antropica (combustioni di idrocarburi, attività industriali, incenerimento di rifiuti etc...). Presentano forme lievi di contaminazione diffusa su tutto il territorio con concentrazioni medie e valori di fondo naturale ampiamente al disotto dei limiti di legge.

I risultati ottenuti colmano una storica carenza di dati e documentazione scientifica, relativa alla caratterizzazione e quantificazione della contaminazione diffusa dei suoli del territorio piemontese. In particolare i dati forniti rappresentano un fondamentale supporto scientifico di riferimento per tutte le attività correlate alla valutazione della qualità del suolo e dell'ambiente in genere, alla pianificazione territoriale su ampia scala e all'applicazione delle normative che riguardano la contaminazione del suolo, che necessitano di informazioni base relative alla contaminazione diffusa del suolo.

Figura 1

Stazioni della Rete di monitoraggio ambientale dei suoli del Piemonte posizionate su rete sistematica (arco alpino 9x9 km, pianura 4,5x4,5 km, aree critiche 3x3 e 1,5x1,5 km) e con criteri di rappresentatività.

- 1,5 x 1,5 km
- 3 x 3 km
- 4,5 x 4,5 km
- 9 x 9 km
- Rappresentative
- Suoli di pianura



Introduzione

Nel presente studio i dati della rete di monitoraggio ambientale dei suoli del Piemonte sono utilizzati per la spazializzazione e caratterizzazione delle concentrazioni di Cromo (Cr), Nichel (Ni) e Cobalto (Co) nei suoli che interessano il territorio del comune di Torino e prima cintura.

L'area oggetto di studio presenta valori di Cr, Ni e Co superiori ai limiti di legge stabiliti D.Lgs. 152/06 (concentrazioni soglia di contaminazione – CSC. Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, col A), dovute in prevalenza alla natura geochimica del suolo.

Le concentrazioni dei tre contaminanti presentano inoltre una elevata variabilità spaziale legata alla diversa natura dei sedimenti alluvionali dei fiumi Sangone, Po, Dora Riparia e Stura Lanzo che attraversano il territorio.

Le concentrazioni elevate, la variabilità spaziale e la presenza di contaminazione diffusa, quest'ultima legata alla storica industrializzazione ed alla elevata densità demografica, rendono difficile valutare se eventuali superamenti dei limiti di legge nel sito/area di interesse siano riconducibili a prevalente origine naturale o alla presenza di sorgenti antropiche (puntuali o diffuse).

Obiettivo principale dello studio è fornire parametri statistici, ricavati da suoli con caratteristiche naturali e privi di forme rilevanti di contaminazione diffusa, da utilizzare come fondamentale riferimento scientifico nell'ambito delle indagini preliminari sito specifiche previste dalla normativa vigente riguardante il suolo (es. terre e rocce da scavo, siti contaminati, piani di gestione dell'inquinamento diffuso).

La spazializzazione della concentrazione dei contaminanti attraverso modelli predittivi geostatistici ha consentito di individuare aree omogenee di concentrazione a scala di dettaglio 1:50.000.

In corrispondenza delle zone ad elevata urbanizzazione, caratterizzate da scarsa presenza di suoli riconducibili a origine naturale e quindi sottocampionate, i confini delle aree omogenee di concentrazione sono stati delimitati tramite la comparazione dei risultati geostatistici con le unità della carta dei suoli del Piemonte (scala 1:50.000).

Le ipotesi relative all'origine prevalente naturale di Cr, Ni e Co sono state verificate attraverso lo studio della variabilità verticale della concentrazione, l'individuazione di correlazioni statisticamente significative tra i contaminanti e la valutazione di indici di arricchimento.

La prevalente origine naturale di Cr, Ni e Co è risultata ascrivibile alla pedogenesi del territorio stesso, alle sue caratteristiche litologiche e alle condizioni chimico-fisiche presenti, mentre la componente antropica può essere considerata non rilevabile e/o non apprezzabile.

Per le aree omogenee di concentrazione sono stati calcolati i valori di fondo naturale e parametri statistici interpretabili con il termine più esteso di descrittori del fondo, da utilizzare come elementi scientifici di confronto.

Le ipotesi riferite alla prevalente origine naturale di Cr, Ni e Co derivano dall'analisi di una popolazione di dati statisticamente significativa a scala di dettaglio 1:50.000. Non è quindi possibile escludere a priori la presenza di casi di superamento dei limiti di legge e/o valori di fondo naturale proposti, riconducibili a contaminazione diffusa di origine antropica rilevabile a scala di maggior dettaglio.

Le aree omogenee di concentrazione individuate per Cr, Ni e Co sono comparabili con la definizione riportata dal D.P.R. 120/2017 di “ambito territoriale con fondo naturale”.

I parametri statistici di riferimento forniti sono utilizzabili come riferimento al piano di indagine in base a quanto stabilito nell'articolo 11 comma 1 del D.P.R. 120/2017.

I valori di fondo naturale forniti per le aree omogenee di concentrazione sono compatibili con la definizione del D.M. 46/2019 di “fondo geochimico”.

La metodologia applicata, compatibilmente alle esigenze di scala di rappresentazione, può essere considerata coerente con quanto riportato nelle Linee guida per la determinazione dei valori di fondo per i suoli e per le acque sotterranee. – (ISPRA, 2018).

Alla relazione è allegata la cartografia in formato .shp con i confini delle aree omogenee di concentrazione individuate per Cr, Ni e Co.

Campionamento dei suoli

Per le elaborazioni sono stati utilizzati campioni di suolo relativi a 154 stazioni della rete di monitoraggio ambientale, realizzate nel comune di Torino e cintura tra il 2014 e il 2018 (Figura 2). Sono stati campionati suoli riconducibili a caratteristiche naturali, privi di evidenti segni di impatto antropico (terreni di riporto, spianamenti, rifiuti, macerie etc...) e sufficientemente distanziati da siti contaminati eventualmente presenti.

I suoli campionati risultano concentrati maggiormente nella fascia periurbana della città di Torino, in corrispondenza di campi coltivati residui, fortemente frammentati ed inseriti in un paesaggio urbano con elevata presenza industriale ed urbana.

L'area del comune di Torino, caratterizzata da un mosaico di suoli in prevalenza alterati o costruiti ex-novo, è invece rappresentata da un numero di campioni ridotto.

Il campionamento dei suoli della zona sud di Torino e cintura è stato effettuato tra il 2014 e il 2017, in corrispondenza di stazioni collocate ai vertici di maglie sistematiche 1,5 x 1,5 km e 4,5 x 4,5 km. A causa dell'elevata urbanizzazione e conseguente scarsità di suoli, la zona nord del comune di Torino e cintura è stata invece campionata nel 2018, con criteri di rappresentatività, mantenendo una densità di stazioni di monitoraggio equiparabile a quella della rete 1,5x1,5 km.

In corrispondenza della stazione di monitoraggio è stata identificata un'area di campionamento di 10 x 10 m. All'interno dell'area sono stati prelevati sottocampioni a profondità fisse A e B, in numero variabile da tre a cinque in base alle condizioni di omogeneità pedologica riscontrate.

I sottocampioni sono stati omogeneizzati in campo in un'unica aliquota per ciascuna profondità.

Per i suoli agricoli periodicamente lavorati la profondità di campionamento A corrisponde all'orizzonte arato (Ap) e B al campionamento effettuato a 20-30 cm dal limite inferiore di Ap;

Per i suoli naturali (bosco, prato – pascolo) e/o indisturbati (incolto) il campione A corrisponde alla profondità 0-10 cm, mentre il campione B è effettuato a profondità compresa tra i 30 ed i 80 cm. Nel campionamento viene scartato lo strato superficiale rappresentato da sostanza organica indecomposta e/o parzialmente decomposta e privo di componente minerale.

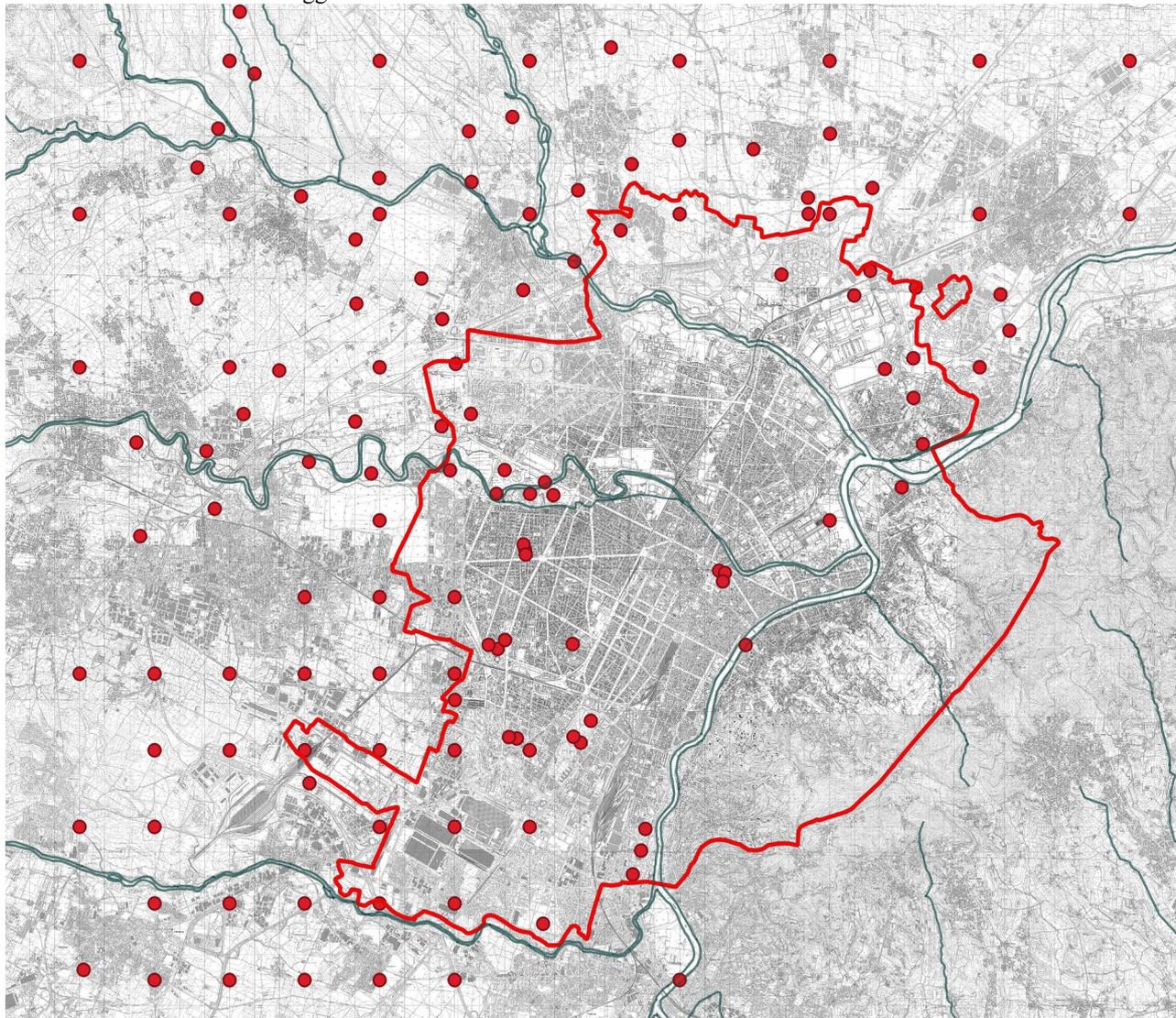
Analisi dei suoli

Per ogni campione sono stati analizzati contaminanti per i quali sono fissati valori limite dal D.Lgs.152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale attraverso Estrazione in acqua regia e analisi con ICP-MS (Agilent, 7500CE):

- **metalli pesanti e metalloidi** (Antimonio - Sb, Arsenico - As, Berillio - Be, Cadmio - Cd, Cobalto - Co, Cromo - Cr, Mercurio - Hg, Nichel - Ni, Piombo - Pb, Rame - Cu, Selenio - Se, Stagno - Sn, Tallio - Tl, Vanadio - V e Zinco - Zn);
- **lantanoidei o “terre rare”** non normati dal D.Lg.s 152/06, ma di notevole interesse per la valutazione della contaminazione diffusa del suolo: (Cerio - Ce, Disprosio - Dy, Erblio - Er, Europio - Eu, Gadolinio - Gd, Olmio - Ho, Lantanio - La, Neodimio - Nd, Praseodimio - Pr, Samario - Sm, Tullio - Tm, Ittrio - Y, e Itterbio - Yb);
- **composti inorganici non normati** dal D.Lgs. 152/06 ma necessari per l'interpretazione di numerosi fenomeni contaminazione.

Figura 2

Stazioni della rete di monitoraggio ambientale dei suoli del Piemonte nel comune di Torino e cintura.



Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Elaborazione dei dati

La concentrazione di Cromo, Nichel e Cobalto è stata riferita alla totalità dei materiali secchi della frazione inferiore a 2 mm comprensiva dello scheletro frazione 2 mm - 2 cm.

La frazione dello scheletro è stata ricavata per ogni campione dalle unità della carta dei suoli del Piemonte 1:50000 (Regione Piemonte – Ipla).

Non sono risultati campioni al disotto del limite di rilevabilità dello strumento .

Sono stati esclusi dalle elaborazioni i valori outliers che si discostano dalla mediana oltre 3 volte la distanza interquartile $> Q3+3(Q3-Q1)$.

Per evitare di includere nelle elaborazioni statistiche campioni caratterizzati da potenziali forme di contaminazione, sono stati esclusi dalle elaborazioni i profili con indice di arricchimento superficiale (A/B) superiore a 2 e rapporto $\log(\text{Cr}/\text{Ni})$ superiore a 0,8.

Attraverso l'utilizzo di modelli predittivi geostatistici sono state ricavate spazializzazioni della concentrazione di Cromo, Nichel e Cobalto.

Tramite opportune semplificazioni dei risultati ottenuti dai modelli previsionali, sono state delimitate aree omogenee di concentrazione per i contaminanti.

Per una definizione precisa dei confini delle aree a livello comunale le spazializzazioni geostatistiche sono state comparate con la carta delle unità geomorfologiche, la carta geologica e la carta dei suoli (Regione Piemonte - Ipla 1:50.000), quest'ultima indispensabile strumento di sintesi dei suoli del Piemonte.

La comparazione dei risultati geostatistici con le unità della carta dei suoli è stata effettuata ponendo particolare attenzione all'origine dei sedimenti alluvionali. L'analisi ha consentito di definire con precisione i confini delle aree omogenee di concentrazione in corrispondenza delle zone ad elevata urbanizzazione, caratterizzate da scarsa presenza di suoli riconducibili a origine naturale e quindi sottocampionate.

La rappresentatività statistica delle popolazioni di dati appartenenti alle aree omogenee di concentrazione è stata verificata attraverso confronto tra popolazioni con test statistici (t-test per campioni indipendenti) e metodi grafici (curve della densità di distribuzione, Box plot, Curve di distribuzione cumulata di frequenza).

In corrispondenza delle aree omogenee individuate, sono state effettuate valutazioni relative alla presenza, intensità e origine della contaminazione diffusa attraverso l'utilizzo combinato di elaborazioni statistiche e calcolo dell'indice di arricchimento.

L'indice di arricchimento superficiale permette di valutare la presenza e definire l'intensità di deposizione al suolo di un contaminante, attraverso la quantificazione del rapporto tra concentrazione dell'orizzonte superficiale A e di quello profondo B.

Valori compresi tra 1.2 e 1.5 indicano presenza di contaminazione diffusa per deposizione superficiale moderata, mentre valori superiori a 1.5 indicano presenza di contaminazione diffusa intensa.

Le ipotesi relative all'origine prevalente naturale di Cr, Ni e Co sono state verificate attraverso lo studio della variabilità verticale della concentrazione dei contaminanti e l'uso della statistica multivariata.

L'utilizzo della statistica multivariata (correlazioni di pearson, principal component analysis, cluster analysis) permette di verificare ipotesi relative all'origine prevalente (naturale o naturale-antropica) del contaminante nel suolo, attraverso l'individuazione di correlazioni statisticamente significative tra coppie e/o gruppi di contaminanti attribuibili ad origine comune.

Calcolo dei valori di fondo

Gli aspetti metodologici per la determinazione dei “valori di fondo” sono stati affrontati in numerose pubblicazioni e/o linee guida (es. APAT-ISS, Provincia di Milano, CNR-IRSA, ISO) che propongono varie metodologie di determinazione (es. 95° percentile, UTL Upper Tolerance limit, UPL Upper Prediction limit, ecc).

Per le aree omogenee di concentrazione individuate nel presente studio i valori di fondo sono stati calcolati in base agli standard internazionali ISO 19258/2005 “Soil quality - Guidance on the determination of background values”, valutati i più idonei per le caratteristiche e gli obiettivi della rete di monitoraggio.

La metodologia si adatta in particolare a rappresentare la notevole variabilità dei dati, conseguente alla densità di campionamento e alla scala di rappresentazione, della maggior parte delle aree omogenee di concentrazione individuate.

La normativa ISO 19258/2005 prevede la determinazione di due diverse tipologie di valore di fondo:

- “*contenuto di fondo di natura pedogeochemica o naturale del suolo*”: distribuzione di una sostanza nel suolo derivante dai processi naturali (geochimici, biologici, idrogeologici naturali), con eventuale componente antropica non rilevabile o non apprezzabile.
- “*contenuto di background o fondo naturale-antropico*”: concentrazione di un elemento riferito ad un tipo di suolo, localizzato in un’area o regione definita, che scaturisce dalla sommatoria delle concentrazioni apportate da sorgenti naturali e diffuse non naturali, quali ad esempio la deposizione atmosferica e le pratiche agronomiche.

Per Cr, Ni e Co la cui origine nei suoli del comune di Torino e cintura è prevalentemente attribuibile al substrato litologico, per ogni area omogenea di concentrazione individuata è stato determinato il “*fondo naturale del suolo*” attraverso l’elaborazione delle concentrazioni degli orizzonti profondi B (20 cm al disotto del limite inferiore dell’orizzonte Ap e 30 – 80 cm per i suoli naturali).

I percentili (10°, 25°, 50°, 75° e 90°) sono utilizzati per rappresentare in maniera corretta la distribuzione delle concentrazioni.

La distribuzione dei dati che meglio approssima il campione (normale, log-normale, gamma, non parametrica) è stata valutata attraverso test statistici (Shapiro - Wilk e Anderson – Darling) e metodi grafici (istogrammi di frequenza, curve cumulative di frequenza e box plot).

Per popolazioni di dati con distribuzione normale la normativa raccomanda l’utilizzo minimo di 30 campioni di suolo.

Il valore di fondo dell’area omogenea di concentrazione individuata è stato attribuito al 90° percentile della popolazione ricostruita di dati ottenuta dopo aver rimosso gli eventuali valori *outliers* che presentano concentrazioni anomale rispetto alla popolazione campionaria.

Sono stati individuati come outliers i valori $\geq Q3 + 1,5(Q3 - Q1)$ dove Q3 è il terzo quartile (corrispondente al 75° percentile), Q1 è il primo quartile (corrispondente al 25° percentile).

La distribuzione dei contaminanti nei suoli è risultata nella maggior parte dei casi non normale o log-normale con asimmetria positiva.

In caso di distribuzione non normale dei campioni, la normativa prevede un numero di campioni minimo, comunque non inferiore a 30, sufficiente ad ottenere una curva di distribuzione di frequenza (Quantile plot, Percentile Plot) omogenea, uniforme e continua dei valori log trasformati.

Lo studio delle concentrazioni dei contaminanti a grande scala di dettaglio rende spesso impossibile individuare aree omogenee rappresentate da un numero elevato di campioni, anche in seguito a piani di infittimento successivi progettati in base a risultati preliminari.

L’infittimento dei campioni in un’area valutata come omogenea può portare infatti all’individuazione di ulteriori sub aree, rappresentate a loro volta da un numero ridotto di campioni.

In generale maggiore è la variabilità tra le misure e maggiore deve essere il numero di campioni per ottenere una statistica affidabile.

I valori di fondo naturale per le aree omogenee di concentrazione di questo studio sono stati considerati validi se rappresentati da un numero minimo di campioni, sufficiente ad ottenere una curva di distribuzione di frequenza dei valori omogenea, uniforme e continua.

Facendo riferimento a diversi riferimenti bibliografici che indicano il numero minimo di dati variabile tra 10 e 30, non sono stati elaborati i valori di fondo naturale delle aree omogenee con un numero di campioni inferiore a 10.

Per le aree escluse dal calcolo del valore di fondo sono comunque forniti parametri statistici, da utilizzare come base scientifica di riferimento.

Descrittori del fondo

Per rappresentare al meglio natura e complessità del fondo e per agevolare il confronto con siti/matrici di interesse, oltre al valore di fondo, inteso come singolo valore numerico, sono forniti parametri statistici e rappresentazioni grafiche da interpretare con il termine più esteso di descrittori del fondo.

I valori di fondo naturale forniti in questo studio sono indicativi della tendenza della “coda destra”; con essi si perde tutta l’informazione circa la variabilità complessiva delle osservazioni (eg. le caratteristiche della tendenza centrale o della coda sinistra); queste informazioni possono essere descritte e sintetizzate ad esempio da una curva di distribuzione delle frequenze.

I descrittori del fondo sono lo strumento che rende gestibile, in termini operativi, il risultato della modellazione della distribuzione dei valori rappresentativi del fondo.

Ad integrazione dell’informazione “limitata” contenuta nel valore di fondo, come termine di confronto e verifica dello stato di contaminazione effettiva del sito di interesse, per le aree omogenee sono forniti:

- Tabelle con parametri di statistica descrittiva (media, mediana, deviazione standard – dev st, coefficiente di variazione – CV, valori minimi - min, valori massimi - max, 25° - 50° - 75° - 90° e 95° percentile, soglia outliers, valori di fondo naturale, numero e percentuale di campioni che superano i limiti di legge;
- Box plot della concentrazione in mg/kg per aree omogenee di concentrazione;
- Curve di densità della distribuzione e istogrammi della densità di distribuzione;
- Curve di distribuzione cumulata di frequenza in percentili.

Per indicazioni più approfondite relative ai descrittori del fondo e al loro utilizzo si rimanda alle Linee guida per la determinazione dei valori di fondo per i suoli e per le acque sotterranee (ISPRA - Manuali e Linee Guida 174/2018), allegato B.

Risultati

Il consistente numero di stazioni di monitoraggio analizzate ha permesso di ottenere, attraverso l'utilizzo di modelli predittivi geostatistici, rappresentazioni spaziali della concentrazione di Cr, Ni e Co attendibili ad una scala di dettaglio indicativa pari a 1:50.000.

I risultati dei modelli predittivi geostatistici della concentrazione e della probabilità di superamento dei limiti di legge mostrano una distribuzione spaziale simile per i tre contaminanti.

Il confronto dei risultati delle elaborazioni geostatistiche con la distribuzione delle unità di suolo della carta dei suoli del Piemonte (1:50.000) ha messo in evidenza una buona correlazione tra concentrazioni di Cr, Ni e Co e suoli originati dalle deposizioni alluvionali antiche e recenti dei fiumi che attraversano il territorio del comune (Sangone, Dora Riparia, Stura Lanzo e Po).

Le analogie riscontrate giustificano l'individuazione di aree omogenee di concentrazione comuni per i tre contaminanti da utilizzare per l'analisi dell'origine e intensità della contaminazione diffusa.

La maggior parte delle aree omogenee presenta concentrazioni molto elevate ed alte probabilità di superamento di limiti di legge soprattutto per Cr e Ni.

In corrispondenza di tutte le aree omogenee individuate non si osservano differenze statisticamente significative di concentrazione tra orizzonti superficiali (A) e profondi (B)

Le distribuzioni degli indici di arricchimento superficiale risultano nella maggior parte inferiori a 1,2 in tutte le aree omogenee (Figura 4), con valori stabili all'aumentare della concentrazione del contaminante, a conferma dell'assenza di fenomeni estesi e/o rilevanti di contaminazione diffusa.

Le stazioni di monitoraggio che presentano deposizione superficiale di intensità moderata (indice di arricchimento >1.2) risultano di numero ridotto, frammentate e non spazialmente correlate, ad indicare eventuali forme di contaminazione diffusa a scala ridotta rispetto a quella rappresentata.

La bassa variabilità riscontrata tra concentrazione degli orizzonti superficiali (A) e profondi (B) indica assenza di fenomeni rilevanti di deposizione superficiale da contaminazione diffusa.

L'assenza di variabilità verticale giustifica l'utilizzo degli orizzonti B per la definizione di parametri statistici rappresentativi dello strato superficiale 0-100 cm, anche nell'ambito dell'applicazione della normativa riguardante contaminazione dei suoli e terre e rocce da scavo (D.Lgs. 152/06, D.P.R. 120/2017, D.M. 46/2019).

L'elevato livello di correlazione tra Cr, Ni e Co, evidenziato dai risultati dall'indice di Pearson, dai grafici a dispersione (Figura 5), dai risultati della principal component analysis e dagli indici Cr/Ni (Figura 6) confermano l'ipotesi relativa alla origine comune in tutte le aree omogenee.

L'elevato livello di correlazione tra Cr, Ni e Co, riscontrato in tutte le aree omogenee, l'assenza di fenomeni rilevanti di deposizione superficiale da contaminazione diffusa, la distribuzione spaziale simile delle concentrazioni e delle correlazioni, avvalorano nel loro insieme l'ipotesi relativa alla prevalente origine naturale.

L'origine naturale è riconducibile a fenomeni legati alla specifica pedogenesi del territorio, alle sue caratteristiche litologiche e alle condizioni chimico-fisiche presenti, mentre la componente antropica può essere considerata non rilevabile o non apprezzabile.

Le elevate concentrazioni riscontrate sono riferibili in particolare alla presenza nel suolo di rocce ultramafiche (peridotiti serpentinitiche e serpentiniti) naturalmente ricche di Cr, Ni e Co che determinano una notevole influenza sulla pianura torinese (Tabella 1).

L'elevata variabilità spaziale è attribuibile alla diversa natura dei sedimenti alluvionali dei fiumi Sangone, Po, Dora Riparia e Stura Lanzo che attraversano il territorio.

L'elevata variabilità del dato osservata in alcune aree omogenee (coefficiente di variazione e dall'intervallo interquartile), è principalmente attribuibile alla presenza discontinua di materiale parentale con elevato contenuto di Cr, Ni e Co.

I campioni con caratteristiche riconducibili a potenziale origine antropica sono stati esclusi a priori dalle elaborazioni. I valori outliers delle aree omogenee, nonostante le elevate concentrazioni, sono di conseguenza riconducibili a prevalente origine litologica e rappresentano la naturale variabilità spaziale del contaminante.

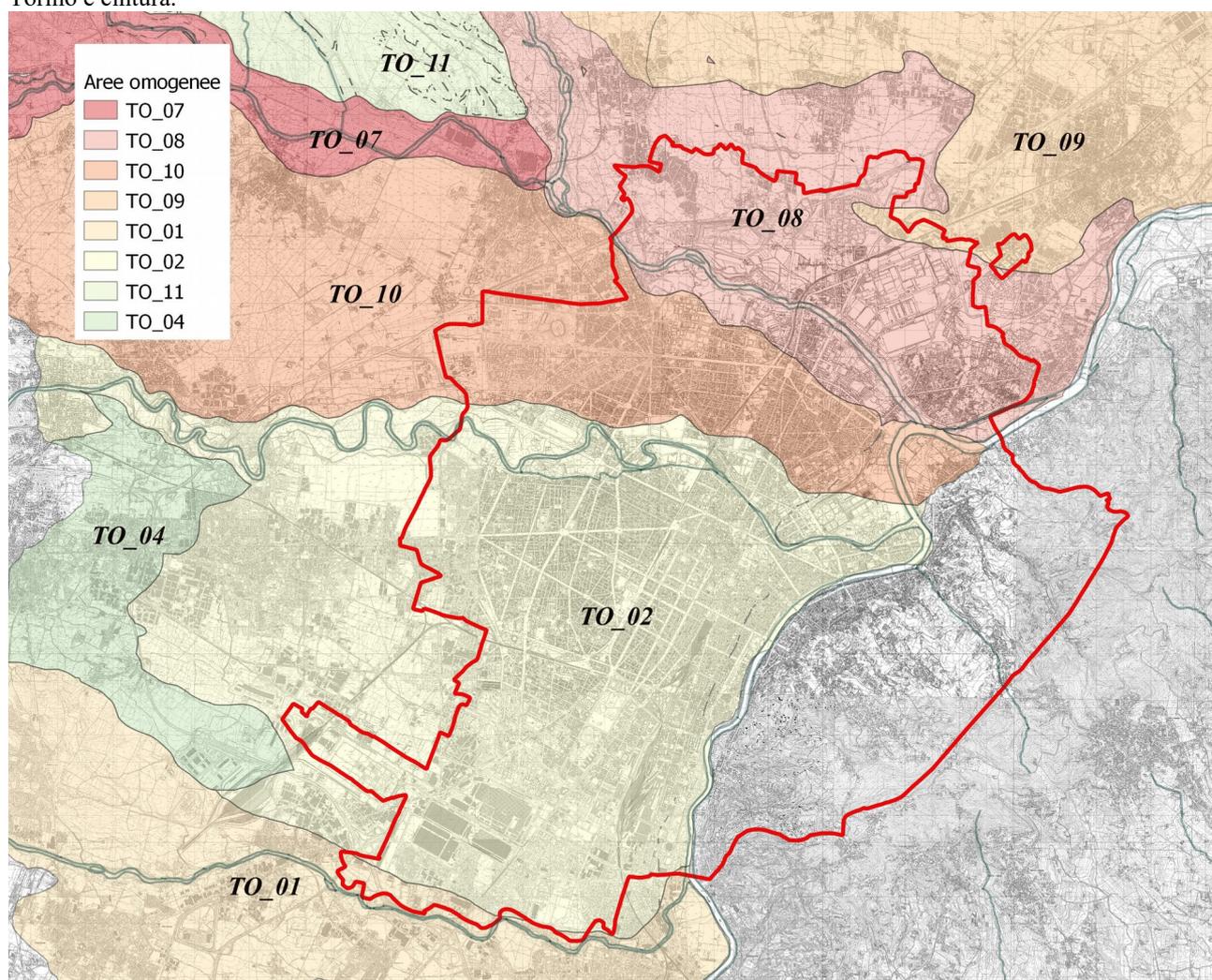
Le ipotesi relative alla prevalente origine naturale sono relative all'analisi di una popolazione di dati statisticamente significativa a grande scala di dettaglio 1:50.000.

Nelle aree omogenee individuate non è quindi possibile escludere a priori la presenza di casi di superamento dei limiti di legge e/o valori di fondo proposti, riconducibili a contaminazione puntuale di origine antropica come del resto non è possibile escludere localmente la presenza di valori superiori al fondo determinato in termini probabilistici dovuto a cause naturali.

Occorre inoltre considerare che le elevate concentrazioni riscontrate nelle aree critiche, caratterizzate da concentrazioni medie e valori di fondo naturale molto elevati, possono "mascherare" forme di contaminazione da deposizione superficiale anche di intensità rilevante.

Figura 3

Aree omogenee della concentrazione di Cromo, Nichel e Cobalto per i suoli che interessano il territorio del comune di Torino e cintura.



Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Tabella 1

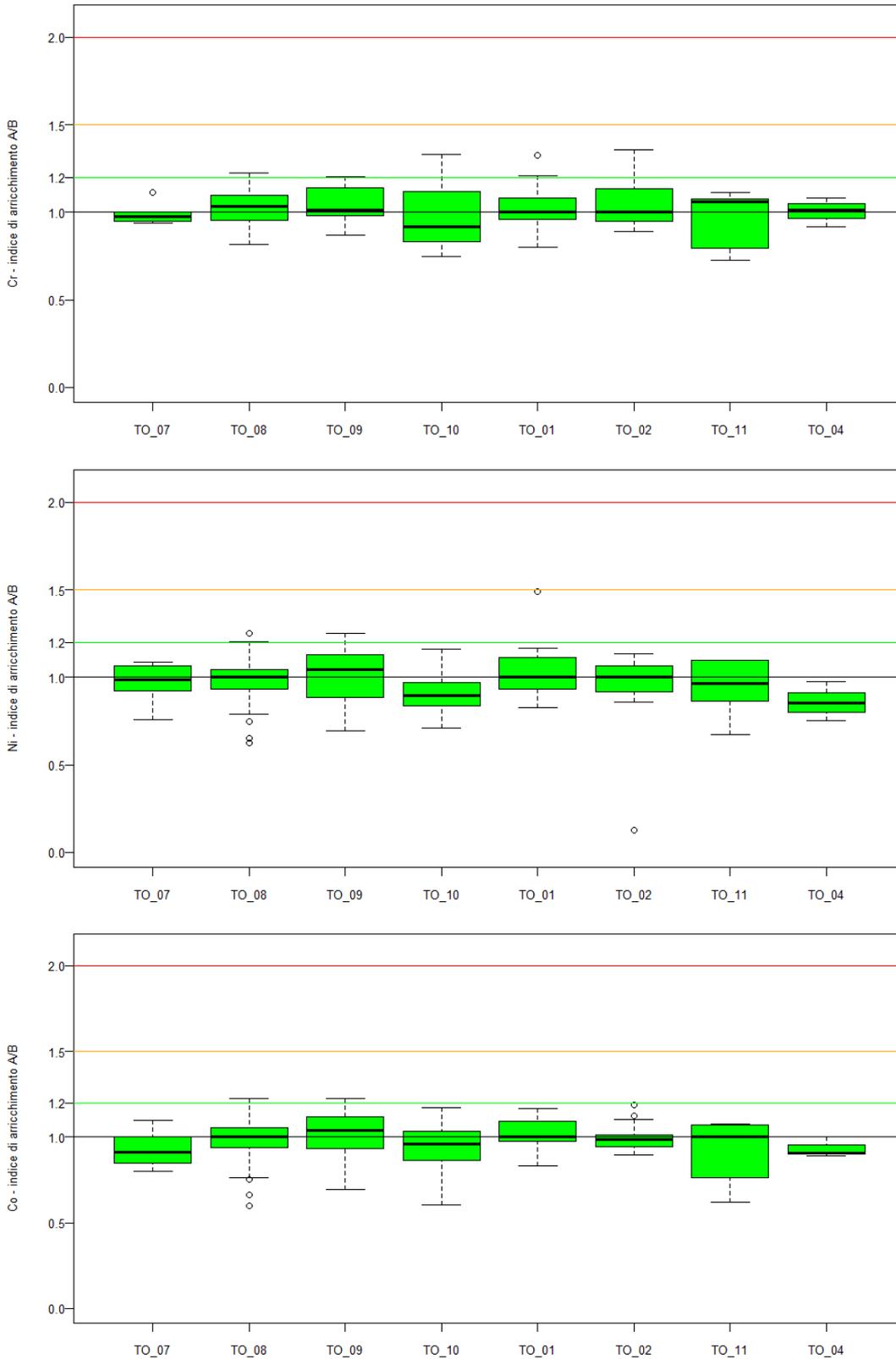
Contenuto naturale medio in mg/kg di Cromo (Cr), Nichel (Ni) e Cobalto (Co) in diversi tipi di rocce.

	Cr	Ni	Co
Peridotiti serpentinitiche e serpentiniti	2980	2000	110
Basalti	185	145	47
Argilliti	100	60	20
Argilliti oceaniche	90	230	74
Arenarie	35	9	0,3
Calcari	11	20	0,1
Carbonati di mare profondo	11	30	7
Graniti	10	10	4

Fonte: De Vivo et al. - 2004; Alloway - 1995

Figura 4

Box plot dell'indice di arricchimento superficiale e soglia relativa a contaminazione diffusa moderata (1,2 - linea orizzontale verde) ed elevata (1,5 - linea orizzontale rossa) per classi omogenee di concentrazione di Cr, Ni e Co nel territorio del comune di Torino.

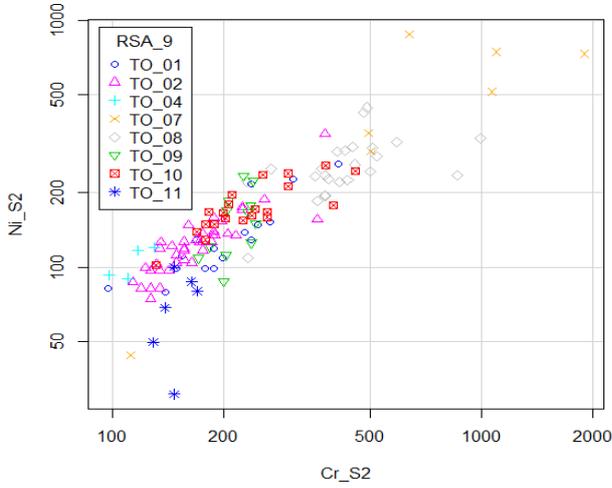


Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

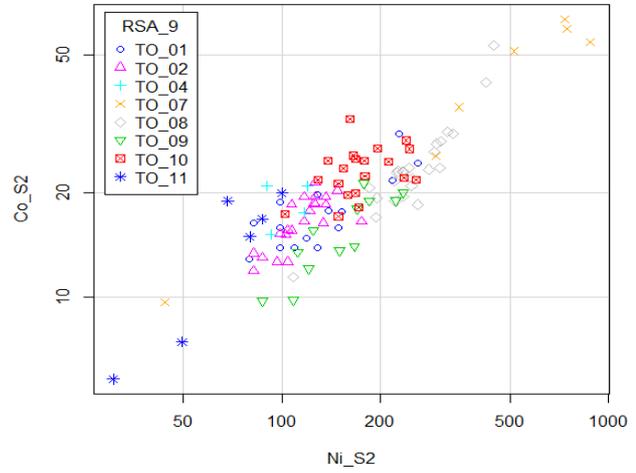
Figura 5

Matrice di correlazione⁽¹⁾ Cr vs Ni (I) e Ni vs Co (II) per aree omogenee di concentrazione dei suoli del comune di Torino e cintura.

I



II

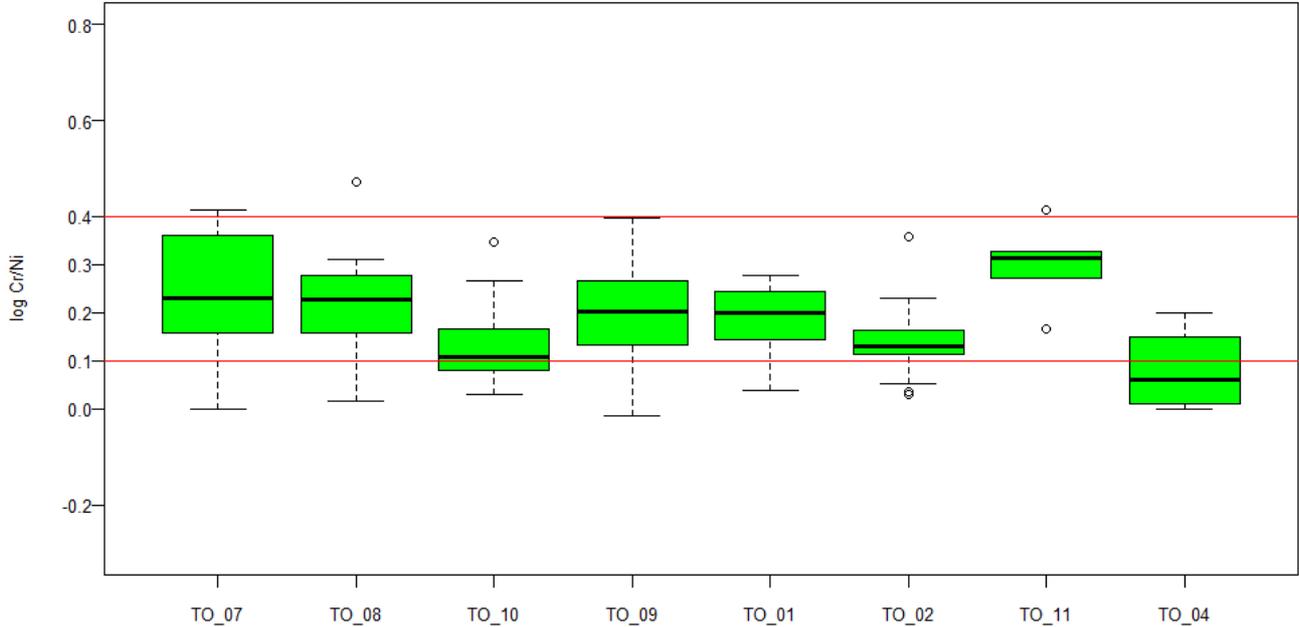


⁽¹⁾ Concentrazioni degli assi in mg/kg espresse in scala logaritmica.

Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Figura 6

Box plot dell'indice $\log(Cr/Ni)$ per aree omogenee di concentrazione nei suoli del territorio del comune di Torino.



Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Cromo

In Figura 7 sono rappresentate le aree omogenee della concentrazione di Cromo in corrispondenza delle quali vengono forniti parametri di statistica descrittiva e calcolati i valori di fondo naturale.

In Figura 8 sono rappresentati i box plot della concentrazione di Cromo in mg/kg per aree omogenee di concentrazione, messi a confronto con il limite di legge (150 mg/kg - linea orizzontale rossa) stabilito dal D.Lgs. 152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, col A).

In Tabella 2 sono riportati parametri di statistica descrittiva (media, deviazione standard, coefficiente di variazione, valori minimi, valori massimi, 25° - 50° - 75° - 90° e 95° percentile, soglia outliers), valori di fondo naturale, numero e percentuale di campioni che superano i limiti di legge. In rosso sono indicati i valori medi e percentili che superano il limite di legge, per aree omogenee di concentrazione.

Per le aree omogenee di concentrazione sono rappresentati (da Figura 9 a Figura 14) l'istogramma della densità di distribuzione per classi di concentrazione, la curva di densità della distribuzione e la curva di distribuzione cumulata di frequenza in percentili, confrontati con il valore di fondo naturale (linea tratteggiata nera) ed il limite di legge (linea continua rossa).

Le aree omogenee di concentrazione della zona nord del comune di Torino e cintura (Cr_TO_7, Cr_TO_8, Cr_TO_9, Cr_TO_10) presentano concentrazioni medie e valori di fondo naturale molto elevati con superamento del limite di legge al 25° percentile.

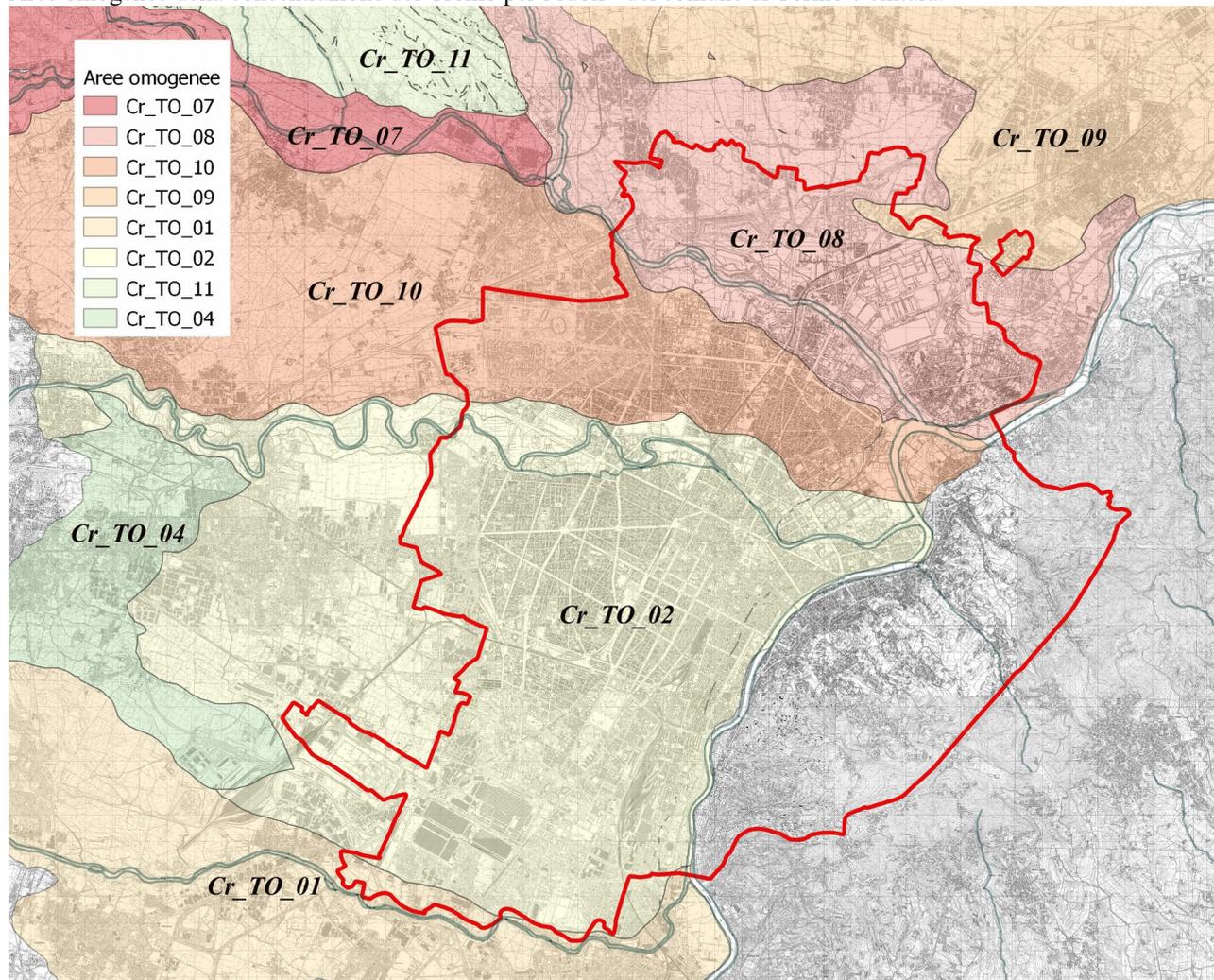
Le aree omogenee di concentrazione della zona sud del comune di Torino e cintura (Cr_TO_1, Cr_TO_2) presentano concentrazioni medie e valori di fondo naturale elevati con superamento dei limiti di legge al 50° percentile.

L'area omogenea Cr_TO_4 presenta valori medi, mediani (50° percentile) e valore di fondo naturale ampiamente al di sotto dei limiti di legge.

Per il basso numero di campioni, dovuto alle dimensioni ridotte della superficie interessata rispetto alla densità di campionamento, nelle aree omogenee di concentrazione Cr_TO_7 e Cr_TO_11 non sono stati determinati i valori di fondo.

Figura 7

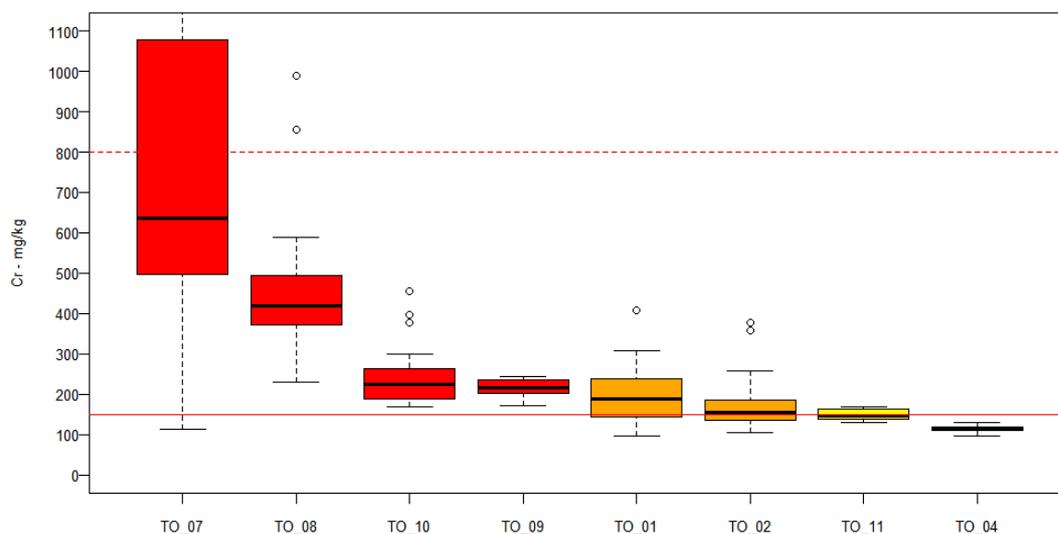
Aree omogenee della concentrazione del Cromo per i suoli^(*) del comune di Torino e cintura.



^(*)Elaborazione dei campioni di suolo B (30 - 80 cm per i suoli naturali o indisturbati e 20 cm al disotto dell'orizzonte arato Ap per i suoli agricoli).
 Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Figura 8

Box plot della concentrazione di Cromo (Cr) in mg/kg⁽¹⁾ nei suoli⁽²⁾ del comune di Torino e cintura per aree omogenee di concentrazione e confronto con i limiti di legge⁽³⁾ (linee orizzontali rosse).



⁽¹⁾ Concentrazione riferita alla totalità dei materiali secchi della frazione inferiore a 2 mm comprensiva dello scheletro frazione 2 mm - 2 cm.

⁽²⁾ Elaborazione dei campioni di suolo B (30 - 60 cm per i suoli naturali o indisturbati e 20 cm al disotto dell'orizzonte arato Ap per i suoli agricoli)

⁽³⁾ Limiti di legge stabiliti D.Lgs. 152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (150 mg/kg - Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, col A) e ad uso commerciale e industriale (800 mg/kg - Parte IV, Tabella 1, col B).

Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Tabella 2

Statistica descrittiva, percentili, valori di fondo⁽¹⁾ e confronto con il limite di legge⁽²⁾ della concentrazione di Cromo (Cr) in mg/kg⁽³⁾ per aree omogenee di concentrazione dei suoli⁽⁴⁾ del comune di Torino e cintura.

Aree omogenee		Cr							
		TO_07	TO_08	TO_10	TO_09	TO_01	TO_02	TO_11	TO_04
Media	mg/kg	866	451	248	215	203	171	149	126
Dev. St	mg/kg	537	170	79	24	76	54	15	18
CV	-	0,6	0,4	0,3	0,1	0,4	0,3	0,1	0,1
Min	mg/kg	377	231	168	171	97	104	129	98
Max	mg/kg	1901	990	454	244	409	377	169	156
25° percentile (Q1)	mg/kg	497	375	188	202	150	135	141	118
50° percentile	mg/kg	635	418	225	216	188	156	147	123
75° percentile (Q3)	mg/kg	1079	491	262	237	238	186	159	131
90° percentile	mg/kg	1416	568	377	240	279	221	166	156
95° percentile	mg/kg	1659	817	396	242	322	251	168	156
Soglia outliers ≥ ⁽⁵⁾	mg/kg	1953	667	373	289	370	263	187	150
Outliers	n	0	2	3	0	1	2	0	2
Valore di fondo ⁽¹⁾	mg/kg	- ⁽⁶⁾	505	273	240	255	203	- ⁽⁶⁾	130
Campioni	n	7	24	21	12	18	45	6	11
> Limite di legge ⁽²⁾	n	7	24	21	12	13	28	2	2
	%	100	100	100	100	72	62	33	18

⁽¹⁾ Valore di fondo-naturale calcolato al 90° percentile della popolazione ricostruita di dati, ottenuta dopo aver rimosso gli eventuali outliers. ⁽²⁾ Limite di legge D.Lgs. 152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (150 mg/kg). ⁽³⁾ Concentrazione riferita alla totalità dei materiali secchi della frazione inferiore a 2 mm comprensiva dello scheletro frazione 2 cm - 2 mm. ⁽⁴⁾ Elaborazione dei campioni di suolo B (30 - 80 cm per i suoli naturali o indisturbati e 20 cm al disotto dell'orizzonte arato Ap per i suoli agricoli). ⁽⁵⁾ Soglia outliers = Q3+1,5(Q3-Q1). ⁽⁶⁾ Valore di fondo non determinato per numero insufficiente di campioni.

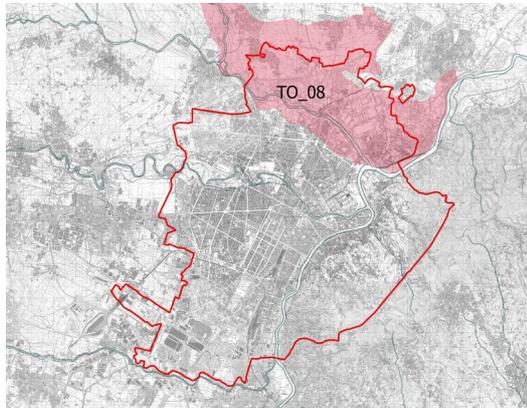
Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Figura 9

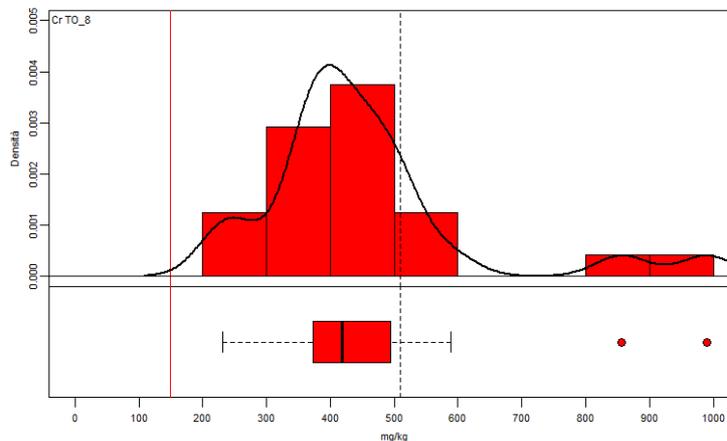
Concentrazione del Cromo (Cr)⁽¹⁾ nei suoli⁽²⁾ dell'area omogenea di concentrazione TO_08, confronto con valori di fondo⁽³⁾ (linea tratteggiata nera) e limiti di legge⁽⁴⁾ (linea continua rossa).

I – Delimitazione dell'area. II – Istogramma per classi di concentrazione, curva di distribuzione della popolazione di dati e box plot in mg/kg.
 III – Statistica descrittiva, percentili e valori di fondo. IV – Curve di distribuzione cumulata di frequenza in percentili e box plot.

I



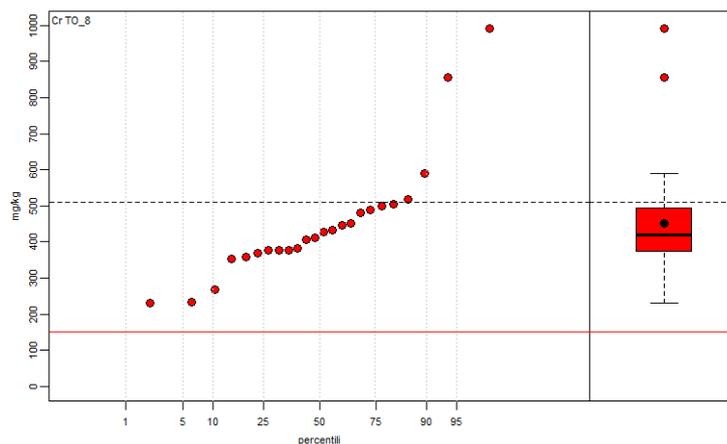
II



III

Area omogenea		TO 08
Media	mg/kg	451
Dev. St	mg/kg	170
CV	-	0,4
Min	mg/kg	231
Max	mg/kg	990
25° percentile (Q1)	mg/kg	375
50° percentile	mg/kg	418
75° percentile (Q3)	mg/kg	491
90° percentile	mg/kg	568
95° percentile	mg/kg	817
Soglia outliers $\geq^{(5)}$	mg/kg	667
Outliers	n	2
Valore di fondo⁽³⁾	mg/kg	505
Campioni	n	24
Limite di legge⁽⁴⁾		150
> Limite di legge	n	24
	%	100

IV



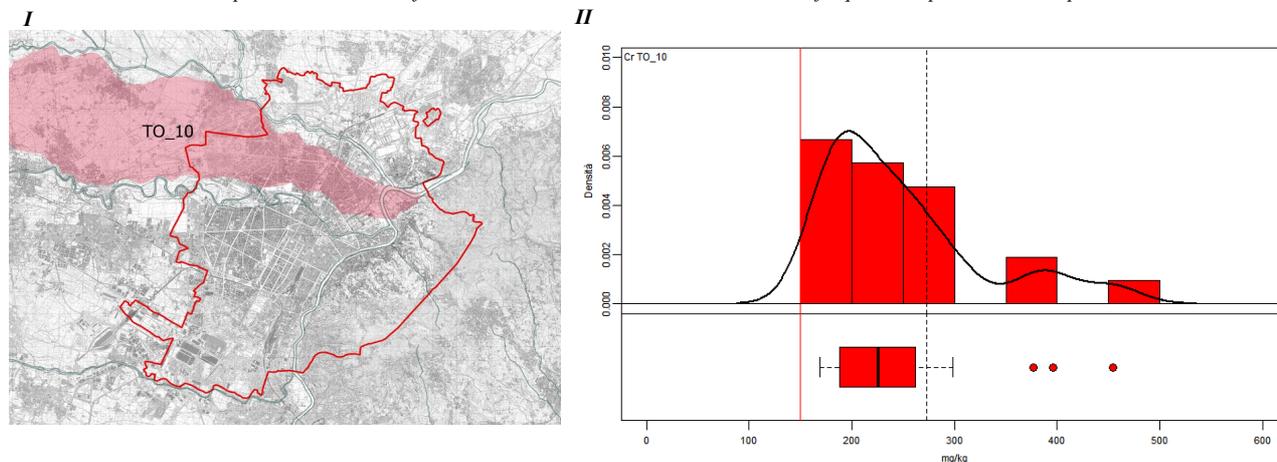
⁽¹⁾ Concentrazione in mg/kg riferita alla totalità dei materiali secchi della frazione inferiore a 2 mm comprensiva dello scheletro frazione 2 mm - 2 cm.
⁽²⁾ Elaborazione dei campioni di suolo B (30 - 80 cm per i suoli naturali o indisturbati e 20-30 cm al disotto dell'orizzonte arato Ap per i suoli agricoli).
⁽³⁾ Valore di *fondo-naturale* calcolato secondo la normativa ISO 19258/2005, corrisponde al 90° percentile della popolazione ricostruita di dati ottenuta dopo aver rimosso gli eventuali outliers.
⁽⁴⁾ Limiti di legge stabiliti D.Lgs. 152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, col A).
⁽⁵⁾ Soglia outliers = $Q3 + 1,5(Q3 - Q1)$.

Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Figura 10

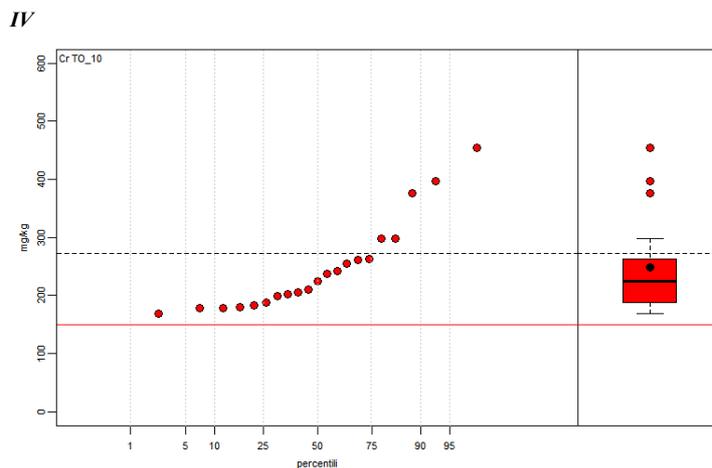
Concentrazione del Cromo (Cr)⁽¹⁾ nei suoli⁽²⁾ dell'area omogenea di concentrazione TO_10, confronto con valori di fondo⁽³⁾ (linea tratteggiata nera) e limiti di legge⁽⁴⁾ (linea continua rossa).

I – Delimitazione dell'area. II – Istogramma per classi di concentrazione, curva di distribuzione della popolazione di dati e box plot in mg/kg. III – Statistica descrittiva, percentili e valori di fondo. IV – Curve di distribuzione cumulata di frequenza in percentili e box plot.



III

Area omogenea		TO 10
Media	mg/kg	248
Dev. St	mg/kg	79
CV	-	0,3
Min	mg/kg	168
Max	mg/kg	454
25° percentile (Q1)	mg/kg	188
50° percentile	mg/kg	225
75° percentile (Q3)	mg/kg	262
90° percentile	mg/kg	377
95° percentile	mg/kg	396
Soglia outliers \geq ⁽⁵⁾	mg/kg	373
Outliers	n	3
Valore di fondo ⁽³⁾	mg/kg	273
Campioni	n	21
Limite di legge ⁽⁴⁾		150
> Limite di legge	n	21
	%	100



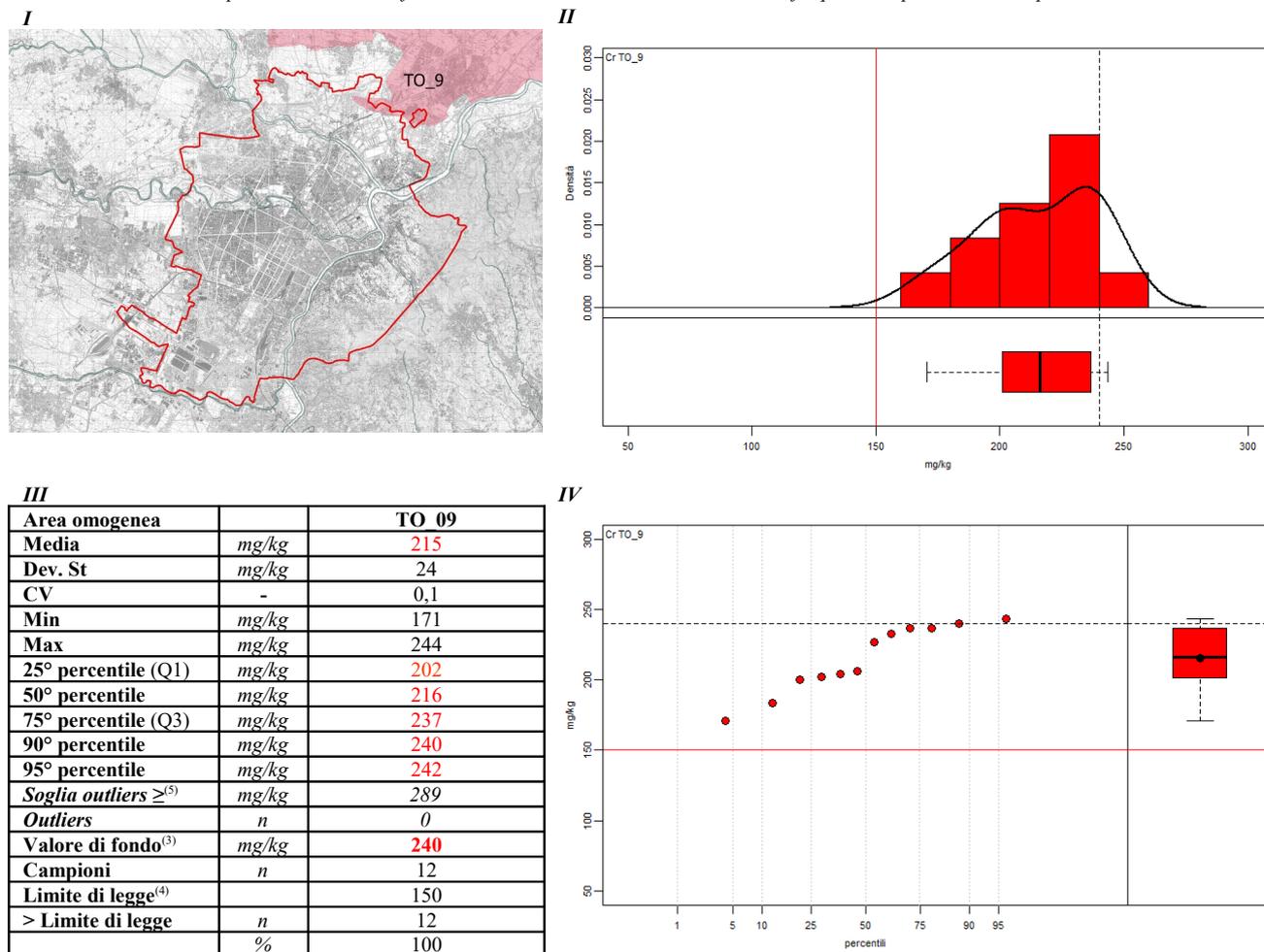
⁽¹⁾ Concentrazione in mg/kg riferita alla totalità dei materiali secchi della frazione inferiore a 2 mm comprensiva dello scheletro frazione 2 mm - 2 cm.
⁽²⁾ Elaborazione dei campioni di suolo B (30 - 80 cm per i suoli naturali o indisturbati e 20-30 cm al disotto dell'orizzonte arato Ap per i suoli agricoli). ⁽³⁾ Valore di fondo-naturale calcolato secondo la normativa ISO 19258/2005, corrisponde al 90° percentile della popolazione ricostruita di dati ottenuta dopo aver rimosso gli eventuali outliers. ⁽⁴⁾ Limiti di legge stabiliti D.Lgs. 152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, col A). ⁽⁵⁾ Soglia outliers = $Q3 + 1,5(Q3 - Q1)$.
 Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Figura 11

Concentrazione del Cromo (Cr)⁽¹⁾ nei suoli⁽²⁾ dell'area omogenea di concentrazione TO_09, confronto con valori di fondo⁽³⁾ (linea tratteggiata nera) e limiti di legge⁽⁴⁾ (linea continua rossa).

I – Delimitazione dell'area. II – Istogramma per classi di concentrazione, curva di distribuzione della popolazione di dati e box plot in mg/kg.

III – Statistica descrittiva, percentili e valori di fondo. IV – Curve di distribuzione cumulata di frequenza in percentili e box plot.



⁽¹⁾ Concentrazione in mg/kg riferita alla totalità dei materiali secchi della frazione inferiore a 2 mm comprensiva dello scheletro frazione 2 mm - 2 cm.

⁽²⁾ Elaborazione dei campioni di suolo B (30 - 80 cm per i suoli naturali o indisturbati e 20-30 cm al disotto dell'orizzonte arato Ap per i suoli agricoli).

⁽³⁾ Valore di fondo-naturale calcolato secondo la normativa ISO 19258/2005, corrisponde al 90° percentile della popolazione ricostruita di dati ottenuta dopo aver rimosso gli eventuali outliers.

⁽⁴⁾ Limiti di legge stabiliti D.Lgs. 152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, col A).

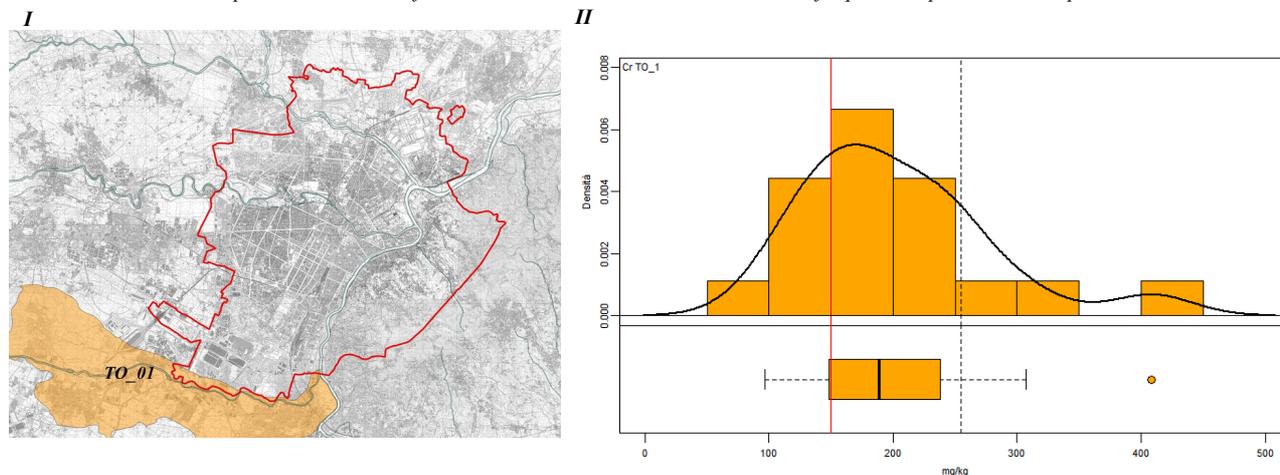
⁽⁵⁾ Soglia outliers = $Q3 + 1,5(Q3 - Q1)$.

Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Figura 12

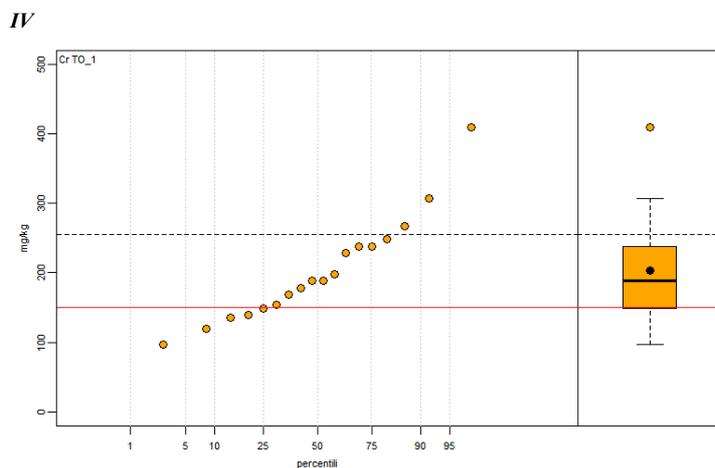
Concentrazione del Cromo (Cr)⁽¹⁾ nei suoli⁽²⁾ dell'area omogenea di concentrazione TO_01, confronto con valori di fondo⁽³⁾ (linea tratteggiata nera) e limiti di legge⁽⁴⁾ (linea continua rossa).

I – Delimitazione dell'area. II – Istogramma per classi di concentrazione, curva di distribuzione della popolazione di dati e box plot in mg/kg.
 III – Statistica descrittiva, percentili e valori di fondo. IV – Curve di distribuzione cumulata di frequenza in percentili e box plot.



III

Area omogenea		TO 01
Media	mg/kg	203
Dev. St	mg/kg	76
CV	-	0,4
Min	mg/kg	97
Max	mg/kg	409
25° percentile (Q1)	mg/kg	150
50° percentile	mg/kg	188
75° percentile (Q3)	mg/kg	238
90° percentile	mg/kg	279
95° percentile	mg/kg	322
Soglia outliers $\geq^{(5)}$	mg/kg	370
Outliers	n	1
Valore di fondo ⁽³⁾	mg/kg	255
Campioni	n	18
Limite di legge ⁽⁴⁾		150
> Limite di legge	n	13
	%	72



⁽¹⁾ Concentrazione in mg/kg riferita alla totalità dei materiali secchi della frazione inferiore a 2 mm comprensiva dello scheletro frazione 2 mm - 2 cm.

⁽²⁾ Elaborazione dei campioni di suolo B (30 - 80 cm per i suoli naturali o indisturbati e 20-30 cm al di sotto dell'orizzonte arato Ap per i suoli agricoli).

⁽³⁾ Valore di fondo-naturale calcolato secondo la normativa ISO 19258/2005, corrisponde al 90° percentile della popolazione ricostruita di dati ottenuta dopo aver rimosso gli eventuali outliers.

⁽⁴⁾ Limiti di legge stabiliti D.Lgs. 152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, col A).

⁽⁵⁾ Soglia outliers = $Q3 + 1,5(Q3 - Q1)$.

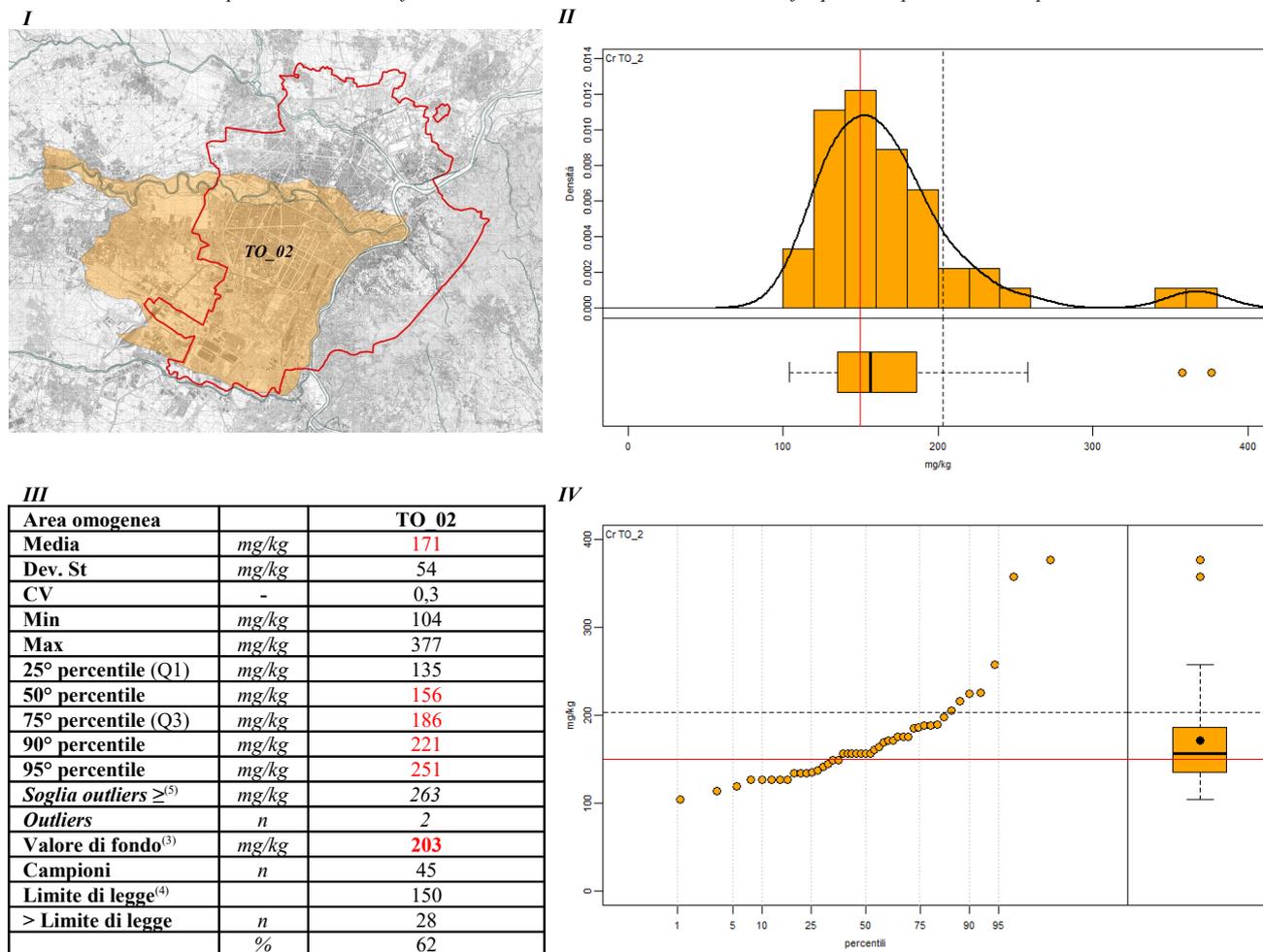
Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Figura 13

Concentrazione del Cromo (Cr)⁽¹⁾ nei suoli⁽²⁾ dell'area omogenea di concentrazione TO_02, confronto con valori di fondo⁽³⁾ (linea tratteggiata nera) e limiti di legge⁽⁴⁾ (linea continua rossa).

I – Delimitazione dell'area. II – Istogramma per classi di concentrazione, curva di distribuzione della popolazione di dati e box plot in mg/kg.

III – Statistica descrittiva, percentili e valori di fondo. IV – Curve di distribuzione cumulata di frequenza in percentili e box plot.



⁽¹⁾ Concentrazione in mg/kg riferita alla totalità dei materiali secchi della frazione inferiore a 2 mm comprensiva dello scheletro frazione 2 mm - 2 cm.

⁽²⁾ Elaborazione dei campioni di suolo B (30 - 80 cm per i suoli naturali o indisturbati e 20-30 cm al disotto dell'orizzonte arato Ap per i suoli agricoli).

⁽³⁾ Valore di *fondo-naturale* calcolato secondo la normativa ISO 19258/2005, corrisponde al 90° percentile della popolazione ricostruita di dati ottenuta dopo aver rimosso gli eventuali outliers.

⁽⁴⁾ Limiti di legge stabiliti D.Lgs. 152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, col A).

⁽⁵⁾ Soglia outliers = $Q3 + 1,5(Q3 - Q1)$.

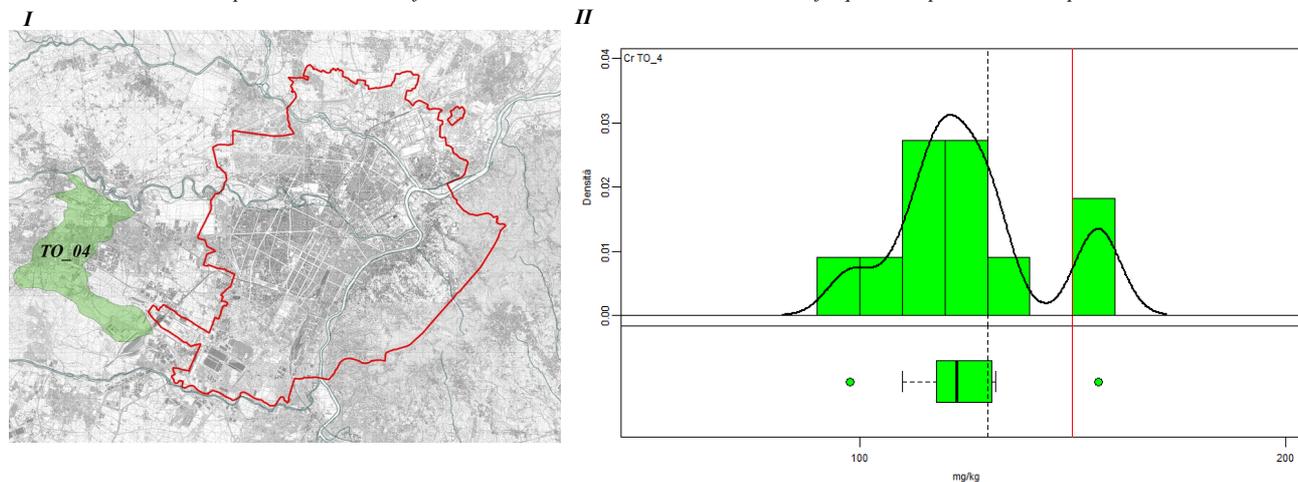
Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Figura 14

Concentrazione del Cromo (Cr)⁽¹⁾ nei suoli⁽²⁾ dell'area omogenea di concentrazione TO_04, confronto con valori di fondo⁽³⁾ (linea tratteggiata nera) e limiti di legge⁽⁴⁾ (linea continua rossa).

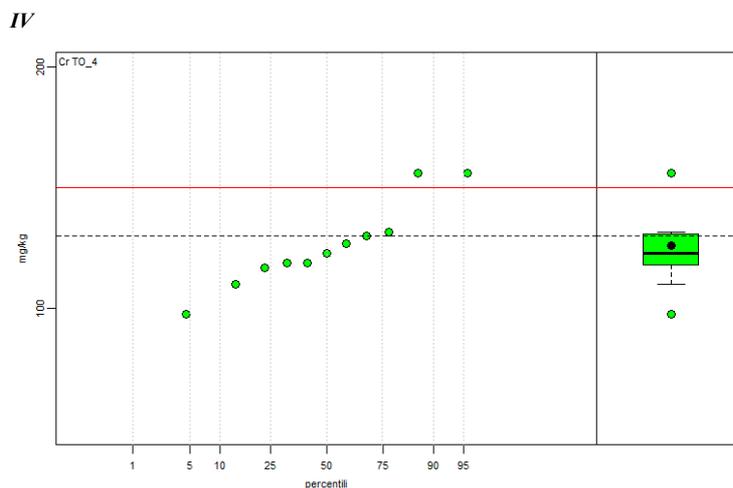
I – Delimitazione dell'area. II – Istogramma per classi di concentrazione, curva di distribuzione della popolazione di dati e box plot in mg/kg.

III - Statistica descrittiva, percentili e valori di fondo. IV - Curve di distribuzione cumulata di frequenza in percentili e box plot.



III

Area omogenea		TO_04
Media	mg/kg	126
Dev. St	mg/kg	18
CV	-	0,1
Min	mg/kg	98
Max	mg/kg	156
25° percentile (Q1)	mg/kg	118
50° percentile	mg/kg	123
75° percentile (Q3)	mg/kg	131
90° percentile	mg/kg	156
95° percentile	mg/kg	156
Soglia outliers $\geq^{(5)}$	mg/kg	150
Outliers	n	2
Valore di fondo ⁽³⁾	mg/kg	130
Campioni	n	11
Limite di legge ⁽⁴⁾		150
> Limite di legge	n	2
	%	18



⁽¹⁾ Concentrazione in mg/kg riferita alla totalità dei materiali secchi della frazione inferiore a 2 mm comprensiva dello scheletro frazione 2 mm - 2 cm.

⁽²⁾ Elaborazione dei campioni di suolo B (30 - 80 cm per i suoli naturali o indisturbati e 20-30 cm al disotto dell'orizzonte arato Ap per i suoli agricoli).

⁽³⁾ Valore di fondo-naturale calcolato secondo la normativa ISO 19258/2005, corrisponde al 90° percentile della popolazione ricostruita di dati ottenuta dopo aver rimosso gli eventuali outliers. ⁽⁴⁾ Limiti di legge stabiliti D.Lgs. 152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, col A). ⁽⁵⁾ Soglia outliers = $Q3 + 1,5(Q3 - Q1)$.

Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Nichel

In Figura 15 sono rappresentate le aree omogenee di concentrazione del Nichel in corrispondenza delle quali vengono forniti parametri di statistica descrittiva e calcolati i valori di fondo naturale.

In Figura 16 sono rappresentati i box plot della concentrazione in mg/kg per aree omogenee di concentrazione, messi a confronto con il limite di legge (120 mg/kg - linea orizzontale rossa) stabilito dal D.Lgs. 152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, col A).

In Tabella 3 sono riportati parametri di statistica descrittiva (media, deviazione standard, coefficiente di variazione, valori minimi, valori massimi, 25° - 50° - 75° - 90° e 95° percentile, soglia outliers), valori di fondo naturale, numero e percentuale di campioni che superano i limiti di legge. In rosso sono indicati i valori medi e percentili che superano il limite di legge, per aree omogenee di concentrazione.

Per le aree omogenee di concentrazione sono rappresentati (da Figura 17 a Figura 20) l'istogramma della densità di distribuzione per classi di concentrazione, la curva di densità della distribuzione e la curva di distribuzione cumulata di frequenza in percentili, confrontati con il valore di fondo naturale (linea tratteggiata nera) ed il limite di legge (linea continua rossa).

Per la concentrazione del Nichel è stato effettuato l'accorpamento delle aree omogenee limitrofe TO_1 e TO_2. L'omogeneità delle popolazioni accorpate è stata verificata attraverso confronto tra popolazioni con test statistici (t-test per campioni indipendenti) e metodi grafici (curve della densità di distribuzione, Box plot, Curve di distribuzione cumulata di frequenza).

Le aree omogenee di concentrazione della zona nord del comune di Torino e cintura (Ni_TO_7, Ni_TO_8, Ni_TO_9, Ni_TO_10) presentano concentrazioni medie, mediane e valori di fondo molto elevati con superamento del limite di legge in prossimità del 25° percentile.

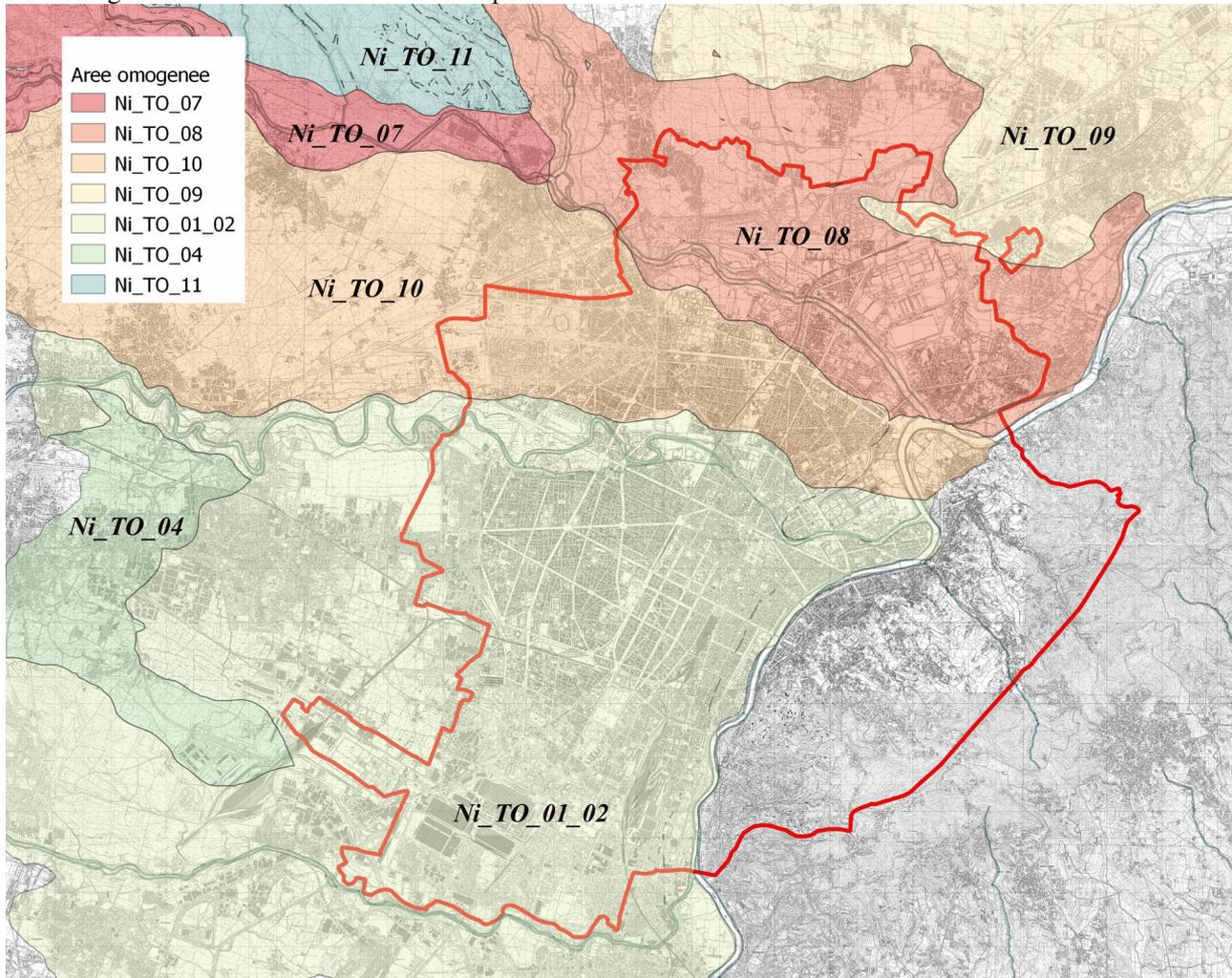
L'area omogenea di concentrazione Ni_TO_1_2 che interessa la zona sud del comune di Torino, presentano concentrazioni medie, mediane e valori di fondo elevati con superamento dei limiti di legge al 50° percentile.

L'area omogenea Ni_TO_4 presenta valori medi, mediani (50° percentile) e valori di fondo ampiamente al di sotto dei limiti.

Per il basso numero di campioni, dovuto alle dimensioni ridotte della superficie interessata rispetto alla densità di campionamento, nelle aree omogenee di concentrazione Ni_TO_7 e Ni_TO_11 non sono stati determinati i valori di fondo.

Figura 15

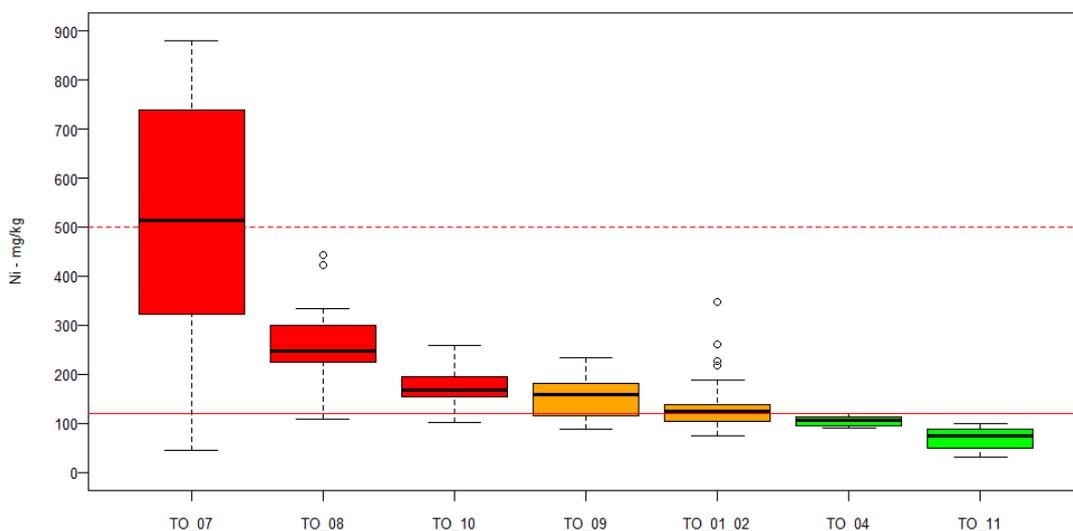
Aree omogenee della concentrazione di Nichel per i suoli^(*) del comune di Torino e cintura.



Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Figura 16

Box plot della concentrazione di Nichel (Ni) in mg/kg⁽¹⁾ nei suoli⁽²⁾ del comune di Torino e cintura per aree omogenee di concentrazione e confronto con i limiti di legge⁽³⁾ (linee orizzontali rosse).



⁽¹⁾ Concentrazione riferita alla totalità dei materiali secchi della frazione inferiore a 2 mm comprensiva dello scheletro frazione 2 mm - 2 cm.

⁽²⁾ Elaborazione dei campioni di suolo B (30 - 60 cm per i suoli naturali o indisturbati e 20 cm al disotto dell'orizzonte arato Ap per i suoli agricoli)

⁽³⁾ Limiti di legge stabiliti D.Lgs. 152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (120 mg/kg - Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, col A) e ad uso commerciale e industriale (500 mg/kg - Parte IV, Tabella 1, col B)..

Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Tabella 3

Statistica descrittiva, percentili, valori di fondo⁽¹⁾ e confronto con il limite di legge⁽²⁾ della concentrazione di Nichel (Ni) in mg/kg⁽³⁾ per aree omogenee di concentrazione dei suoli⁽⁴⁾ del comune di Torino e cintura.

Aree omogenee		Ni						
		TO 07	TO 08	TO 10	TO 09	TO 01 02	TO 04	TO 11
Media	mg/kg	536	262	177	155	131	105	69
Dev. St	mg/kg	253	72	41	46	46	11	26
CV	-	0,5	0,3	0,2	0,3	0,4	0,1	0,4
Min	mg/kg	235	109	102	87	75	90	31
Max	mg/kg	879	444	258	235	347	120	100
25° percentile (Q1)	mg/kg	322	224	154	119	104	98	54
50° percentile	mg/kg	513	247	168	159	124	105	74
75° percentile (Q3)	mg/kg	739	299	196	180	138	110	85
90° percentile	mg/kg	799	329	240	219	172	118	94
95° percentile	mg/kg	839	409	246	228	220	119	97
Soglia outliers \geq ⁽⁵⁾	mg/kg	1363	411	259	272	189	128	132
Outliers	n	0	2	0	0	4	0	0
Valore di fondo ⁽¹⁾	mg/kg	- ⁽⁶⁾	307	240	219	153	- ⁽⁶⁾	- ⁽⁶⁾
Campioni	n	7	24	21	12	58	8	6
> Limite di legge ⁽²⁾	n	7	23	20	9	30	0	0
	%	100	96	95	75	52	0	0

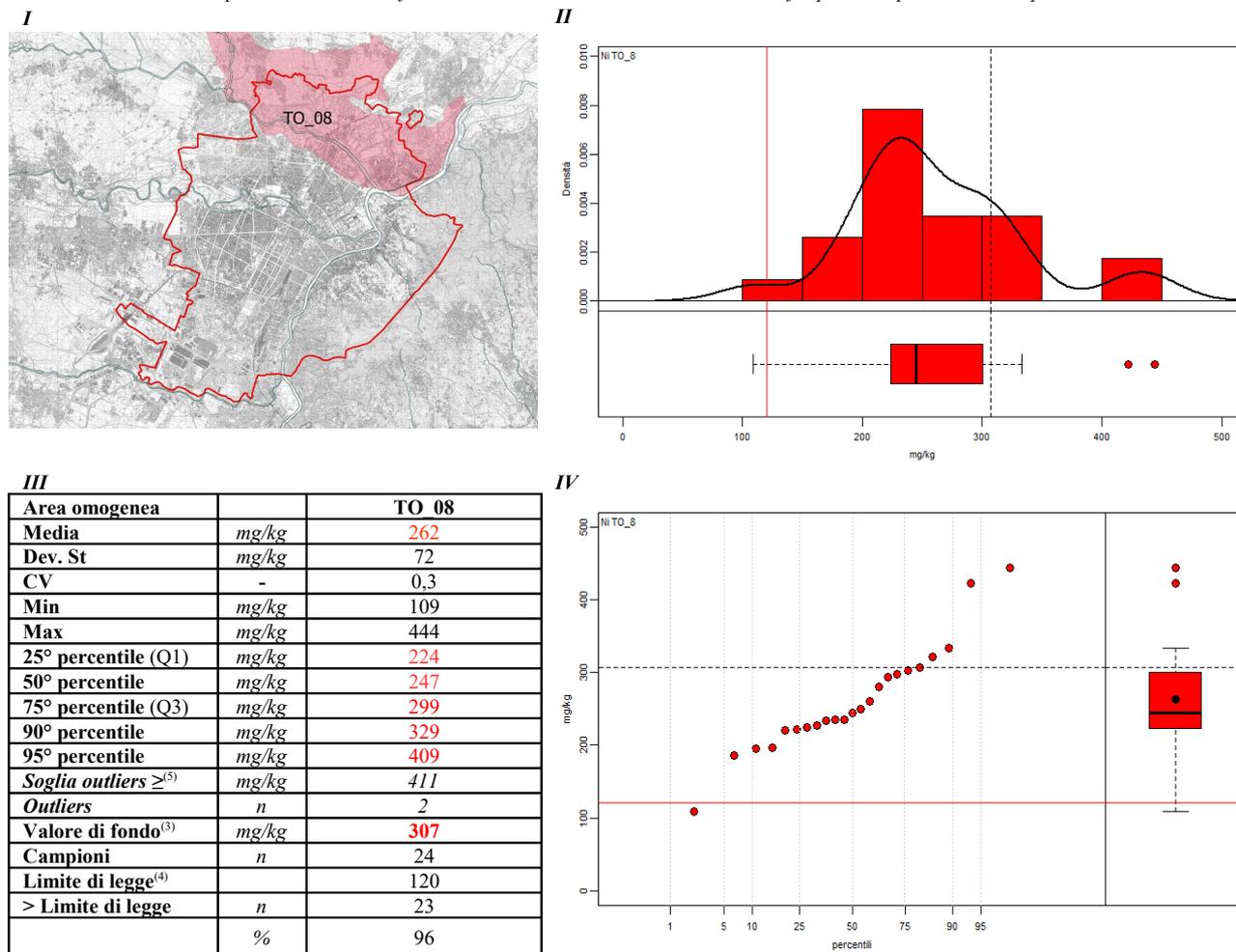
⁽¹⁾ Valore di fondo-naturale calcolato al 90° percentile della popolazione ricostruita di dati, ottenuta dopo aver rimosso gli eventuali outliers. ⁽²⁾ Limite di legge D.Lgs. 152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (120 mg/kg - Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, col A). ⁽³⁾ Concentrazione riferita alla totalità dei materiali secchi della frazione inferiore a 2 mm comprensiva dello scheletro frazione 2 cm - 2 mm. ⁽⁴⁾ Elaborazione dei campioni di suolo B (30 - 80 cm per i suoli naturali o indisturbati e 20 cm al disotto dell'orizzonte arato Ap per i suoli agricoli). ⁽⁵⁾ Soglia outliers = $Q3+1,5(Q3-Q1)$. ⁽⁶⁾ Valore di fondo non determinato per numero insufficiente di campioni.

Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Figura 17

Concentrazione del Nichel (Ni)⁽¹⁾ nei suoli⁽²⁾ dell'area omogenea di concentrazione TO_08, confronto con valori di fondo⁽³⁾ (linea tratteggiata nera) e limiti di legge⁽⁴⁾ (linea continua rossa).

I – Delimitazione dell'area. II – Istogramma per classi di concentrazione, curva di distribuzione della popolazione di dati e box plot in mg/kg.
 III - Statistica descrittiva, percentili e valori di fondo. IV - Curve di distribuzione cumulata di frequenza in percentili e box plot.



⁽¹⁾ Concentrazione in mg/kg riferita alla totalità dei materiali secchi della frazione inferiore a 2 mm comprensiva dello scheletro frazione 2 mm - 2 cm.
⁽²⁾ Elaborazione dei campioni di suolo B (30 - 80 cm per i suoli naturali o indisturbati e 20-30 cm al di sotto dell'orizzonte arato Ap per i suoli agricoli). ⁽³⁾ Valore di fondo-naturale calcolato secondo la normativa ISO 19258/2005, corrisponde al 90° percentile della popolazione ricostruita di dati ottenuta dopo aver rimosso gli eventuali outliers. ⁽⁴⁾ Limiti di legge stabiliti D.Lgs. 152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, col A). ⁽⁵⁾ Soglia outliers = $Q3 + 1,5(Q3 - Q1)$.

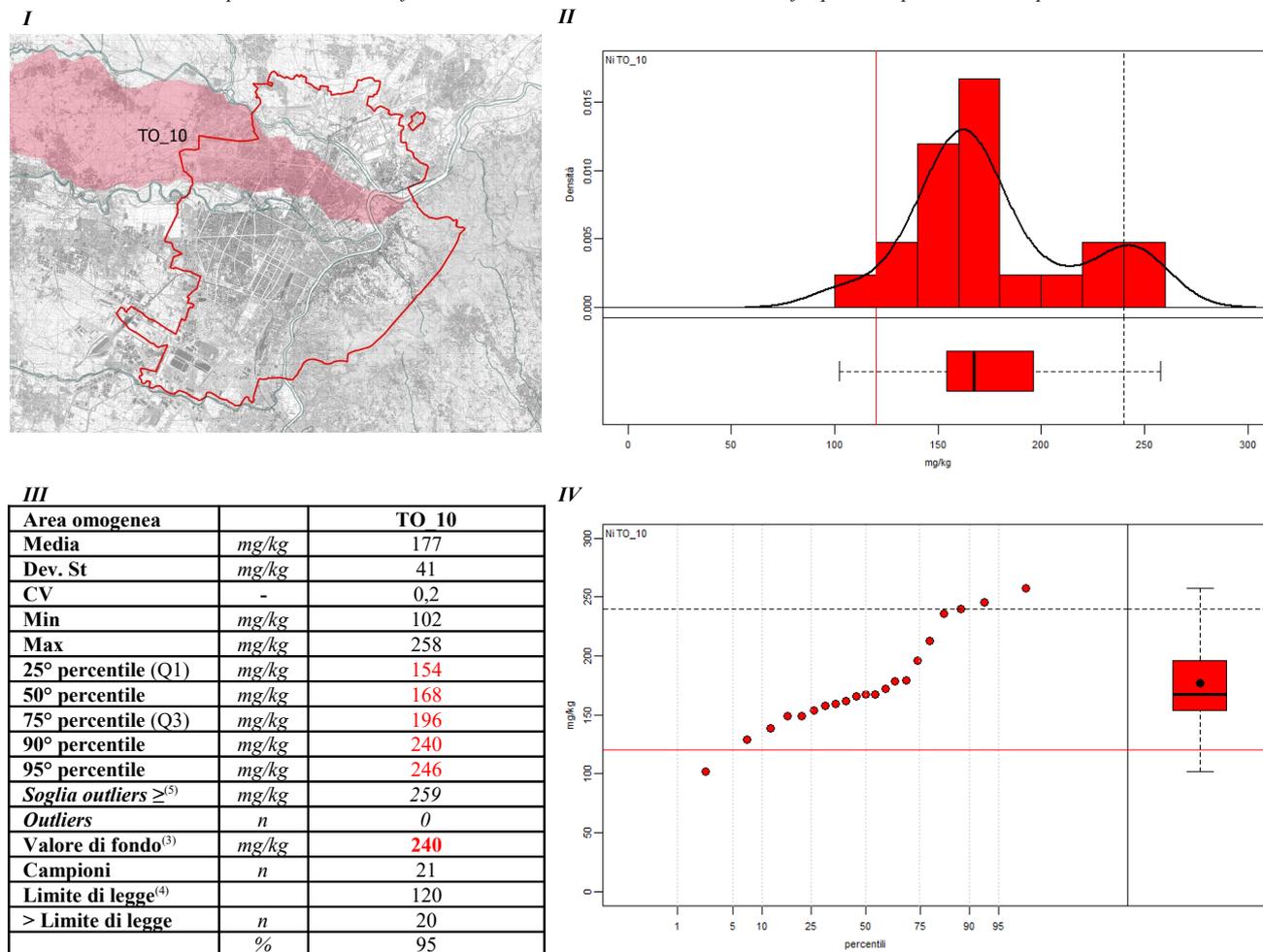
Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Figura 18

Concentrazione del Nichel (Ni)⁽¹⁾ nei suoli⁽²⁾ dell'area omogenea di concentrazione TO_10, confronto con valori di fondo⁽³⁾ (linea tratteggiata nera) e limiti di legge⁽⁴⁾ (linea continua rossa).

I – Delimitazione dell'area. II – Istogramma per classi di concentrazione, curva di distribuzione della popolazione di dati e box plot in mg/kg.

III – Statistica descrittiva, percentili e valori di fondo. IV – Curve di distribuzione cumulata di frequenza in percentili e box plot.



⁽¹⁾ Concentrazione in mg/kg riferita alla totalità dei materiali secchi della frazione inferiore a 2 mm comprensiva dello scheletro frazione 2 mm - 2 cm.

⁽²⁾ Elaborazione dei campioni di suolo B (30 - 80 cm per i suoli naturali o indisturbati e 20-30 cm al disotto dell'orizzonte arato Ap per i suoli agricoli).

⁽³⁾ Valore di *fondo-naturale* calcolato secondo la normativa ISO 19258/2005, corrisponde al 90° percentile della popolazione ricostruita di dati ottenuta dopo aver rimosso gli eventuali outliers.

⁽⁴⁾ Limiti di legge stabiliti D.Lgs. 152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, col A).

⁽⁵⁾ Soglia outliers = $Q3 + 1,5(Q3 - Q1)$.

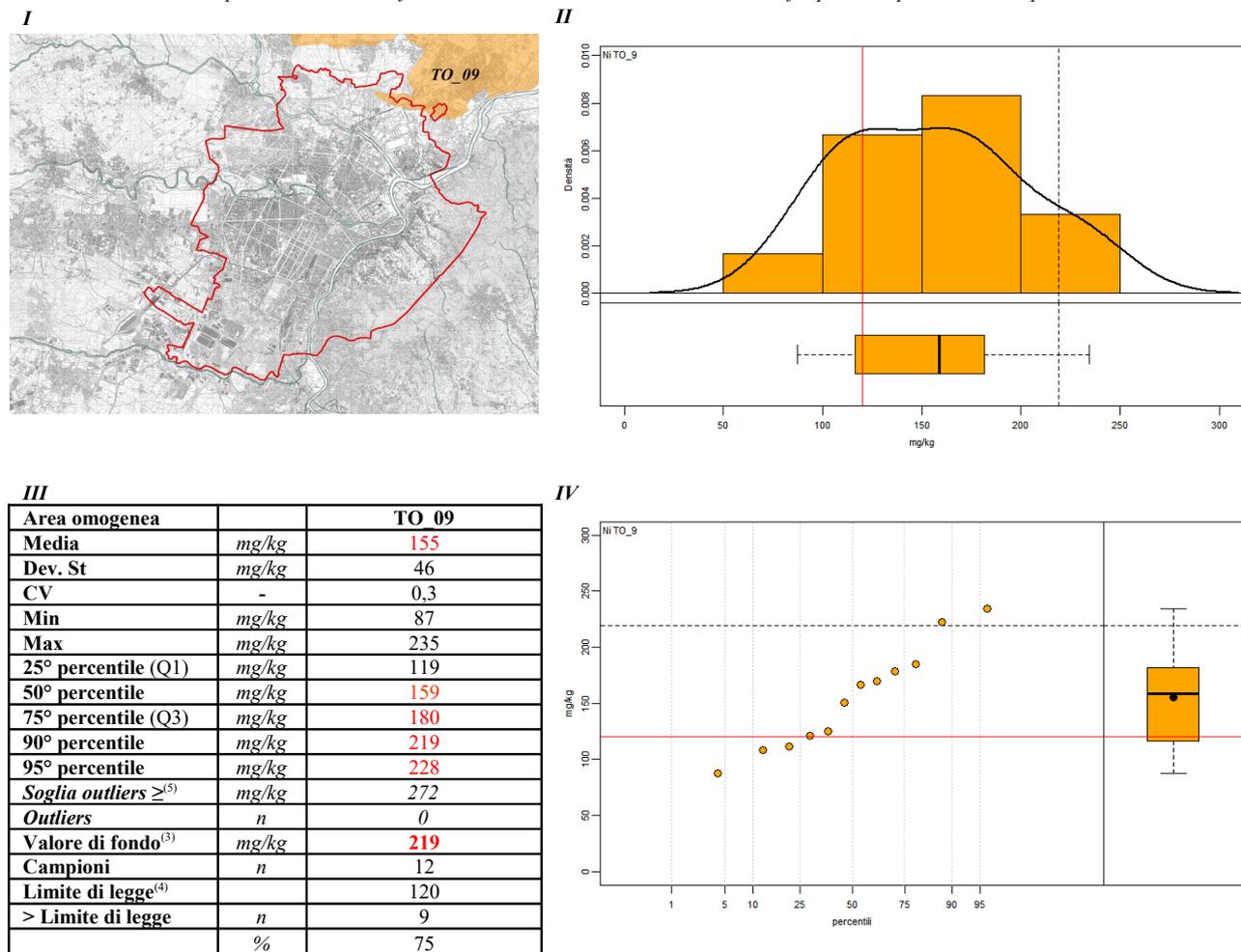
Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Figura 19

Concentrazione del Nichel (Ni)⁽¹⁾ nei suoli⁽²⁾ dell'area omogenea di concentrazione TO_09, confronto con valori di fondo⁽³⁾ (linea tratteggiata nera) e limiti di legge⁽⁴⁾ (linea continua rossa).

I – Delimitazione dell'area. II – Istogramma per classi di concentrazione, curva di distribuzione della popolazione di dati e box plot in mg/kg.

III - Statistica descrittiva, percentili e valori di fondo. IV - Curve di distribuzione cumulata di frequenza in percentili e box plot.



⁽¹⁾ Concentrazione in mg/kg riferita alla totalità dei materiali secchi della frazione inferiore a 2 mm comprensiva dello scheletro frazione 2 mm - 2 cm.

⁽²⁾ Elaborazione dei campioni di suolo B (30 - 80 cm per i suoli naturali o indisturbati e 20-30 cm al di sotto dell'orizzonte arato Ap per i suoli agricoli).

⁽³⁾ Valore di fondo-naturale calcolato secondo la normativa ISO 19258/2005, corrisponde al 90° percentile della popolazione ricostruita di dati ottenuta dopo aver rimosso gli eventuali outliers.

⁽⁴⁾ Limiti di legge stabiliti D.Lgs. 152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, col A).

⁽⁵⁾ Soglia outliers = $Q3 + 1,5(Q3 - Q1)$.

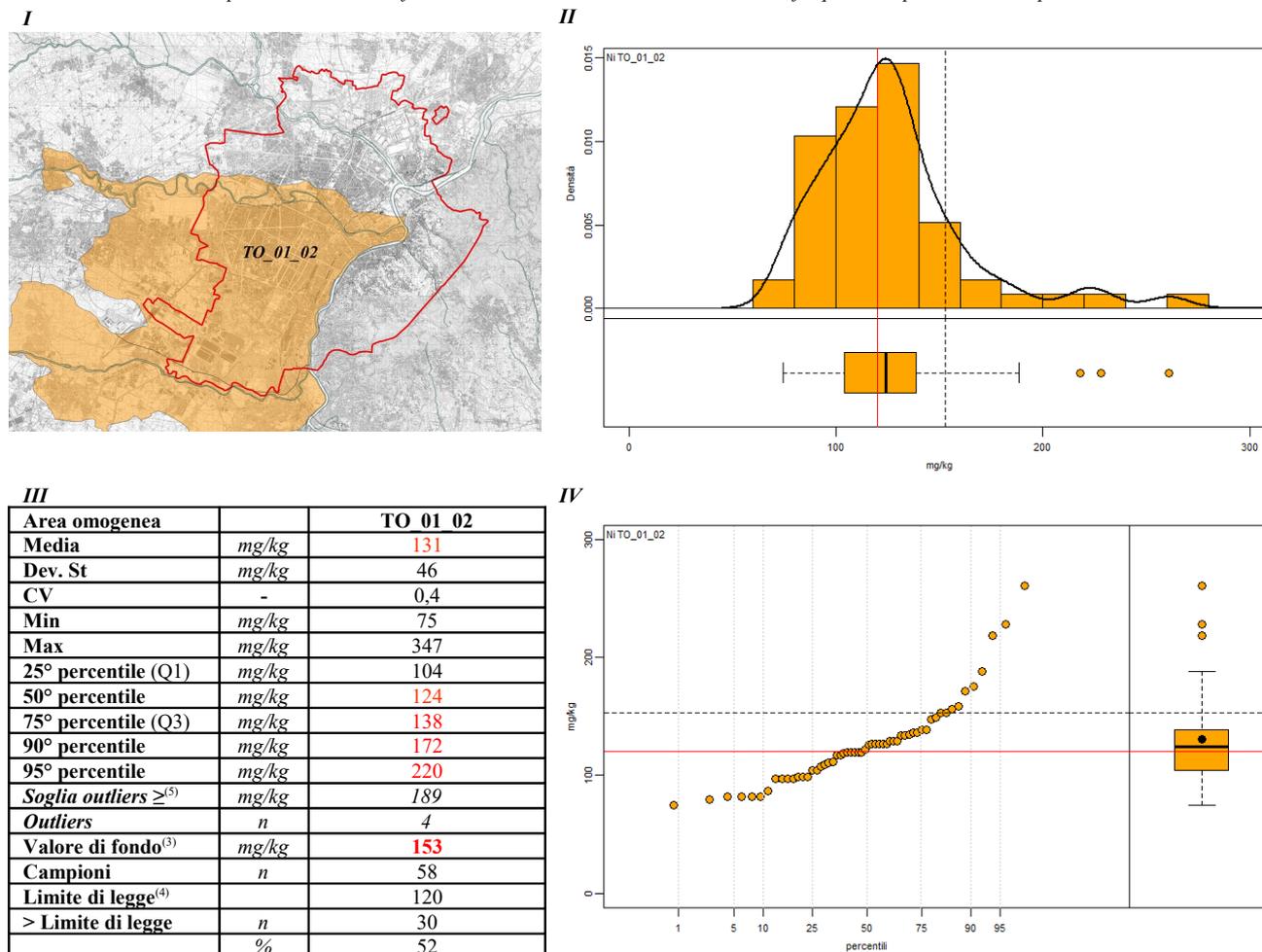
Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Figura 20

Concentrazione del Nichel (Ni)⁽¹⁾ nei suoli⁽²⁾ dell'area omogenea di concentrazione TO_01_02, confronto con valori di fondo⁽³⁾ (linea tratteggiata nera) e limiti di legge⁽⁴⁾ (linea continua rossa).

I – Delimitazione dell'area. II – Istogramma per classi di concentrazione, curva di distribuzione della popolazione di dati e box plot in mg/kg.

III – Statistica descrittiva, percentili e valori di fondo. IV – Curve di distribuzione cumulata di frequenza in percentili e box plot.



⁽¹⁾ Concentrazione in mg/kg riferita alla totalità dei materiali secchi della frazione inferiore a 2 mm comprensiva dello scheletro frazione 2 mm - 2 cm.

⁽²⁾ Elaborazione dei campioni di suolo B (30 - 80 cm per i suoli naturali o indisturbati e 20-30 cm al disotto dell'orizzonte arato Ap per i suoli agricoli).

⁽³⁾ Valore di *fondo-naturale* calcolato secondo la normativa ISO 19258/2005, corrisponde al 90° percentile della popolazione ricostruita di dati ottenuta dopo aver rimosso gli eventuali outliers.

⁽⁴⁾ Limiti di legge stabiliti D.Lgs. 152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, col A).

⁽⁵⁾ Soglia outliers = $Q3 + 1,5(Q3 - Q1)$.

Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Cobalto

In Figura 21 sono rappresentate le aree omogenee della concentrazione di Cobalto in corrispondenza delle quali vengono forniti parametri di statistica descrittiva e calcolati i valori di fondo naturale.

In Figura 22 sono rappresentati i box plot della concentrazione in mg/kg per aree omogenee di concentrazione, messi a confronto con il limite di legge (20 mg/kg - linea orizzontale rossa) stabilito dal D.Lgs. 152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, col A).

In Tabella 4 sono riportati parametri di statistica descrittiva (media, deviazione standard, coefficiente di variazione, valori minimi, valori massimi, 25° - 50° - 75° - 90° e 95° percentile, soglia outliers), valori di fondo naturale, numero e percentuale di campioni che superano i limiti di legge. In rosso sono indicati i valori medi e percentili che superano il limite di legge, per aree omogenee di concentrazione.

Per le aree omogenee di concentrazione da Figura 23 a Figura 25 sono rappresentati l'istogramma della densità di distribuzione per classi di concentrazione, la curva di densità della distribuzione e la curva di distribuzione cumulata di frequenza in percentili, confrontati con il valore di fondo naturale (linea tratteggiata nera) ed il limite di legge (linea continua rossa).

Per la concentrazione del Cobalto è stato effettuato l'accorpamento delle aree omogenee limitrofe TO_1 - TO_2 - TO_4 e TO_8 - TO_10. L'omogeneità delle popolazioni accorpate è stata verificata attraverso confronto tra popolazioni con test statistici (t-test per campioni indipendenti) e metodi grafici (curve della densità di distribuzione, Box plot, Curve di distribuzione cumulata di frequenza).

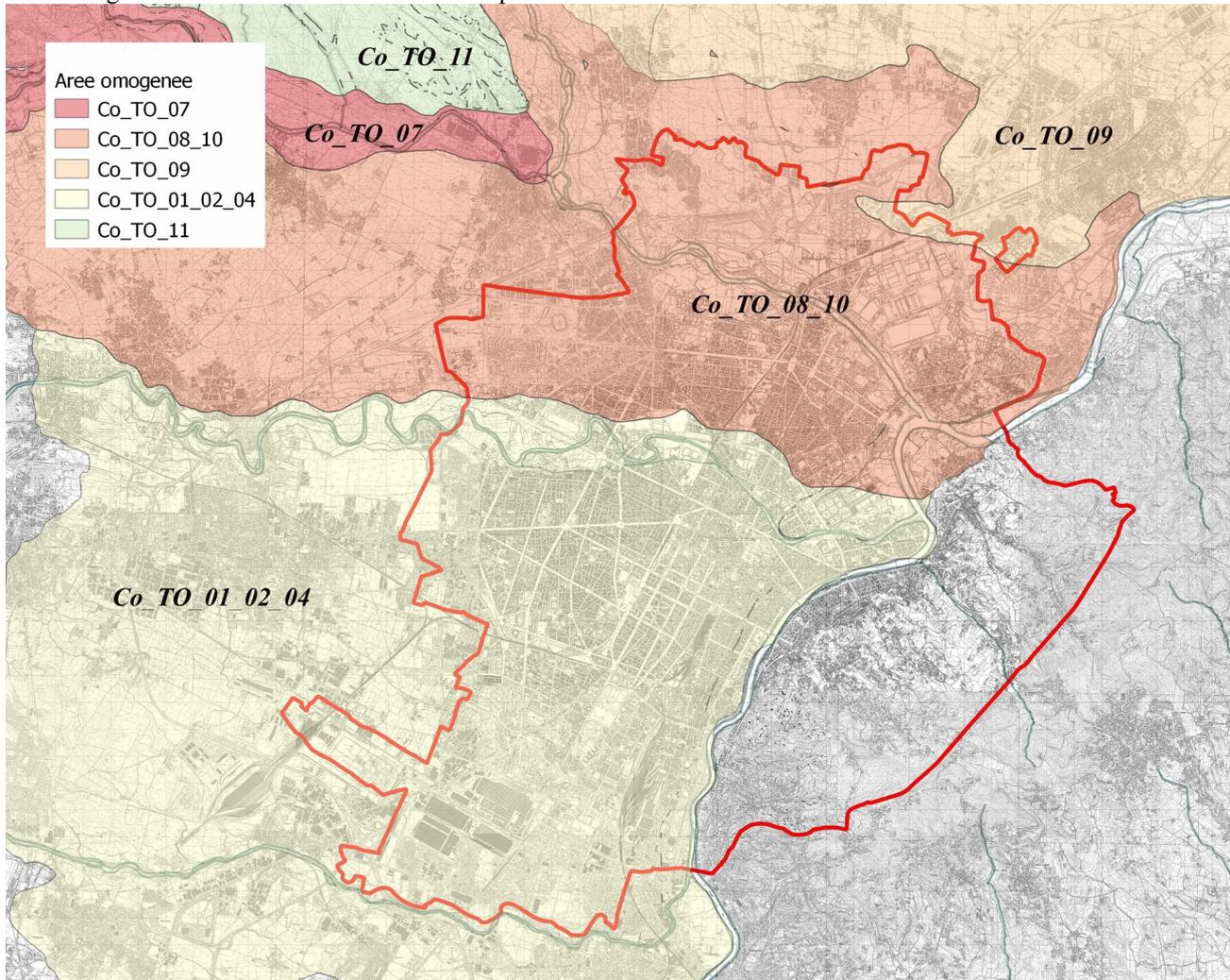
Le aree omogenee di concentrazione della zona nord del comune di Torino e cintura (Co_TO_7 e Co_TO_8_10) presentano concentrazioni medie, mediane e valori di fondo naturale molto elevati con superamento del limite di in prossimità del 25° percentile.

L'area omogenea Co_TO_01_02_04 presenta valori medi, mediani (50° percentile) e valori di fondo naturale ampiamente al di sotto dei limiti di legge.

Per il basso numero di campioni, dovuto alle dimensioni ridotte della superficie interessata rispetto alla densità di campionamento, nelle aree omogenee di concentrazione Co_TO_7 e Co_TO_11 non sono stati determinati i valori di fondo.

Figura 21

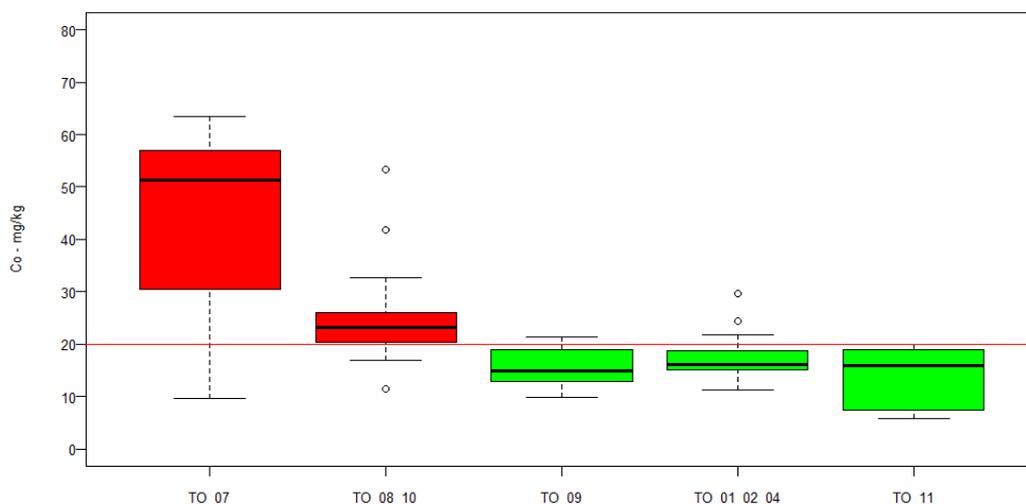
Aree omogenee della concentrazione di Cobalto per i suoli(*) del comune di Torino e cintura.



Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Figura 22

Box plot della concentrazione di Cobalto (Co) in mg/kg⁽¹⁾ nei suoli⁽²⁾ del comune di Torino e cintura per aree omogenee di concentrazione e confronto con i limiti di legge⁽³⁾ (linea orizzontale rossa).



⁽¹⁾ Concentrazione riferita alla totalità dei materiali secchi della frazione inferiore a 2 mm comprensiva dello scheletro frazione 2 mm - 2 cm.

⁽²⁾ Elaborazione dei campioni di suolo B (30 - 60 cm per i suoli naturali o indisturbati e 20 cm al disotto dell'orizzonte arato Ap per i suoli agricoli)

⁽³⁾ Limite di legge stabilito D.Lgs. 152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (20 mg/kg . Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, col A).

Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Tabella 4

Statistica descrittiva, percentili, valori di fondo⁽¹⁾ e confronto con il limite di legge⁽²⁾ della concentrazione di Cobalto (Co) in mg/kg⁽³⁾ per aree omogenee di concentrazione dei suoli⁽⁴⁾ del comune di Torino e cintura.

Aree omogenee		Co				
		TO 07	TO 08 10	TO 09	TO 01 02 04	TO 11
Media	mg/kg	45	24	15	17	14
Dev. St	mg/kg	16	7	4	3	6
CV	-	0,4	0,3	0,3	0,2	0,4
Min	mg/kg	23	11	10	11	6
Max	mg/kg	63	53	21	30	20
25° percentile (Q1)	mg/kg	30	21	13	15	9
50° percentile	mg/kg	51	23	15	16	16
75° percentile (Q3)	mg/kg	57	26	19	19	18
90° percentile	mg/kg	61	29	20	21	20
95° percentile	mg/kg	62	32	21	22	20
Soglia outliers \geq ⁽⁵⁾	mg/kg	97	34	28	24	32
Outliers	n	0	2	0	2	0
Valore di fondo ⁽¹⁾	mg/kg	- ⁽⁶⁾	28	20	20	- ⁽⁶⁾
Campioni	n	7	44	12	50	6
> Limite di legge ⁽²⁾	n	7	34	2	7	0
	%	100	77	17	14	0

⁽¹⁾ Valore di fondo-naturale calcolato al 90° percentile della popolazione ricostruita di dati, ottenuta dopo aver rimosso gli eventuali outliers. ⁽²⁾ Limite di legge D.Lgs. 152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (20 mg/kg - Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, col A). ⁽³⁾ Concentrazione riferita alla totalità dei materiali secchi della frazione inferiore a 2 mm comprensiva dello scheletro frazione 2 cm - 2 mm. ⁽⁴⁾ Elaborazione dei campioni di suolo B (30 - 80 cm per i suoli naturali o indisturbati e 20 cm al disotto dell'orizzonte arato Ap per i suoli agricoli). ⁽⁵⁾ Soglia outliers = $Q3 + 1,5(Q3 - Q1)$. ⁽⁶⁾ Valore di fondo non determinato per numero insufficiente di campioni.

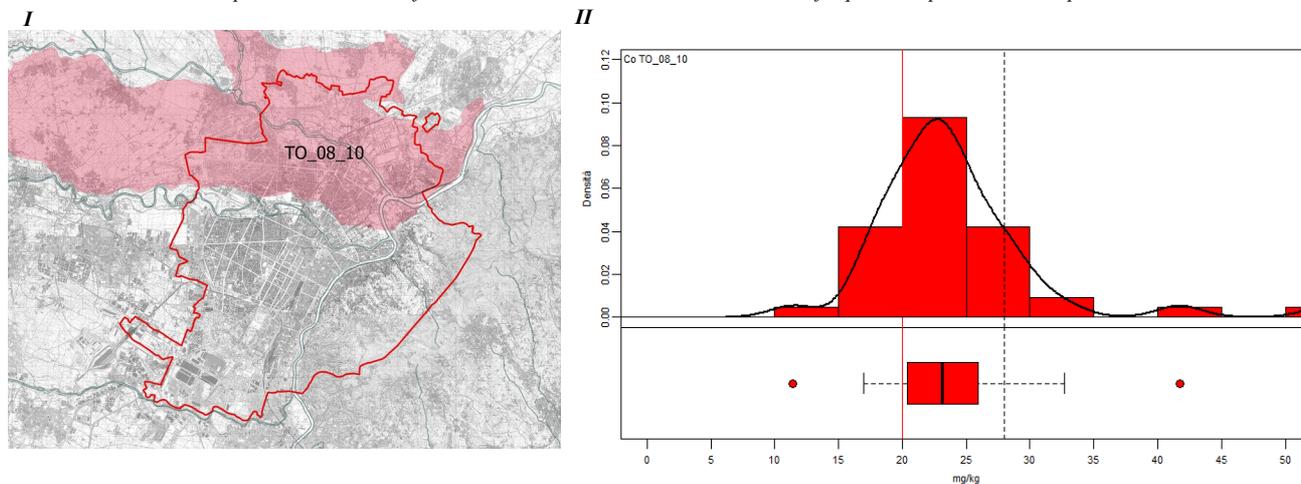
Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Figura 23

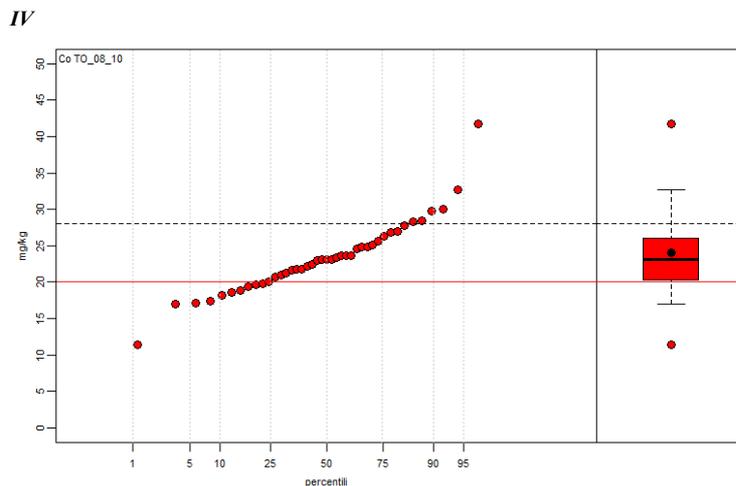
Concentrazione del Cobalto (Co)⁽¹⁾ nei suoli⁽²⁾ dell'area omogenea di concentrazione TO_08_10, confronto con valori di fondo⁽³⁾ (linea tratteggiata nera) e limiti di legge⁽⁴⁾ (linea continua rossa).

I – Delimitazione dell'area. II – Istogramma per classi di concentrazione, curva di distribuzione della popolazione di dati e box plot in mg/kg.

III - Statistica descrittiva, percentili e valori di fondo. IV - Curve di distribuzione cumulata di frequenza in percentili e box plot.



Area omogenea		TO 08 10
Media	mg/kg	24
Dev. St	mg/kg	7
CV	-	0,3
Min	mg/kg	11
Max	mg/kg	53
25° percentile (Q1)	mg/kg	21
50° percentile	mg/kg	23
75° percentile (Q3)	mg/kg	26
90° percentile	mg/kg	29
95° percentile	mg/kg	32
Soglia outliers $\geq^{(5)}$	mg/kg	34
Outliers	n	2
Valore di fondo ⁽³⁾	mg/kg	28
Campioni	n	44
Limite di legge ⁽⁴⁾		21
> Limite di legge	n	34
	%	77



⁽¹⁾ Concentrazione in mg/kg riferita alla totalità dei materiali secchi della frazione inferiore a 2 mm comprensiva dello scheletro frazione 2 mm - 2 cm.

⁽²⁾ Elaborazione dei campioni di suolo B (30 - 80 cm per i suoli naturali o indisturbati e 20-30 cm al disotto dell'orizzonte arato Ap per i suoli agricoli).

⁽³⁾ Valore di fondo-naturale calcolato secondo la normativa ISO 19258/2005, corrisponde al 90° percentile della popolazione ricostruita di dati ottenuta dopo aver rimosso gli eventuali outliers.

⁽⁴⁾ Limiti di legge stabiliti D.Lgs. 152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, col A).

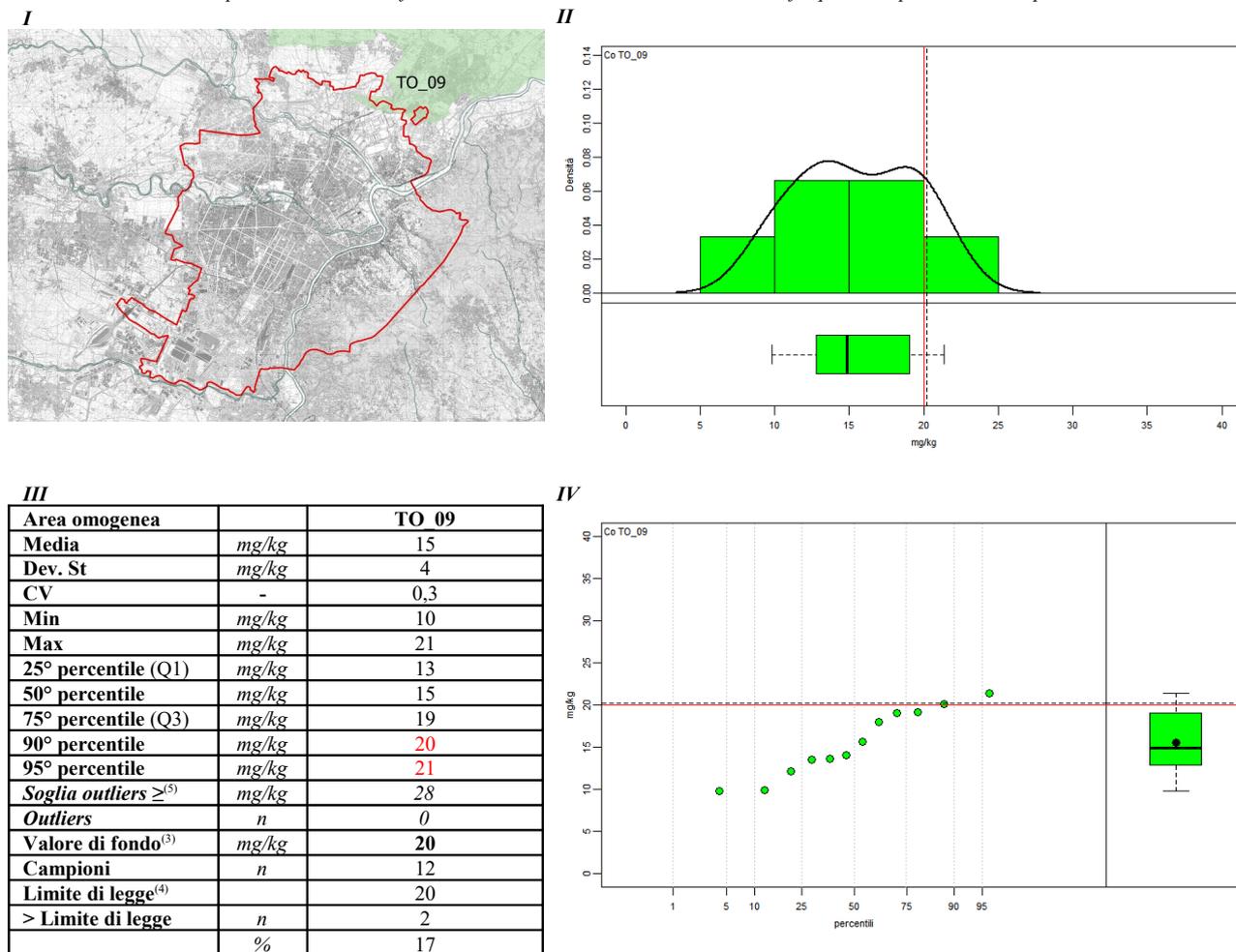
⁽⁵⁾ Soglia outliers = $Q3 + 1,5(Q3 - Q1)$.

Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Figura 24

Concentrazione del Cobalto (Co)⁽¹⁾ nei suoli⁽²⁾ dell'area omogenea di concentrazione TO_09, confronto con valori di fondo⁽³⁾ (linea tratteggiata nera) e limiti di legge⁽⁴⁾ (linea continua rossa).

I – Delimitazione dell'area. II – Istogramma per classi di concentrazione, curva di distribuzione della popolazione di dati e box plot in mg/kg. III - Statistica descrittiva, percentili e valori di fondo. IV - Curve di distribuzione cumulata di frequenza in percentili e box plot.



⁽¹⁾ Concentrazione in mg/kg riferita alla totalità dei materiali secchi della frazione inferiore a 2 mm comprensiva dello scheletro frazione 2 mm - 2 cm.
⁽²⁾ Elaborazione dei campioni di suolo B (30 - 80 cm per i suoli naturali o indisturbati e 20-30 cm al di sotto dell'orizzonte arato Ap per i suoli agricoli). ⁽³⁾ Valore di fondo-naturale calcolato secondo la normativa ISO 19258/2005, corrisponde al 90° percentile della popolazione ricostruita di dati ottenuta dopo aver rimosso gli eventuali outliers. ⁽⁴⁾ Limiti di legge stabiliti D.Lgs. 152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, col A). ⁽⁵⁾ Soglia outliers = $Q3 + 1,5(Q3 - Q1)$.

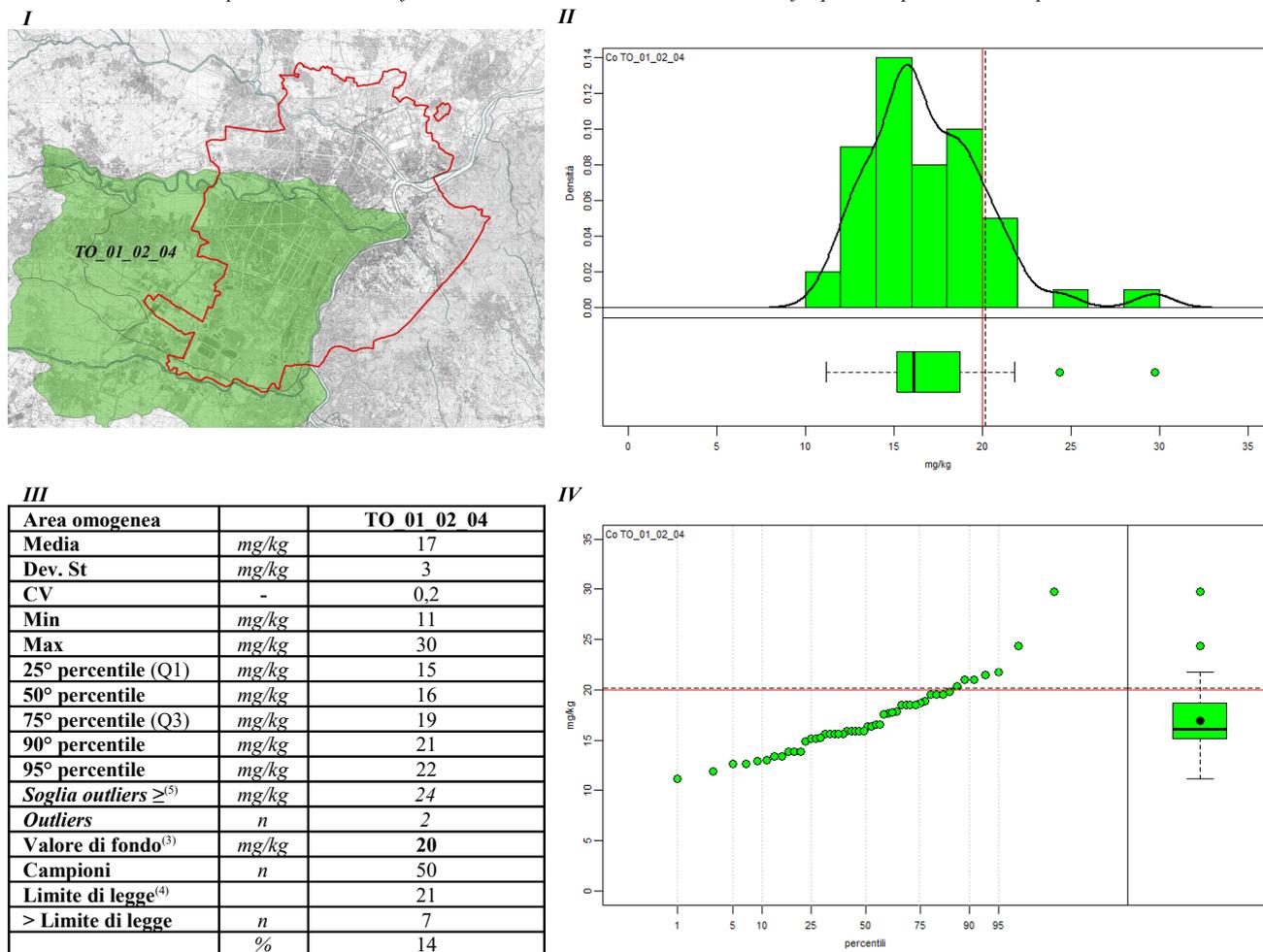
Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Figura 25

Concentrazione del Cobalto (Co)⁽¹⁾ nei suoli⁽²⁾ dell'area omogenea di concentrazione TO_01_02_04, confronto con valori di fondo⁽³⁾ (linea tratteggiata nera) e limiti di legge⁽⁴⁾ (linea continua rossa).

I – Delimitazione dell'area. II – Istogramma per classi di concentrazione, curva di distribuzione della popolazione di dati e box plot in mg/kg.

III – Statistica descrittiva, percentili e valori di fondo. IV – Curve di distribuzione cumulata di frequenza in percentili e box plot.



⁽¹⁾ Concentrazione in mg/kg riferita alla totalità dei materiali secchi della frazione inferiore a 2 mm comprensiva dello scheletro frazione 2 mm - 2 cm.
⁽²⁾ Elaborazione dei campioni di suolo B (30 - 80 cm per i suoli naturali o indisturbati e 20-30 cm al disotto dell'orizzonte arato Ap per i suoli agricoli).
⁽³⁾ Valore di fondo-naturale calcolato secondo la normativa ISO 19258/2005, corrisponde al 90° percentile della popolazione ricostruita di dati ottenuta dopo aver rimosso gli eventuali outliers.
⁽⁴⁾ Limiti di legge stabiliti D.Lgs. 152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, col A).
⁽⁵⁾ Soglia outliers = $Q3 + 1,5(Q3 - Q1)$.
 Fonte: Arpa Piemonte - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli (Dati aggiornati - Dicembre 2019).

Utilizzo dei dati nell'ambito della normativa vigente

I parametri statistici ed i valori di fondo forniti per i suoli del comune di Torino e cintura sono da utilizzare come fondamentale elemento scientifico di riferimento e confronto nell'ambito delle indagini preliminari sito specifiche richieste dalla normativa vigente riguardante il suolo.

Per il confronto tra dati della rete di monitoraggio e quelli del sito/area di interesse è opportuno considerare:

- Le concentrazioni dei contaminanti sono riferite alla totalità dei materiali secchi della frazione inferiore a 2 mm, comprensiva dello scheletro frazione 2 cm - 2 mm. I parametri statistici forniti sono quindi direttamente confrontabili con le indagini preliminari sito specifiche richieste dalla normativa (D.Lgs. 152/06, D.P.R. 120/2017, D.M. 46/2019);
- I parametri statistici forniti per aree omogenee di concentrazione possono essere utilizzati come riferimento per lo strato superficiale interessato da processi chimici, fisici e biologici della pedogenesi, per una profondità coerente con le profondità di campionamento utilizzate nel presente studio. Nell'ambito dell'applicazione della normativa (D.Lgs. 152/06, D.P.R. 120/2017, D.M. 46/2019), i parametri statistici forniti sono rappresentativi dello strato superficiale 0-100 cm;
- Le aree omogenee di concentrazione individuate sono comparabili con la definizione riportata dal D.P.R. 120/2017 di *“ambito territoriale con fondo naturale”*: *porzione di territorio geograficamente individuabile in cui può essere dimostrato che un valore di concentrazione di una o più sostanze nel suolo, superiore alle concentrazioni soglia di contaminazione del D.Lgs. 152/06, sia ascrivibile a fenomeni naturali legati alla specifica pedogenesi del territorio stesso, alle sue caratteristiche litologiche e alle condizioni chimico-fisiche presenti*;
- I parametri statistici forniti sono utilizzabili in base a quanto stabilito nell'articolo 11 comma 1 del D.P.R. 120/2017: *“Il piano di indagine può fare riferimento anche ai dati pubblicati e validati dall'Agenzia di protezione ambientale territorialmente competente relativi all'area oggetto di indagine”*;
- I valori di fondo forniti per le aree omogenee di concentrazione sono compatibili con la definizione del D.M. 46/2019 di *“fondo geochimico”*: *distribuzione di una sostanza nel suolo derivante dai processi naturali, con eventuale componente antropica non rilevabile o non apprezzabile*;
- La metodologia utilizzata per il calcolo del valore di fondo è stata scelta in funzione degli obiettivi e delle caratteristiche dei dati della Rete di monitoraggio. Per calcolare i valori di fondo con metodologie ritenute più adatte al contesto dello studio (es. 95° percentile, UTL Upper Tolerance limit, UPL Upper Prediction limit, ecc) è possibile accedere alla serie di dati non georeferenziati delle singole aree omogenee di concentrazione;
- I campioni con caratteristiche attribuibili a potenziale origine antropica sono stati esclusi a priori dalle elaborazioni. I valori outliers delle aree omogenee, nonostante le elevate concentrazioni, sono riconducibili a prevalente origine litologica e rappresentano la naturale variabilità spaziale del contaminante;
- Le ipotesi riferite alla prevalente origine naturale di Cr, Ni e Co derivano dall'analisi di una popolazione di dati statisticamente significativa a scala di dettaglio 1:50.000. Non è quindi possibile escludere a priori la presenza di casi di superamento dei limiti di legge e/o valori di fondo proposti, riconducibili a contaminazione diffusa di origine antropica rilevabile a scala di maggior dettaglio;
- Le elevate concentrazioni riscontrate potrebbero “mascherare” forme di contaminazione da deposizione superficiale anche di intensità rilevante. L'ottenimento di dati rappresentativi a scala di dettaglio locale, è vincolato ad un ulteriore approfondimento con caratterizzazione puntuale dei metalli per meglio comprendere l'origine dell'elemento considerato.

Accesso ai risultati delle elaborazioni della rete di monitoraggio

I risultati della rete di monitoraggio ambientale dei suoli del Piemonte a scala regionale sono consultabili in dettaglio nella *relazione “Arpa Piemonte - Analisi ambientale sulla contaminazione diffusa del suolo del territorio regionale per la definizione dei valori di fondo riguardanti diverse categorie di inquinanti”* [scarica](#).

Su richiesta i dati possono essere elaborati in forma personalizzata, con dettaglio compatibile alla copertura di dati disponibile, inviando il modulo di richiesta ([scarica](#)) all'Ufficio Relazioni con il Pubblico dell'arpa Piemonte (urp@arpa.piemonte.it, numero verde 800 518 800), specificando l'area (comune, località, coordinate geografiche), ed i contaminanti di interesse.

Per informazioni scrivere a gabriele.fabietti@arpa.piemonte.it