



**Azienda USL Toscana nord ovest**  
**Dipartimento di Prevenzione**  
Area Funzionale Sicurezza Alimentare e Sanità Veterinaria

## **Monitoraggio di vegetali ad uso domestico privato. Esiti campagne di monitoraggio**

La presente relazione analizza i risultati degli esiti analitici di campioni di vegetali prelevati in orti coltivati nell'abitato di Valdicastello Carducci per consumo domestico privato. I dati riportati integrano la relazione del marzo 2017 inerente i risultati della terza campagna di campionamenti

I campionamenti sono stati effettuati in quattro periodi:

1. autunno 2015 (16 e 24 settembre 2015);
2. estate 2016 (19 e 21 settembre 2016);
3. autunno 2016 (15 e 16 novembre 2016)
4. estate 2017 (18 e 19 luglio 2017)

I campioni effettuati nei primi due periodi rappresentano alcune delle attività previste dallo "Indagine epidemiologica per la valutazione dell'impatto dell'esposizione a tallio a seguito della contaminazione dell'acquedotto di Valdicastello e Pietrasanta centro" DGRT 1259 del 22/12/2014.

I campioni della terza e quarta campagna sono stati effettuati in collaborazione con Università degli Studi di Bologna – Facoltà di Agraria ed hanno la finalità di approfondire le conoscenze sulla presenza di EPT nei terreni lungo il conoide del Baccatoio (Valdicastello e Pollino) per verificare:

- a) possibilità di trasferimento di EPT dal suolo alla pianta
- b) concentrazione di EPT nei prodotti vegetali
- c) livelli di EPT nelle parti edibili dei prodotti vegetali
- d) eventuali problematiche di carattere sanitario conseguenti a consumi prolungati nel tempo di specie orticole con significativi livelli di EPT

Nella terza campagna di campionamenti sono state campionate prevalentemente brassicacee (cavolo, cavolo nero ecc..) nella quarta esclusivamente pomodori.

### **Campionamenti**

I campionamenti hanno interessato l'area individuata dal Comune di Pietrasanta, lungo il corso del Torrente Baccatoio a monte della Sarzanese, nella frazione di Valdicastello Carducci e, dall'autunno 2016, a valle della Sarzanese nella frazione del Pollino.

I siti di campionamento delle prime due campagne sono stati selezionati dall'Azienda USL Toscana Nord Ovest utilizzando le informazioni dei questionari dei cittadini che hanno effettuato il monitoraggio biologico (urine e capelli) nell'ambito dell'indagine epidemiologica sopracitata; quelli della campagna autunnale 2016 e della campagna estiva 2017 sono stati selezionati con l'Ufficio Ambiente del Comune di Pietrasanta e con Università degli Studi di Bologna – Dipartimento di Scienze Agrarie – Centro Sperimentale per lo studio e l'analisi del suolo.

L'Ufficio Ambiente del Comune di Pietrasanta ha garantito il supporto tecnico per la definizione delle coordinate nel sistema UTM – WGS84 in modo da poter rappresentare su mappa tutti i siti campionati.

I prelievi sono stati effettuati dal personale dell'UFC Sicurezza Alimentare e Sanità Pubblica Veterinaria dell'Azienda USL Toscana Nord Ovest ambito territoriale Versilia mediante raccolta in campo delle specie orticole ed immissione dei vegetali in buste sigillate antimanomissione destinate al contatto con gli alimenti.

Nella campagna di campionamenti del 15 e 16 novembre 2016 e del 18 e 19 luglio 2017 le attività sono state effettuate in collaborazione con personale dell'Università di Bologna.

Sono stati prelevati, complessivamente 76 campioni e 590 determinazioni analitiche.

I campioni, mantenuti a temperatura di refrigerazione, sono stati inviati al Laboratorio di Sanità Pubblica di Firenze – Azienda USL Toscana Centro (numero Accredia 705) reparto Chimica alimenti, acque, farmaci e cosmetici.

Le analisi sono state effettuate con ICP-MS (spettrometria di massa a plasma induttivamente accoppiato)

### **Valori di riferimento**

Allo stato attuale la normativa comunitaria (Reg. UE 1881/2006 e s.m.i.) fissa tenori massimi nei prodotti vegetali solo per As (limitatamente a riso e prodotti contenenti riso), Cd e Pb.

Per il Hg si fa riferimento, in analogia, al Reg. UE 1881/2006 e s.m.i.

Per il Ba si fa riferimento al rapporto “Assessment of the tolerable daily intake for barium” (Scientific Committee on Health and Environmental Risks – 22 marzo 2012 – European Commission).

Per il Cr si fa riferimento al rapporto “Scientific opinion on the risks to public health related to the presence of chromium in food and drinking water” – Efsa Panel on Contamination in the food chain (CONTAM) - 13 March 2014.

Per il Tl si fa riferimento allo studio “Uptake of thallium by vegetables: its significance for human health, phytoremediation and phytomining” (Cher La Coste et al - Journal of Plant Nutrition, 24 (8) 1205 – 1215).

Per il Ni si fa riferimento alla pubblicazione “Nickel content of food and estimation of dietary intake” (Flyvholm MA, Nielsen GD, Andersen A. - Z Lebensm Unters Forsch - 1984 Dec;179(6):427-31 ed alla pubblicazione “Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals” (Scientific Committee on Food Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies – February 2006 – European Food Safety Authority)

Per il Mn si fa riferimento alla pubblicazione “Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals” (Scientific Committee on Food Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies – February 2006 – European Food Safety Authority).

Ove disponibili i dati, sono stati comparati i valori di EPT determinati nei terreni da Università di Bologna (valori di riferimento CSC riferiti a siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale – D.L.vo 152/2006 e s.m.i.) e le loro concentrazioni nella parte edibile.

### *Premessa*

Come già evidenziato nella nota prot. 2016/0111103/GEN del 23 giugno 2016 il legislatore comunitario ha inteso fissare tenori massimi di contaminanti che siano ragionevolmente ottenibili mediante buone pratiche agricole, di pesca e di fabbricazione, tenendo altresì conto dei rischi associati al consumo degli alimenti.

Gli atti regolamentari a tutela della sicurezza alimentare sono indirizzati dall'analisi delle evidenze scientifiche, e quindi dalla valutazione del rischio, che deve tener conto:

- a) degli alimenti in toto che presentano sia un apporto di nutrienti importante per qualità e quantità, sia un rischio di assunzione di sostanze indesiderate, talora anche di origine naturale;
- b) del consumo medio di ogni specifica matrice in un'alimentazione standard (es per un determinato contaminante i limiti ammessi per la carne possono essere 10 o 20 volte inferiori a quelli ammessi per le frattaglie il cui consumo è molto meno frequente);
- c) degli interventi mirati ad abbattere determinati rischi, di carattere igienico o tossicologico;
- d) dei gruppi di popolazione cui sono destinati gli alimenti (ad esempio, per lo Sn, i limiti degli alimenti in scatola destinati ai lattanti sono quattro volte inferiori a quelli degli alimenti in scatola destinati genericamente alle altre fasce di popolazione);

- e) degli interventi attuabili per ridurre l'esposizione (per esempio attraverso campagne di informazione finalizzate a limitare il consumo di alcuni alimenti da parte di gruppi di popolazione identificati come vulnerabili - bambini, anziani, immunodepressi, donne in gravidanza ecc...);
- f) della modalità di esposizione che condiziona la tossicità dei diversi elementi (come le sostanze tossiche entrano a contatto con l'organismo)

### *Espressione dei risultati*

In aderenza al Regolamento UE 1881/2006 e s.m.i. – Allegato Parte 3 - Metalli - i tenori riscontrati sono riferiti a mg/Kg di peso fresco. Per il dettaglio degli esiti analitici si rimanda alla Tabella 4.

Per i campioni prelevati nella campagna autunnale 2016 è stata effettuata una comparazione tra valori riscontrati nei terreni da UNIBO e livelli di EPT nei vegetali campionati da USL Toscana Nord Ovest (Tabella 5)

### **Esiti analitici**

#### Arsenico

L'arsenico è un elemento ubiquitario: è presente in aria, acqua, suolo, sedimenti ed organismi [Cullen e Reimer, 1989].

I livelli rinvenuti sulla superficie terrestre variano da 0.1 to 55 mg/kg [Matschullat, 2000]. È ormai generalmente accettato che il trasferimento di As dal suolo alla pianta rappresenta una delle principali vie di esposizione dell'uomo al metalloide. L'accumulo è basso per molte specie, probabilmente perché vi è limitato assorbimento delle radici e limitata traslocazione di arsenico dalle radici ai germogli, per bassa biodisponibilità di arsenico nel suolo; fitotossicità nei tessuti già a basse concentrazioni, [Wang et al., 2002].

Le principali fonti di assunzione dell'arsenico inorganico sono i cereali e i prodotti a base di cereali, gli alimenti per usi dietetici speciali (ad esempio le alghe), l'acqua in bottiglia, il caffè e la birra, il riso e i prodotti a base di riso e le verdure. Nel caso dell'accumulo di As nelle piante a rappresentare maggior rischio alimentare sono le radici e soprattutto le foglie, in cui il metallo è fortemente concentrato, in minor parte invece i frutti dove l'arsenico viene difficilmente traslocato.

Anche la tossicità dell'As varia a seconda dello stato di ossidazione (l'As<sup>3</sup> è più tossico dell'As<sup>5</sup>); la tossicità, inoltre, cambia a seconda delle molecole con cui è legato: è meno pericoloso quando legato a molecole organiche, rispetto alle inorganiche. Dal punto di vista analitico quindi sarebbe necessario discriminare lo stato di ossidazione e la specie chimica (speciazione: determinare come è fatto esattamente il metallo nella matrice alimentare che assumiamo).

I bambini al di sotto dei tre anni di età sono molto sensibili all'As inorganico. Grandi consumatori di riso, come alcuni gruppi etnici e forti consumatori di prodotti a base di alghe possono superare la dose settimanale tollerabile di As inorganico (Tolerable weekly intake). Le evidenze a disposizione non indicano differenze di esposizione con la dieta tra vegetariani ed il resto della popolazione, a meno che non vengano consumate grandi quantità di prodotti a base di alghe.

EFSA ha condotto un monitoraggio che ha coinvolto 15 paesi in Europa: sono stati analizzati circa 100.000 campioni di alimenti: dalle indagini effettuate risulta che l'esposizione all'As varia da 0,13 a 0,56 µg/kg di peso corporeo per il consumatore medio e da 0.37 a 1.22 µg/kg peso corporeo (95° percentile).

Per EFSA non vi sono dati scientifici sufficienti per determinare la TDI (tolerable daily intake – dose giornaliera tollerabile).

Su 76 campioni campionati da ASL Toscana Nord Ovest un solo campione (2,31% matrice cime di rapa – P12) presenta un livello di As superiore al livello massimo stabilito dalla legislazione comunitaria per la matrice cialde di riso (Reg UE 1006/2015). Tutti gli altri campioni presentano concentrazioni più basse.

Nel caso del campione in esame, i livelli di As nel terreno eccedono i valori di riferimento per CSC del D.L.vo 152/2006.

### Tallio

L'assorbimento di Tl da suoli contaminati nel cavolo può essere molto elevato e senza alcun effetto negativo sulla crescita delle piante (*Uptake of thallium from artificially contaminated soils by kale*, J.Pavlickova et Al. PLANT SOIL ENVIRON., 52, 2006 (12): 544–549 ).

Dati di letteratura segnalano che la famiglia delle brassicacee rappresenta la matrice vegetale che più di altre è in grado di assorbirlo. Il processo di trasferimento suolo - pianta del Tallio fa capo ad un meccanismo simile a quello umano: questo metallo è capace di penetrare nelle cellule “scambiandosi” con il Potassio.

Ulteriori studi hanno illustrato che le specie vegetali hanno una diversa capacità di traslocare i metalli pesanti dalle radici alle foglie, ai semi e ai frutti.

Viene quindi utilizzato il fattore di traslocazione (TF) determinato dal rapporto tra la concentrazione di metalli nelle foglie e la concentrazione di metalli nelle radici (esprime il grado di mobilità dei metalli pesanti nelle varie specie vegetali); sulla base di tale fattore si hanno due gruppi di vegetali: specie che mostrano una spiccata capacità di trattenere i metalli nelle radici e specie che trasferiscono gran parte del contaminante al resto della pianta.

Il pomodoro tende ad accumulare il Tl nel fusto con minima concentrazione nel frutto (come pure fagioli, cipolla e piselli); al contrario le Brassicacee e la patata tendono ad accumularlo ovunque (*Thallium levels and bioaccumulation in environmental samples of northern Chile: human health risks*, J. Chil. Chem. Soc., 54, N°4 2009 *pages* 464-469).

Studi scientifici dimostrano che il fattore di traslocazione non è intrinseco della pianta, ma viene influenzato dal Ph del suolo: in particolare le colture più suscettibili di assorbimento sono quelle coltivate in terreni con Ph basso che renderebbe il metallo più solubile. Le verdure coltivate in giardino/campo hanno un assorbimento di tallio inferiore a piante coltivate in vaso a causa di una densità radicale inferiore.

Verdure che accumulano tallio (brassicacee) in terreni con una concentrazione dello stesso < 700 ppb non sono considerate porre alcun rischio per la salute.

Da ricordare che la bollitura del vegetale riduce la sua concentrazione.

Per quanto attiene il valore di riferimento per la concentrazione de Tallio nelle matrici vegetali si fa riferimento allo studio “Uptake of thallium by vegetables: its significance for human health, phytoremediation and phytomining” (Cher La Coste et al - Journal of Plant Nutrition, 24 (8) 1205 – 1215), che, nel confermare la diversa capacità delle specie vegetali di accumulare tale metallo pesante, segnala i valori di riferimento proposti in Germania (0,5 mg/Kg [f.m. – fresh mass] ).

Sul totale dei campioni prelevati 6 (7,31%) presentano livelli di Tl compresi tra 0,928 e 2,565 mg/Kg; per quattro di questi campioni [siti P19, P23, P26 e P 27] effettuati in doppio con UNIBO, al valore significativo di Tl nei vegetali non corrisponde nel terreno un superamento del limite previsto dal D.L.vo 152/06. (vedi tab 1 di pagina 20 della relazione Università di Bologna 10 marzo 2017)

Ulteriori quattro campioni (5,31%) presentano concentrazioni pari a 0,329 e 0,46 mg/Kg. Per questi ultimi, in un sito [P6] si segnalano valori di Tl superiori ai limiti di rilevabilità ma inferiori ai valori limite del D.L.vo 152/06, in altri due siti [P13 e P15] non sono stati riscontrate tracce significative di questo metallo nel terreno.

Le sole specie vegetali interessate sono il cavolo, il cavolo verza ed il cavolo nero (7,31% dei campioni con livelli di Tl superiori ai valori di riferimento proposti in Germania).

### Piombo

Il Piombo allo stato nativo è piuttosto raro, la maggior parte della sua presenza ambientale è determinata da attività umane.

Recentemente la dose considerata critica è stata notevolmente abbassata, i suoi composti sono tossici e vengono assorbiti essenzialmente per inalazione ed ingestione. La tossicità del Piombo deriva dalla sua

capacità di sostituirsi al Calcio in molti processi cellulari.

Questo metallo ha effetti tossici per via alimentare soprattutto nei confronti dei bambini, il cui apparato gastroenterico è particolarmente recettivo nei confronti dei nutrienti con i quali entrano anche le sostanze tossiche.

I vegetali non risultano essere dei reali accumulatori di questo elemento, e le maggiori concentrazioni nella pianta si riscontrano nelle radici, nelle foglie e in minor parte nei germogli.

Il gruppo di esperti dell'EFSA ha ritenuto che i cereali, gli ortaggi e l'acqua potabile siano gli alimenti che contribuiscono in maggior misura all'esposizione alimentare al piombo.

Secondo ATSDR (Agency of Toxic Substances & Disease Registry) i suoli non contaminati presentano livelli di Pb di circa 50 ppm, ma in aree urbane contaminate i livelli possono superare 200 ppm.

Per quanto attiene questo contaminante si fa riferimento alle normative comunitarie (Reg. 1881/2006 e s.m.i.) per i vegetali ed al D.L.vo 152/06 per il terreno.

Sul totale dei campioni prelevati 13 (14,31%) presentano concentrazioni di Pb superiori ai valori massimi comunitari; di questi 5 (6,31%) sono rappresentati da erbe aromatiche (salvia e rosmarino), 1 (2,31%) da bieta, 2 (3,31%) da finocchi.

La geolocalizzazione di queste matrici, potrebbe suggerire la correlazione con la presenza in passato di un campo di tiro al volo (oggetto di sequestro giudiziario nel 2012), da cui discende un fosso chiamato Fosso di Fondo.

Per 7 di questi campioni non sono disponibili i valori dei terreni; per gli altri 6 campioni il superamento dei livelli stabiliti per gli alimenti corrisponde ad un superamento del limite del D.L.vo 152/06 nei terreni (Tabella 1)

### Mercurio

Per quanto attiene questo contaminante si fa riferimento (per analogia) alle normative comunitarie (Reg. 1881/2006 e s.m.i.).

La caratteristica che risalta di più in questo elemento è il fatto che, pur essendo un metallo, si trovi allo stato liquido a temperatura ambiente. Per questa caratteristica rappresenta fonte di contaminazione per tutte le matrici ambientali.

Il comparto ambientale maggiormente inquinato da questo metallo è sicuramente l'acqua. Soltanto nel mare adriatico vengono sversate ogni anno 41 tonnellate di mercurio. L'acqua veicola il mercurio negli alimenti vegetali per assorbimento.

La popolazione generale è esposta al mercurio principalmente attraverso l'alimentazione, in particolare attraverso il consumo di pesce e prodotti ittici. Il tenore di mercurio metilato nei pesci varia con la posizione delle specie nella catena alimentare (maggiore nelle specie predatrici che sono ai vertici della catena alimentare).

Come per l'As, la tossicità di questo metallo varia al variare della specie chimica: in questo caso la forma più pericolosa è la forma organica che rappresenta il 60 – 90% del mercurio presente negli alimenti ittici.

Da precisare che negli 11 campioni dell'autunno 2015 non è stata effettuata la ricerca di Hg. Sui restanti campioni le concentrazioni sono significativamente inferiori ai valori limite. Anche nei campioni di terreno effettuati da UNIBO nell'autunno del 2016 non sono stati riscontrati superamenti delle CSC.

### Cadmio

La sua dispersione in ambiente è dovuta quasi esclusivamente da attività industriale di estrazione e lavorazione dei metalli. Ha effetti tossici molto gravi non solo per inalazione (esposizione professionale), ma anche a livello alimentare o attraverso il fumo di sigaretta.

In base ad alcuni studi il Cd si sostituisce allo Zn in alcuni processi metabolici, al punto che molto spesso le intossicazioni da Cd sono confuse con carenze di Zn. Sembra addirittura che le due sostanze siano vicarianti all'interno dell'organismo ed un alto apporto di Zn nella dieta potrebbe fungere da fattore protettivo.

La sua pericolosità per la salute umana è dovuto all'alto grado di assorbimento da parte delle piante e alla

contestuale ridotta fitotossicità. Questo si traduce nella possibilità di ritrovare alte concentrazioni di cadmio nei prodotti vegetali senza che quest'ultimi ne risentano. Le maggiori specie alimentari di origine vegetale che possono rappresentare un rischio per la salute umana sono i cereali, le patate e le verdure a foglia, che sono a stretto contatto col terreno. Per quanto attiene questo contaminante si fa riferimento alle normative comunitarie (Reg. 1881/2006 e s.m.i.). In tutti i campioni analizzati le concentrazioni sono inferiori ai valori limite. Solo in due campioni di terreno prelevati nell'autunno del 2016 [sito P6] si ha superamento delle CSC cui non corrisponde un accumulo del metallo nelle specie orticole.

### Bario

Il rapporto "Assessment of the tolerable daily intake for barium" (Scientific Committee on Health and Environmental Risks – 22 marzo 2012 – European Commission), partendo dallo studio NTP (National Toxicology Program - 1994) effettuato su ratti e topi alimentati, rispettivamente, per 15 giorni, 13 settimane e 2 anni con acqua da bere contenente cloruro di Ba, stabilisce per l'uomo, una TDI (Tolerable daily intake - Dose tollerabile giornaliera, una stima della quantità di un contaminante nel cibo o nell'acqua potabile che può essere ingerita giornalmente da un uomo, in base al suo peso, per tutta la vita senza causare effetti avversi riconoscibili secondo lo stato attuale delle conoscenze) di 0,2 mg/Kg bw/day. In tale rapporto viene altresì citato che EPA non considera il Ba un elemento in grado di determinare patologie tumorali nell'uomo.

Nel documento "Barium in drinking water" – WHO Guidelines for Drinking water quality, viene riportato lo studio di Lanciotti ed al (1992) che segnala nell'acqua potabile in Toscana livelli di Ba variabili da 700 a 1160 µg/L. Nello stesso documento viene indicato una TDI 0,75 mg/Kg/giorno e, sulla base degli studi disponibili viene fissato come valore guida per il Ba nell'acqua da bere 0,7 mg/L.

Si segnala che il valore guida fissato da EPA è 2 mg/L.

Il Documento "Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health" – 2013 riferisce in merito al fatto che il Ba è ubiquitario e può raggiungere concentrazioni nel suolo variabili da 15 a 3000 mg/Kg (ATSDR – 1992); vicino a depositi di barite la concentrazione può arrivare a 37.000 mg/Kg.

Le linee guida canadesi stabiliscono per il Ba i seguenti valori guida (terreni):

- uso agricolo 750 mg/Kg
- uso residenziale/verde pubblico 500 mg/Kg
- uso industriale 2000 mg/Kg
- uso commerciale 2000 mg/Kg

OSHA ha fissato come valore guida nell'aria 0,5 mg di composti solubili del bario per m<sup>3</sup> in ambienti di lavoro/turno di 8 ore lavorative/40 ore lavorative alla settimana.

La normativa comunitaria ed italiana non fissano tenori massimi per il Ba né nei suoli, né negli alimenti, né nell'acqua.

Gli studi disponibili sugli alimenti evidenziano che tale elemento tende ad accumularsi nelle parti dei vegetali che raramente sono mangiate dall'uomo; nelle noci brasiliane sono segnalati valori compresi tra 1500 e 3000 mg/Kg. I pomodori ed i semi di soia tendono ad accumulare il Ba con un fattore di bioconcentrazione (rapporto tra la concentrazione del metallo nelle radici della pianta e la concentrazione dello stesso nel terreno; questo parametro è un indice del potenziale assorbimento del metallo dal suolo alla pianta) che varia da 2 a 20 (Robinson ed al – 1950).

Nello studio “Concentrations of lead, cadmium and barium in urban garden-grown vegetables: the impact of soil variables” – 2014, sono stati effettuati 1024 campioni di prodotti vegetali, evidenziando una tendenza all'accumulo nel seguente ordine decrescente: foglie, erbe aromatiche, radici e frutti, quindi con una maggiore concentrazione di Ba nelle foglie (valore minimo 0,37 mg/Kg – valore massimo 22 mg/Kg – peso fresco) ed in ogni caso con una maggiore concentrazione di tale elemento (in tutti i prodotti vegetali) rispetto al Pb e al Cd.

Anche questo studio evidenzia che non sono disponibili tenori massimi basati sull'analisi del rischio né valori guida per il Ba nei prodotti vegetali.

Da segnalare che negli 11 campioni dell'autunno 2015 non è stata effettuata la ricerca di Ba.

Prendendo come riferimento la TDI definita da WHO, in nessun campione si rilevano concentrazioni significative di tale EPT.

Prendendo invece come riferimento il rapporto “Assessment of the tolerable daily intake for barium” (Scientific Committee on Health and Environmental Risks – 22 marzo 2012 – European Commission, si registrano 4 campioni (5,53%) con significative concentrazioni di Ba, comprese tra 15,4 e 21,9 mg/Kg [siti P8, P12, P13 e P19]. Qualora gli alimenti in questione costituissero una parte predominante della dieta giornaliera di potrebbero configurare potenziali situazioni di rischio di esposizione a tale metallo.

Tutti i campioni sono, anche in questo caso, riferiti a Brassicacee (cavolo e cime di rapa).

Se si compara i valori riscontrati nei terreni con quelli dei vegetali non vi è sempre una diretta correlazione tra le concentrazioni del suolo e quelle delle parti edibili (Tabella 2)

### Nichel

Sali di nichel ingeriti per via orale possono avere effetti negativi sui reni, milza, polmoni e sul sistema mieloide, negli animali da esperimento.

Il nichel nell'uomo può determinare dermatite allergica da contatto.

Per quanto attiene la sua tossicità, non vi sono pareri concordi nella Comunità scientifica in quanto il nichel è cofattore di alcuni enzimi, quindi è ritenuto elemento essenziale per l'organismo umano.

L'assunzione media con la dieta è di circa 150 µg/giorno, ma può raggiungere 900 µg/giorno a seguito di consumo di alimenti con alto contenuto di questo metallo. Da considerare anche l'introduzione con l'acqua potabile e la cessione agli alimenti da parte degli utensili da cucina.

L'assunzione da 150 a 900 µg/giorno è una dose da 500 a 90 più bassa di quelle che potrebbe provocare effetti avversi nei ratti.

Le maggiori concentrazioni di nichel sono segnalate nel cacao (8,2 – 12 mg/Kg), nei semi di soia, nella farina di avena, nocciole e mandorle.

E' dimostrato che i livelli di nichel nell'acqua di rubinetto aumentano considerevolmente dopo una stagnazione di almeno 8 ore (o per tutta la notte).

Il Ni è stato determinato solo nei 25 campioni effettuati nel mese di novembre 2016 e nei 27 campioni della campagna estiva 2017.

I valori riscontrati nei vegetali campionati non costituiscono fattore di esposizione a livelli superiori di quelli considerati come media di assunzione giornaliera. La concentrazione nei pomodori è costantemente al di sotto del limite di rilevabilità.

### Cromo

Il Cr è ubiquitario: si trova sia nell'acqua che nel suolo. La Direttiva 2002/46 ne consente l'utilizzo (cloruro di Cr III e solfato di Cr III) nella preparazione di integratori alimentari.

Il Cr può trovarsi in natura a diversi stadi di ossidazione: quello esavalente è cancerogeno. Sul Cr<sup>3</sup> la Comunità Scientifica è divisa: alcuni sostengono che abbia effetti tossici, altri sostengono che sia uno degli oligoelementi essenziali per la sopravvivenza umana perché interviene nel metabolismo dei glucidi.

Rappresentano un rilevante fattore di rischio le acque di irrigazione ricche di Cr che vengono usate per le colture vegetali, anche se raramente queste assorbono cromo in quantità da risultare potenzialmente pericolose.

Gli alimenti rappresentano la maggiore fonte di assunzione del cromo, che viene assorbito velocemente nel tratto gastrointestinale e legato ai tessuti biologici.

Secondo il gruppo di esperti sulle vitamine ed i minerali dell'UK un'assunzione giornaliera di circa 0,15 mg/Kg di peso corporeo (circa 10 mg/persona) non dovrebbe determinare effetti negativi sulla salute.

Il Cr è stato determinato solo nei 25 campioni effettuati nel mese di novembre 2016 e nei 27 campioni dell'estate 2017.

I valori riscontrati nei vegetali campionati non evidenziano apporti di Cr con la dieta giornaliera tali da poter costituire pericolo per la salute.

### Manganese

Gli alimenti rappresentano la fonte più importante di Mn. Le concentrazioni variano considerevolmente, ma in genere sono al di sotto di 5 mg/Kg. Il grano, il riso e le noccioline possono avere livelli fra 10 e 30 mg/Kg. La frutta può presentare concentrazioni fino a 10,38 mg/Kg, i vegetali ed i prodotti di origine vegetale fino a 6,64 mg/Kg [WHO, 1981].

Grano, nocciole, verdure a foglia verde e tè ne sono particolarmente ricchi, mentre spinaci, cavoli e patate dolci ne inibiscono l'assorbimento.

L'apporto con la dieta negli adulti varia da 0,9 to 7 mg (Schlettwein-Gsell and Mommsen-Straub, 1971), da 2 a 9 (WHO, 1981) e da 1,2 a 9,4 mg al giorno (Ellen et al, 1990). □ Nei vegetariani il quantitativo assunto giornalmente è superiore in quanto le concentrazioni più elevate di questo metallo si trovano negli alimenti di origine vegetale.

Il "Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine" (IOM, 2002) ha stabilito un livello giornaliero tollerabile di 11 mg/giorno, sulla base di una recente revisione (Greger, 1999; IOM, 2002) che ha accertato una assunzione media, per gli adulti che mangiano diete tipicamente occidentali e per i vegetariani, variabile da 0,7 a 10,9 mg di manganese al giorno.

Non sono disponibili studi che possano fornire indicazioni su livelli tossici di manganese con la dieta; in virtù di un controllo omeostatico che gli esseri umani hanno nei confronti del Mn, questo metallo non è considerato molto tossico se assunto con la dieta. (Manganese in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality - WHO/SDE/WSH/03.04/104/Rev/1 - 2011)

Il Mn è stato determinato solo nei 25 campioni effettuati nel mese di novembre 2016 e nei 27 dell'agosto 2017. In 3 dei 52 campioni esaminati il Mn supera il valore di 11 mg/Kg; ne deriva che se un adulto assumesse tutti i giorni 1 Kg dell'alimento in questione (cavolo e cime di rapa) introdurrebbe nel proprio organismo quantitativi di Mn superiori a quelli normalmente considerati come livelli medi di assunzione nella popolazione.

Come nel caso del Ba, non vi è evidenza di una diretta correlazione tra livelli riscontrati nei terreni e concentrazioni nei vegetali. (Tabella 3)

## Conclusioni

Allo stato attuale delle conoscenze non vi sono evidenze di presenza di EPT (As, Cd, Pb, Tl, Ba, Cr, Mn, Ni) nelle aree esaminate in concentrazioni tali da richiedere, a nostro avviso, l'adozione di un provvedimento drastico quale il totale divieto di utilizzo dei suoli per la coltivazione.

Si evidenzia comunque, per alcuni metalli (Tl, Ba e, in misura minore Mn) la tendenza all'accumulo in alcune specie vegetali (Brassicacee) che indirizza verso una limitazione della loro presenza nella dieta, sconsigliandone un uso quotidiano.

La letteratura scientifica mostra pareri discordanti sull'assorbimento di alcuni metalli come il Tallio nei vegetali quali i tuberi (*Thallium levels and bioaccumulation in environmental samples of northern Chile: human health risks*, *J. Chil. Chem. Soc.*, 54, N°4 2009 *pages* 464-469), mentre troviamo una concordanza totale e confermata della spiccata capacità della famiglia di Brassicacee di accumulare metalli pesanti; tra questi in particolare Tallio e Bario [*Uptake of thallium from artificially contaminated soils by kale*, J.Pavlicková et Al. , *Plant soil environ*, 52, 2006 (12): 544-549; *Dietary intake of Barium, Bismuth, Chromium, Lithium and Strontium in a spanish population*, Dallas Gonzales-Weller et Al. 2013, *Food and Chemical Toxicology* Vol.62 Dec.2013, *pages* 856-868].

Che le Brassicacee accumulino più di altri vegetali EPT, specie Tallio e Bario, è confermato anche dagli esiti dei campionamenti effettuati in da ASL e UNIBO.

E' importante sottolineare:

- a) la concordanza emersa fra i dati USL e quelli prodotti dall'Università
- b) gli studi condotti sulla contaminazione dei suoli dimostrano che in diversi siti campionati [siti P19, P23, P26 e P 27] le concentrazioni riscontrate nei vegetali non sembrerebbero riconducibili ad assorbimento dal terreno perché questo ne contiene in quantitativi poco significativi.

Si può quindi presupporre che, per questi siti, la fonte più significativa di apporto del metallo possa essere da acqua con livelli superiori ai valori EPA.

Analizzando quindi allo stato attuale le risorse idriche locali contenenti EPT (solo in alcuni pozzi sono stati riscontrati livelli di Tl pari a 0,7 µg), l'unica fonte probabile potrebbe essere un uso improprio delle acque del torrente del Baccatoio come fonte di irrigazione degli orti.

**E' indispensabile, pertanto, mantenere l'Ordinanza n. 71 del 16 novembre 2015** sul divieto ad uso irriguo delle acque del Torrente Baccatoio.

Per il pomodoro, oggetto della campagna di campionamento dell'estate 2017 non si hanno evidenze di accumulo di EPT e quindi non vi sono controindicazioni ad un suo uso nella dieta quotidiana.

Viene rinnovato il suggerimento di una diversificazione nell'uso di prodotti vegetali di origine locale (orti familiari) che non preveda esclusivamente brassicacee, per le quali è dimostrata la tendenza all'accumulo di EPT.

Per eventuali aziende agricole presenti nell'area oggetto di studio si ricorda che, come previsto dal Reg. CE 852/2004 è obbligo dell'OSA (Operatore del Settore alimentare) dimostrare, in autocontrollo, la sicurezza dei prodotti alimentari commercializzati.

Per quanto attiene le acque dei pozzi ad uso privato, nella presente relazione vengono riportati anche i dati dei campionamenti effettuati dal 2015 da ASL Toscana Nord Ovest ed, in particolare, quelli relativi alla campagna straordinaria effettuata per il Comune di Pietrasanta nel 2017 (Tabella 6). I dati si riferiscono a 19 campioni. I valori di riferimento sono quelli del D.L.vo 31/2001 e delle linee guida OMS.

Si segnala che in un pozzo sono stati rilevati livelli di Tl di 1,4 µg/L, associati a livelli di Fe e Mn superiori ai valori di parametro (rispettivamente 806 e 586 µg/L).

Tl pari a 0,9 µg/L è stato riscontrato in un secondo pozzo privato.

Ba in quantità di 730 µg/L e Fe pari a 997 µg/L sono stati riscontrati nel campione 008 Orti/2016.

Valori di Fe superiori a quelli di parametro (1836 µg/L) sono stati riscontrati unitamente al superamento dei valori di parametro per il Pb.

Infine si segnala Tl pari a 0,9 µg/L, non associato a superamento di altri valori di parametro nel campione 001 H2O/2015.

Si ricorda che per nessuno dei pozzi esaminati risulta rilasciato da ASL giudizio di potabilità e, pertanto, l'acqua di attingimento non può essere usata a scopo potabile.

In Tabella 7 raffronto, per stesso sito di campionamento, tra concentrazioni di EPT nelle acque di pozzo e nei campioni di vegetali.

### **Ringraziamenti**

Si ringrazia l'Ing. Lisa Cini ed il Geom. Giuliano Guicciardi (Comune di Pietrasanta) per il prezioso supporto fornito.

Si ringrazia inoltre il Prof. Gilmo Vianello ed i suoi collaboratori (Università degli Studi di Bologna – Facoltà di Agraria) per la costante collaborazione e disponibilità.

4 settembre 2017

## Bibliografia

1. CONTAM (2014) Scientific opinion on the risks to public health related to the presence of chromium in food and drinking water” – Efsa Pnanel on Contamination in the food chain - 13 March 2014
2. Cher La Coste et al (2006) Uptake of thallium by vegetables: its significance for human health, phytoremediation and phytomining - Journal of Plant Nutrition, 24 (8) 1205 – 1215)
3. Chil J. (2009) Thallium levels and bioaccumulation in environmental samples of northern Chile: human health risks,. Chem. Soc., 54, N°4 2009 pags 464-469).
4. Cullen William R, Reimer Kenneth J, (1989). Arsenic Speciation in the environment Chem. Rev. , 89, pg 713-764
5. Geert Ellen (1990) Heavy metals in vegetables grown in the Netherlands and in domestic and imported fruits European Food Research and Technology Volume 190, Issue 1, January
6. Environment Canada National Guidelines and Standards Office (2013) - Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health
7. European Commission (2012) Assessment of the tolerable daily intake for barium (Scientific Committee on Health and Environmental Risks – 22 marzo 2012
8. European Food Safety Authority (2006) Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals (Scientific Committee on Food Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies – February 2006
9. European Food Safety Authority Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals (2006) Scientific Committee on Food Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies – February 2006
10. Esposito M. et Al (2016) Livelli di elementi in traccia tossici e potenzialmente tossici nei prodotti ortofruitticoli della Terra dei fuochi in Campania. Epidemiol Prev , 40 (5): 316-324
11. Flyvholm MA, Nielsen GD, Andersen A. (1984) Nickel content of food and estimation of dietary intake Z Lebensm Unters Forsch - 1984 Dec 179(6): 427-31
12. McBride MB et Al (2014) Concentrations of lead, cadmium and barium in urban garden-grown vegetables: the impact of soil variables Environ Pollut. 2014 Nov;194:254-61. doi: 10.1016/j.envpol.2014.07.036. Epub 2014 Aug 28
13. Matschullat Jörg (2000) Arsenic in the geosphere a review. Science of the Total Environment Vol 249 Issues 1-3 17, pag 297 – 312
14. J.Pavlickova et Al. (2006) *Uptake of thallium from artificially contaminated soils by kale*, PLANT SOIL ENVIRON., 52, (12): 544–549
15. Regolamento UE 1881 Regolamento (CE) n. 1881/2006 della Commissione, del 19 dicembre 2006, che definisce i tenori massimi di alcuni contaminanti nei prodotti alimentari (testo consolidato)
16. Schlettwein-Gsell and Mommsen-Straub (1971) Trace Elements in food Int J Vitam Nutr Res. 41(4):554-82.
17. Whang J. et Al (2002) Mechanisms of Arsenic Hyperaccumulation in *Pteris vittata*. Uptake Kinetics, Interactions with Phosphate, and Arsenic Speciation. Plant Physiology – Nov 130(3) 1552-1561

## Tabella 1

Confronto tra livelli di Pb nel terreno (suolo rizosferico – campionamenti UNIBO novembre 2016) e concentrazioni di Pb nei vegetali (campioni USL novembre 2016)

N. verbale	Anno prelievo	Matrice	ID Coltura	Pb suolo	Pb mg/Kg ASL NO	Pb mg/Kg UNI BO
30/2016	2016	Cavolo	P1	169	0,107	0,05
001	2015	Salvia	P3	171	0,35	
002	2015	Pomodoro	P3	171	0,011	
31/2016	2016	Cavolo	P6	260	0,026	0,03
32/2016	2016	Bietola	P6	260	0,091	
33/2016	2016	Cime di rapa	P8	194	0,689	
34/2016	2016	Cime di rapa	P12	504	7,083	18,2
35/2016	2016	Cavolo	P13	67,7	0,232	0,16
36/2016	2016	Finocchio	P13	67,7	0,511	
37/2016	2016	Cavolo	P14	67,2	0,134	0,10
38/2016	2016	Finocchio	P14	67,2	0,071	
39/2016	2016	Cavolo	P15	68,4	0,077	0,10
40/2016	2016	Finocchio	P15	68,4	0,17	
41/2016	2016	Cavolo rapa	P16	73,2	0,117	0,08
42/2016	2016	Cavolo	P18	206	0,23	0,12
43/2016	2016	Cavolo	P19	78	0,048	0,03
44/2016	2016	Cime di rapa	P21	110	0,292	0,30
45/2016	2016	Cavolo	P22	104	0,172	0,09
46/2016	2016	Cavolo	P23	224	0,086	0,06
47/2016	2016	Cavolo	P24	638	0,15	0,35
48/2016	2016	Cavolo	P25	206	0,047	0,05
49/2016	2016	Cavolo	P26	169	0,096	0,04
50/2016	2016	Cavolo	P27	78,7	0,391	0,17
51/2016	2016	Rape	P31	86,1	0,264	0,17
52/2016	2016	Cavolo nero	P32	77,9	0,129	0,09
53/2016	2016	Rape	P34	82,9	0,148	0,09
54/2016	2016	Rape	P35	87	0,081	0,08

**Tabella 2**

Confronto tra livelli di Ba nel terreno (suolo rizosferico – campionamenti UNIBO novembre 2016) e concentrazioni di Ba nei vegetali (campioni USL novembre 2016)

N. verbale	Anno prelievo	Matrice	ID Coltura	Ba suolo mg/Kg <sup>-1</sup> ss	Ba mg/Kg ASL NO	Ba mg/Kg UNI BO
30/2016	2016	Cavolo	P1	627	5,5	6,58
31/2016	2016	Cavolo	P6	2577	9,6	14,5
32/2016	2016	Bietola	P6	2577	2,8	
33/2016	2016	Cime di rapa	P8	2547	15,6	
34/2016	2016	Cime di rapa	P12	1785	20,2	73,6
35/2016	2016	Cavolo	P13	426	15,4	14,0
36/2016	2016	Finocchio	P13	426	7,3	
37/2016	2016	Cavolo	P14	321	9,5	19,3
38/2016	2016	Finocchio	P14	321	1,2	
39/2016	2016	Cavolo	P15	459	8,5	8,54
40/2016	2016	Finocchio	P15	459	1,8	
41/2016	2016	Cime di rapa	P16	257	4,8	12,8
42/2016	2016	Cavolo	P18	916	11,2	6,44
43/2016	2016	Cavolo	P19	568	21,9	8,06
44/2016	2016	Cime di rapa	P21	809	12	20,2
45/2016	2016	Cavolo	P22	1848	13,7	17,9
46/2016	2016	Cavolo	P23	2568	13,5	13,9
47/2016	2016	Cavolo	P24	2510	12,3	30,6
48/2016	2016	Cavolo	P25	1765	7,4	6,92
49/2016	2016	Cavolo	P26	808	10,1	4,86
50/2016	2016	Cavolo	P27	2590	12,7	5,94
51/2016	2016	Rape	P31	434	4,2	3,94
52/2016	2016	Cavolo nero	P32	882	9,4	14,4
53/2016	2016	Rape	P34	219	9,1	8,66
54/2016	2016	Rape	P35	968	13,9	0,58

### Tabella 3

Confronto tra livelli di Mn nel terreno (suolo rizosferico – campionamenti UNIBO novembre 2016) e concentrazioni di Mn nei vegetali (campioni USL novembre 2016)

N. verbale	Anno prelievo	Matrice	ID Coltura	Mn suolo	Mn mg/Kg ASL NO	Mn mg/Kg UNI BO
30/2016	2016	Cavolo	P1	578	4,42	4,72
31/2016	2016	Cavolo	P6	1222	5,387	7,34
32/2016	2016	Bietola	P6	1222	2,95	
33/2016	2016	Cime di rapa	P8	815	8,551	
34/2016	2016	Cime di rapa	P12	4262	11,425	29,4
35/2016	2016	Cavolo	P13	434	6,701	5,08
36/2016	2016	Finocchio	P13	434	4,346	
37/2016	2016	Cavolo	P14	587	25,915	57,9
38/2016	2016	Finocchio	P14	587	2,813	
39/2016	2016	Cavolo	P15	602	46,965	55,1
40/2016	2016	Finocchio	P15	602	7,073	
41/2016	2016	Cime di rapa	P16	340	2,161	4,54
42/2016	2016	Cavolo	P18	483	5,573	4,98
43/2016	2016	Cavolo	P19	303	5,854	5,38
44/2016	2016	Cime di rapa	P21	395	5,135	8,06
45/2016	2016	Cavolo	P22	407	6,669	4,84
46/2016	2016	Cavolo	P23	584	8,171	7,40
47/2016	2016	Cavolo	P24	676	6,855	19,0
48/2016	2016	Cavolo	P25	433	4,973	9,94
49/2016	2016	Cavolo	P26	328	2,784	6,96
50/2016	2016	Cavolo	P27	424	4,38	5,92
51/2016	2016	Rape	P31	361	7,572	5,02
52/2016	2016	Cavolo nero	P32	372	3,322	6,96
53/2016	2016	Rape	P34	401	4,591	4,02
54/2016	2016	Rape	P35	164	3,718	6,96

**Tabella 4***Esiti analitici: campagne di campionamento estate 2015 – estate 2016 – autunno 2016- estate 2017)*

N. verbale	Anno prelievo	Matrice	ID Coltura	As mg/Kg	Tl mg/Kg	Pb mg/Kg	Hg mg/Kg	Cd mg/Kg	Ba mg/Kg	Ni mg/Kg	Cr mg/Kg	Mn mg/Kg
010	2015	Rosmarino		0,092	0,06	1,185		0,009				
008	2015	Mais		0,006	< 0,005	< 0,005		< 0,005				
009	2015	Rosmarino		0,094	0,008	0,346		0,027				
001	2015	Salvia	P3	0,096	0,069	0,35		0,021				
002	2015	Pomodoro	P3	0,005	0,006	0,011		0,029				
003	2015	Cavolo nero		0,128	2,304	0,455		0,056				
012	2015	Rosmarino		0,075	0,014	0,201		0,018				
011	2015	Salvia		0,108	0,01	0,323		0,045				
004	2015	Cavolo verza		0,09	2,565	0,338		0,057				
006	2015	Pomodoro		0,005	< 0,005	0,006		0,013				
007	2015	Cavolo		0,087	0,045	0,203		0,027				
2016												
001	2016	Pomodoro		< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,066	<1			
002	2016	Pomodoro		0,011	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,026	<1			
003	2016	Pomodoro		0,007	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,014	<1			
005	2016	Pomodoro		0,025	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,015	<1			
007	2016	Zucchine		0,047	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,005	1,2			
009	2016	Pomodoro		0,021	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,062	<1			
011	2016	Pomodoro		< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,066	<1			
013	2016	Zucchine		< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,035	1,2			
015	2016	Melanzane		0,048	0,006	< 0,005	< 0,025	0,036	1,2			
017	2016	Bieta		0,216	0,016	0,586	< 0,025	0,024	7,2			
019	2016	Pomodoro		< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,011	<1			
020	2016	Pomodoro		< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,059	<1			
021	2016	Pomodoro		0,017	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,018	<1			
30/2016	2016	Cavolo	P1	0,032	0,055	0,107	< 0,025	0,025	5,5	0,103	0,189	4,42
31/2016	2016	Cavolo	P6	0,025	0,385	0,026	< 0,025	0,025	9,6	0,005	0,059	5,387
32/2016	2016	Bietola	P6	0,026	0,037	0,091	< 0,025	0,026	2,8	< 0,005	0,031	2,95
33/2016	2016	Cime di rapa	P8	0,111	0,062	0,689	< 0,025	0,039	15,6	0,329	0,58	8,551
34/2016	2016	Cime di rapa	P12	0,542	0,026	7,083	< 0,025	0,068	20,2	0,546	1,159	11,425
35/2016	2016	Cavolo	P13	0,085	0,329	0,232	< 0,025	0,027	15,4	1,516	2,802	6,701
36/2016	2016	Finocchio	P13	0,135	0,009	0,511	< 0,025	0,014	7,3	1,878	3,938	4,346
37/2016	2016	Cavolo	P14	0,03	0,152	0,134	< 0,025	0,033	9,5	0,502	0,959	25,915
38/2016	2016	Finocchio	P14	0,018	< 0,005	0,071	< 0,025	0,012	1,2	< 0,005	0,093	2,813

N. verbale	Anno prelievo	Matrice	ID Coltura	As mg/Kg	Tl mg/Kg	Pb mg/Kg	Hg mg/Kg	Cd mg/Kg	Ba mg/Kg	Ni mg/Kg	Cr mg/Kg	Mn mg/Kg
39/2016	2016	Cavolo	P15	0,022	0,46	0,077	< 0,025	0,08	8,5	0,713	0,862	46,965
40/2016	2016	Finocchio	P15	0,019	0,01	0,17	< 0,025	0,012	1,8	0,029	0,065	7,073
41/2016	2016	Cime di rapa	P16	0,015	0,009	0,117	< 0,025	0,037	4,8	0,1	0,273	2,161
42/2016	2016	Cavolo	P18	0,088	0,213	0,23	< 0,025	0,02	11,2	0,713	1,47	5,573
43/2016	2016	Cavolo	P19	0,008	1,089	0,048	< 0,025	0,021	21,9	< 0,005	0,091	5,854
44/2016	2016	Cime di rapa	P21	0,088	< 0,005	0,292	< 0,025	0,064	12	0,358	0,818	5,135
45/2016	2016	Cavolo	P22	0,016	0,118	0,172	< 0,025	0,027	13,7	0,272	0,576	6,669
46/2016	2016	Cavolo	P23	0,03	1,106	0,086	< 0,025	0,045	13,5	0,066	0,14	8,171
47/2016	2016	Cavolo	P24	0,053	0,38	0,15	< 0,025	0,068	12,3	0,142	0,193	6,855
48/2016	2016	Cavolo	P25	0,015	0,07	0,047	< 0,025	0,016	7,4	0,194	0,4	4,973
49/2016	2016	Cavolo	P26	0,035	0,928	0,096	< 0,025	0,037	10,1	0,494	0,912	2,784
50/2016	2016	Cavolo	P27	0,042	1,294	0,391	< 0,025	0,016	12,7	0,312	0,59	4,38
51/2016	2016	Rape	P31	0,036	0,007	0,264	< 0,025	0,051	4,2	0,086	0,236	7,572
52/2016	2016	Cavolo nero	P32	0,062	< 0,005	0,129	< 0,025	0,055	9,4	0,021	0,143	3,322
53/2016	2016	Rape	P34	0,02	0,022	0,148	< 0,025	0,065	9,1	0,038	0,227	4,591
54/2016	2016	Rape	P35	0,019	< 0,005	0,081	< 0,025	0,057	13,9	< 0,005	0,075	3,718
2017												
1/2017	2017	Pomodoro	P26	0,018	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,106	<1,0	< 0,005	0,047	0,913
2/2017	2017	Pomodoro	P27b	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,038	<1,0	< 0,005	0,013	0,543
3/2017	2017	Pomodoro	P31	0,011	< 0,005	0,024	< 0,025	0,033	<1,0	< 0,005	< 0,005	0,308
4/2017	2017	Pomodoro	P32	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,016	<1,0	< 0,005	< 0,005	0,522
5/2017	2017	Pomodoro	P29	0,026	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,031	<1,0	< 0,005	0,019	0,768
6/2017	2017	Pomodoro	P20	0,027	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,021	<1,0	< 0,005	0,009	0,536
7/2017	2017	Pomodoro	P37	0,015	0,013	< 0,005	< 0,025	0,076	<1,0	< 0,005	0,027	0,431
8/2017	2017	Pomodoro	P21	0,017	< 0,005	0,011	< 0,025	0,024	<1,0	< 0,005	< 0,005	0,475
9/2017	2017	Pomodoro	P22	0,011	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,015	<1,0	< 0,005	0,022	0,603
10/2017	2017	Pomodoro	P23	< 0,005	< 0,005	0,018	< 0,025	0,02	<1,0	< 0,005	0,013	0,564
11/2017	2017	Pomodoro	P25	0,009	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,013	<1,0	< 0,005	0,006	0,723
12/2017	2017	Pomodoro	P36	0,01	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,007	<1,0	< 0,005	0,007	0,95
13/2017	2017	Pomodoro	P28	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,163	<1,0	< 0,005	0,045	0,333
14/2017	2017	Pomodoro	P34	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,027	<1,0	< 0,005	0,07	0,286
15/2017	2017	Pomodoro	P19	0,006	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,009	<1,0	< 0,005	0,012	0,62
16/2017	2017	Pomodoro	P18	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,013	<1,0	< 0,005	0,041	0,717
17/2017	2017	Pomodoro	P14	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,011	<1,0	< 0,005	0,065	1,248
18/2017	2017	Pomodoro	P15	0,007	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,014	<1,0	< 0,005	0,007	0,561
19/2017	2017	Pomodoro	P16	0,007	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,075	<1,0	< 0,005	0,018	0,503
20/2017	2017	Pomodoro	P17	0,017	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,023	<1,0	< 0,005	0,013	0,592
21/2017	2017	Pomodoro	P13	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,021	<1,0	< 0,005	< 0,005	0,654

N. verbale	Anno prelievo	Matrice	ID Coltura	As mg/Kg	Tl mg/Kg	Pb mg/Kg	Hg mg/Kg	Cd mg/Kg	Ba mg/Kg	Ni mg/Kg	Cr mg/Kg	Mn mg/Kg
22/2017	2017	Pomodoro	P3	< 0,005	0,007	0,075	< 0,025	0,032	<1,0	< 0,005	0,033	0,477
23/2017	2017	Pomodoro	P8	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,014	<1,0	< 0,005	0,018	0,762
24/2017	2017	Pomodoro	P6	0,01	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,029	<1,0	< 0,005	0,019	2,323
25/2017	2017	Pomodoro	P5	0,014	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,05	<1,0	< 0,005	0,032	0,476
26/2017	2017	Pomodoro	P1	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,025	<1,0	< 0,005	0,012	0,764
27/2017	2017	Pomodoro	P12	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,012	<1,0	< 0,005	< 0,005	0,59

## Tabella 5

Confronto tra livelli di EPT nel terreno (suolo rizosferico – campionamenti UNIBO novembre 2016) e concentrazioni di EPT nei vegetali (campioni USL novembre 2016)

N. verbale	Anno prelievo	Matrice	ID Coltura	As suolo	Arsenico mg/Kg	Tl suolo	Tallio mg/Kg	Pb suolo	Pb mg/Kg
30/2016	2016	Cavolo	P1	103,4	0,032	< 0,21	0,055	169	0,107
34/2016	2016	Cime di rapa	P12	45,1	0,542	< 0,21	0,026	504	7,083
35/2016	2016	Cavolo	P13	20,1	0,085	< 0,21	0,329	67,7	0,232
36/2016	2016	Finocchio	P13	20,1	0,135	< 0,21	0,009	67,7	0,511
37/2016	2016	Cavolo	P14	17,8	0,03	< 0,21	0,152	67,2	0,134
38/2016	2016	Finocchio	P14	17,8	0,018	< 0,21	< 0,005	67,2	0,071
39/2016	2016	Cavolo	P15	18,9	0,022	< 0,21	0,46	68,4	0,077
40/2016	2016	Finocchio	P15	18,9	0,019	< 0,21	0,01	68,4	0,17
41/2016	2016	Cime di rapa	P16	10,7	0,015	< 0,21	0,009	73,2	0,117
42/2016	2016	Cavolo	P18	15,2	0,088	< 0,21	0,213	206	0,23
43/2016	2016	Cavolo	P19	17,2	0,008	< 0,21	1,089	78	0,048
44/2016	2016	Cime di rapa	P21	22,7	0,088	< 0,21	< 0,005	110	0,292
45/2016	2016	Cavolo	P22	29	0,016	< 0,21	0,118	104	0,172
46/2016	2016	Cavolo	P23	43,1	0,03	< 0,21	1,106	224	0,086
47/2016	2016	Cavolo	P24	64,9	0,053	0,686	0,38	638	0,15
48/2016	2016	Cavolo	P25	31,1	0,015	< 0,21	0,07	206	0,047
49/2016	2016	Cavolo	P26	20,9	0,035	< 0,21	0,928	169	0,096
50/2016	2016	Cavolo	P27	20,8	0,042	0,72	1,294	78,7	0,391
001	2015	Salvia	P3	40	0,096	< 0,21	0,069	171	0,35
002	2015	Pomodoro	P3	40	0,005	< 0,21	0,006	171	0,011
51/2016	2016	Rape	P31	18,7	0,036	< 0,21	0,007	86,1	0,264
52/2016	2016	Rape	P32	19,8	0,062	< 0,21	< 0,005	77,9	0,129
53/2016	2016	Rape	P34	14,5	0,02	< 0,21	0,022	82,9	0,148
54/2016	2016	Rape	P35	15,6	0,019	< 0,21	< 0,005	87	0,081
31/2016	2016	Cavolo	P6	54,3	0,025	0,43	0,385	260	0,026
32/2016	2016	Bietola	P6	54,3	0,026	0,43	0,037	260	0,091
33/2016	2016	Cime di rapa	P8	26	0,111	< 0,21	0,062	194	0,689

N. verbale	Anno prelievo	Matrice	ID Coltura	Hg suolo	Hg mg/Kg	Cd suolo	Cd mg/Kg	Ba suolo	Ba mg/Kg
30/2016	2016	Cavolo	P1	0,38	< 0,025	1,533	0,025	627	5,5
34/2016	2016	Cime di rapa	P12	1,86	< 0,025	1,86	0,068	1785	20,2
35/2016	2016	Cavolo	P13	< 0,010	< 0,025	0,387	0,027	426	15,4
36/2016	2016	Finocchio	P13	< 0,010	< 0,025	0,387	0,014	426	7,3
37/2016	2016	Cavolo	P14	< 0,010	< 0,025	0,377	0,033	321	9,5
38/2016	2016	Finocchio	P14	< 0,010	< 0,025	0,377	0,012	321	1,2
39/2016	2016	Cavolo	P15	< 0,010	< 0,025	0,412	0,08	459	8,5
40/2016	2016	Finocchio	P15	< 0,010	< 0,025	0,412	0,012	459	1,8
41/2016	2016	Cime di rapa	P16	< 0,010	< 0,025	0,391	0,037	257	4,8
42/2016	2016	Cavolo	P18	0,124	< 0,025	0,671	0,02	916	11,2
43/2016	2016	Cavolo	P19	< 0,010	< 0,025	0,446	0,021	568	21,9
44/2016	2016	Cime di rapa	P21	0,306	< 0,025	0,306	0,064	809	12
45/2016	2016	Cavolo	P22	0,739	< 0,025	0,799	0,027	1848	13,7
46/2016	2016	Cavolo	P23	0,5	< 0,025	1,062	0,045	2568	13,5
47/2016	2016	Cavolo	P24	0,521	< 0,025	1,67	0,068	2510	12,3
48/2016	2016	Cavolo	P25	0,029	< 0,025	0,79	0,016	1765	7,4
49/2016	2016	Cavolo	P26	0,018	< 0,025	0,75	0,037	808	10,1
50/2016	2016	Cavolo	P27	0,805	< 0,025	0,661	0,016	2590	12,7
51/2016	2016	Rape	P31	< 0,010	< 0,025	0,785	0,051	434	4,2
52/2016	2016	Rape	P32	< 0,010	< 0,025	0,512	0,055	882	9,4
53/2016	2016	Rape	P34	< 0,010	< 0,025	0,656	0,065	219	9,1
54/2016	2016	Rape	P35	< 0,010	< 0,025	0,411	0,057	968	13,9
31/2016	2016	Cavolo	P6	1,159	< 0,025	2,45	0,025	2577	9,6
32/2016	2016	Bietola	P6	1,159	< 0,025	2,45	0,026	2577	2,8
33/2016	2016	Cime di rapa	P8	0,381	< 0,025	1,796	0,039	2547	15,6

N. verbale	Anno prelievo	Matrice	ID Coltura	Ni suolo	Ni mg/Kg	Cr suolo	Cr mg/Kg	Mn suolo	Mn mg/Kg
30/2016	2016	Cavolo	P1	45,9	0,103	64,5	0,189	578	4,42
34/2016	2016	Cime di rapa	P12	25	0,546	54,7	1,159	4262	11,425
35/2016	2016	Cavolo	P13	17,5	1,516	28,8	2,802	434	6,701
36/2016	2016	Finocchio	P13	17,5	1,878	28,8	3,938	434	4,346
37/2016	2016	Cavolo	P14	20,9	0,502	56,9	0,959	587	25,915
38/2016	2016	Finocchio	P14	20,9	< 0,005	56,9	0,093	587	2,813
39/2016	2016	Cavolo	P15	20,4	0,713	39,8	0,862	602	46,965
40/2016	2016	Finocchio	P15	20,4	0,029	39,8	0,065	602	7,073
41/2016	2016	Cime di rapa	P16	18,2	0,1	60,4	0,273	340	2,161
42/2016	2016	Cavolo	P18	21,8	0,713	67,3	1,47	483	5,573
43/2016	2016	Cavolo	P19	16,3	< 0,005	22,4	0,091	303	5,854
44/2016	2016	Cime di rapa	P21	19,2	0,358	27	0,818	395	5,135
45/2016	2016	Cavolo	P22	15,9	0,272	15,9	0,576	407	6,669
46/2016	2016	Cavolo	P23	33,9	0,066	36,1	0,14	584	8,171
47/2016	2016	Cavolo	P24	24,9	0,142	77,5	0,193	676	6,855
48/2016	2016	Cavolo	P25	20,5	0,194	34,6	0,4	433	4,973
49/2016	2016	Cavolo	P26	16,6	0,494	22	0,912	328	2,784
50/2016	2016	Cavolo	P27	23,2	0,312	32,3	0,59	424	4,38
51/2016	2016	Rape	P31	23,4	0,086	45,6	0,236	361	7,572
52/2016	2016	Rape	P32	25,2	0,021	36,8	0,143	372	3,322
53/2016	2016	Rape	P34	34,7	0,038	55,2	0,227	401	4,591
54/2016	2016	Rape	P35	15,2	< 0,005	16,6	0,075	164	3,718
31/2016	2016	Cavolo	P6	36,9	0,005	53	0,059	1222	5,387
32/2016	2016	Bietola	P6	36,9	< 0,005	53	0,031	1222	2,95
33/2016	2016	Cime di rapa	P8	35,3	0,329	51,1	0,58	815	8,551

**Tabella 6:** Esiti analitici su acque di pozzi privati

N	N. verbale	Matrice	Anno prelievo	Tl	Ba	Fe	Mn	Sb	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Se	V	Al	Bo	Hg
1	001 H2O	Acqua di pozzo	2015	0,9															
2	004 Orti	Acqua di pozzo	2016	< 0,2	65														
3	006 Orti	Acqua di pozzo	2016	< 0,2	50														
4	008 Orti	Acqua di pozzo	2016	< 0,2	730	997													
5	010 Orti	Acqua di pozzo	2016	< 0,2	88	15													
6	012 Orti	Acqua di pozzo	2016	< 0,2	36	18													
7	014 Orti	Acqua di pozzo	2016	< 0,2	28	106													
8	016 Orti	Acqua di pozzo	2016	1,4	53	806	586												
9	VPP02/2017	Acqua di pozzo	2017	< 0,2	35	24	7,1	<1	<1	< 0,5	<1	<0,01	<2	<2	<1	<1	36	0,02	<0,2
10	VPP06/2017	Acqua di pozzo	2017	< 0,2	122	21	<5	<1	<1	< 0,5	<1	<0,01	<2	<2	<1	<1	<5	0,03	<0,2
11	VPP08/2017	Acqua di pozzo	2017	< 0,2	64	1836	28,4	<1	<1	< 0,5	<1	<0,01	12,7	<2	<1	<1	120	0,01	<0,2
12	VPP10/2017	Acqua di pozzo	2017	< 0,2	52	21	<5	<1	<1	< 0,5	2,1	<0,01	<2	<2	<1	<1	18	0,02	<0,2
13	VPP11/2017	Acqua di pozzo	2017	< 0,2	71	13	<5	<1	<1	< 0,5	<1	<0,01	<2	2,8	<1	<1	9	0,03	<0,2
14	VPP12/2017	Acqua di pozzo	2017	< 0,2	46	34	<5	<1	<1	< 0,5	<1	0,02	<2	<2	<1	<1	61	0,03	0,3
15	VPP14/2017	Acqua di pozzo	2017	< 0,2	137	46	<5	<1	1,9	< 0,5	<1	<0,01	<2	<2	<1	<1	<5	0,03	<0,2
16	VPP15/2017	Acqua di pozzo	2017	< 0,2	27	73	<5	<1	<1	< 0,5	<1	<0,01	<2	<2	<1	<1	20	0,02	<0,2
17	VPS02/2017	Acqua di pozzo	2017	< 0,2	71	138	<5	1,9	1,2	< 0,5	<1	<0,01	<2	<2	<1	<1	<5	0,02	<0,2
18	VPS11/2017	Acqua di pozzo	2017	< 0,2	65	10	<5	1,9	1,3	< 0,5	<1	<0,01	<2	<2	<1	<1	<5	0,02	<0,2
19	VPS12/2017	Acqua di pozzo	2017	< 0,2	185	271	25,6	<1	<1	< 0,5	<1	<0,01	<2	<2	<1	<1	<5	0,06	<0,2

**Tabella 7: Raffronto contenuto EPT in acqua di pozzo ed in vegetali (stessi siti campionamento)**

N. verbale	Anno prelievo	Matrice	Arsenico mg/Kg	Tallio mg/Kg	Piombo mg/Kg	Mercurio mg/Kg	Cadmio mg/Kg	Bario mg/Kg	Ni mg/Kg	Cr mg/Kg	Mn mg/Kg	Fe mg/Kg	Unità di misura
010	2015	Rosmarino	0,092	0,06	1,185		0,009						mg/Kg
	2015	Acqua		0,9									µg/L
005	2016	Pomodoro	0,025	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,015	<1					mg/Kg
	2016	Acqua		< 0,2				50					µg/L
	2017	Acqua	<1	< 0,2	<2	<0,2	< 0,5	52	<2	2,1	<5	21	µg/L
021	2016	Pomodoro	0,017	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,018	<1					mg/Kg
	2016	Acqua		< 0,2				730				997	µg/L
007	2016	Zucchine	0,047	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,005	1,2					mg/Kg
009	2016	Pomodoro	0,021	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,062	<1					mg/Kg
	2016	Acqua		< 0,2				88				15	µg/L
011	2016	Pomodoro	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,066	<1					mg/Kg
013	2016	Zucchine	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,035	1,2					mg/Kg
015	2016	Melanzane	0,048	0,006	< 0,005	< 0,025	0,036	1,2					mg/Kg
017	2016	Bieta	0,216	0,016	0,586	< 0,025	0,024	7,2					mg/Kg
	2016	Acqua		< 0,2				36				18	µg/L
	2017	Acqua	<1	< 0,2	<2	<0,2	< 0,5	35	<2	<1	7,1	24	µg/L
019	2016	Pomodoro	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,011	<1					mg/Kg
	2016	Acqua		< 0,2				28				106	µg/L
020	2016	Pomodoro	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,059	<1					mg/Kg
	2016	Acqua		1,4				53			586	806	µg/L
019	2016	Pomodoro	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,025	0,011	<1					mg/Kg
	2017	Acqua	<1	< 0,2	<2	<0,2	< 0,5	27	<2		<5	73	µg/L