



 **PCDD/F e PCB**
Laboratorio Nazionale di Riferimento

**PIANO DI MONITORAGGIO STRAORDINARIO PER
VALUTARE I LIVELLI DI CONTAMINAZIONE DA DIOSSINE
E PCB IN UOVA DI GALLINE PER AUTOCONSUMO E IN
ALIMENTI ZOOTECNICI PRODOTTI NELL'AREA
COMPRESA TRA I COMUNI DI MANIAGO, FANNA,
VAJONT E CAVASSO NUOVO (PN)**

RELAZIONE CONCLUSIVA

Aprile 2019

Introduzione

Il presente piano di monitoraggio, nasce dalla necessità di acquisire informazioni sui livelli di diossine (PCDD/F) e Policlorobifenili (PCB) in un'area potenzialmente esposta a sorgenti di emissione al fine di ottenere un'immagine rappresentativa dello stato di contaminazione degli alimenti prodotti localmente.

Nell'area di interesse, sono ubicate attività industriali che potenzialmente potrebbero rilasciare nell'ambiente circostante contaminanti organici persistenti, quali diossine e PCB. In particolare, nella zona industriale del comune di Maniago sono ubicate tre fonderie per la produzione di acciaio e alluminio mentre nel comune di Fanna è situato un cementificio.

Le diossine (PCDD/F) e i policlorobifenili (PCB) costituiscono un gruppo di molecole riconosciute a livello internazionale come microinquinanti organici persistenti (Persistent Organic Pollutants – POP).

Con il termine diossine è comunemente indicata una serie di composti simili sotto il profilo chimico e strutturale, appartenenti a un gruppo di idrocarburi aromatici alogenati, che comprende 75 congeneri di policlorodibenzo-*p*-diossine (PCDD) e 135 congeneri di policlorodibenzofurani (PCDF). Tra i 210 congeneri teoricamente possibili, 17 sono di particolare interesse per quanto riguarda la tossicità. Tali congeneri mostrano un profilo tossicologico simile e la 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-*p*-diossina (2,3,7,8-TCDD) è il composto più tossico, riconosciuto dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) come una sostanza cancerogena per l'uomo (Van den Berg et al. 2006; IARC 1997; IARC 2012).

I policlorobifenili sono idrocarburi aromatici clorurati. In funzione del numero di atomi di cloro presenti (da 1 a 10) e della loro posizione sui due anelli aromatici, i congeneri dei PCB teoricamente possibili sono 209. Dodici congeneri di PCB mostrano proprietà tossicologiche simili a quelle delle diossine e pertanto sono definiti PCB diossina-simili (DL-PCB). I rimanenti PCB sono denominati PCB non diossina-simili (NDL-PCB), tra questi 6 sono chiamati "PCB indicatori" e costituiscono il 50% della contaminazione alimentare. Sulla base dei dati relativi agli studi di cancerogenicità sugli animali, la IARC ha classificato i PCB come cancerogeni per l'uomo (IARC 2016).

Le diossine non sono prodotte deliberatamente dall'uomo ma derivano principalmente da processi chimici industriali (produzioni legate al ciclo di lavorazione del cloro e di prodotti clorurati, lavorazione della carta) e da processi termici d'incenerimento e combustione di tipo stazionario (inceneritori per rifiuti, industria dell'acciaio, impianti di sinterizzazione, di riciclo di metalli non ferrosi e di produzione energetica a combustibile fossile) e di tipo diffuso (emissioni autoveicolari e da riscaldamento domestico, fattori incidentali quali incendi ed eruzioni vulcaniche).

A differenza delle diossine, i PCB sono stati prodotti per decenni prima del bando della loro vendita e uso, adottato a partire dal decennio 1970-1980 in vari Paesi e dal 1985 nella Comunità Europea, a causa della loro tossicità sul sistema riproduttivo e degli effetti di bioaccumulo. L'emissione di questi composti avviene anche come conseguenza di vari processi termici, nei quali i PCB sono prodotti in maniera analoga alle diossine.

Le PCDD/F e i PCB sono stati inclusi nella Convenzione di Stoccolma sui POP, un trattato internazionale che ha come scopo la protezione della salute umana e dell'ambiente dalle sostanze chimiche che rimangono intatte nell'ambiente per lunghi periodi, ad ampia distribuzione geografica e destinate ad accumularsi nel tessuto adiposo dell'uomo e degli animali. La natura lipofila e l'elevata resistenza alla degradazione, sia chimica che fisica

rendono tali molecole ubiquitarie e persistenti nell'ambiente originando fenomeni di bioaccumulo e di biomagnificazione, soprattutto negli animali e nei loro prodotti, raggiungendo concentrazioni potenzialmente rilevanti sul piano tossicologico. La catena alimentare, pertanto, è il veicolo principale di trasporto di tali contaminanti. Dato che la contaminazione dei prodotti di origine animale è principalmente riconducibile agli alimenti zootecnici utilizzati per il loro accrescimento, questi ultimi suscitano preoccupazione in quanto fonti potenziali dei contaminanti in esame.

Negli allevamenti all'aperto, uno strumento efficace per definire i livelli di una possibile contaminazione da inquinanti ambientali persistenti è rappresentato dall'esame chimico di campioni di alimenti provenienti da animali presenti in una zona sospetta. Infatti, il suolo e la vegetazione accumulano per deposizione passiva gli inquinanti immessi nell'ambiente; successivamente, attraverso l'alimentazione degli animali, tali inquinanti possono entrare nella catena alimentare e risalire lungo la catena trofica per arrivare all'uomo (Holt et al. 2011).

Tra agosto 2016 e maggio 2018, l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia ha eseguito una campagna di indagine, per verificare la qualità dei suoli in prossimità delle sorgenti industriali nei territori dei Comuni di Maniago e Fanna.

I risultati analitici sui campioni di suolo non hanno evidenziato la presenza di particolari fenomeni di contaminazione diffusa associati alle sostanze di interesse. Tuttavia, la conformità dei suoli potrebbe non garantire livelli accettabili di esposizione ai contaminanti per gli animali allevati "a terra".

Le uova di galline allevate a terra possono rappresentare un buon indicatore dei livelli di diossine e PCB nell'ambiente. Dati di letteratura riportano che le uova di galline allevate all'aperto presentano livelli di diossine e PCB più elevati rispetto a quelle tenute in gabbia. Probabilmente l'assunzione di suolo, insetti e lombrichi determina un elevato accumulo di tali contaminanti nelle uova e potrebbe rappresentare il maggiore contributo all'esposizione nelle galline ovaiole (Holt et al. 2011, De Vries et al. 2006). Tuttavia, gli allevamenti rurali non rappresentano generalmente un problema sanitario ma potrebbero costituire un importante contributo all'esposizione a diossine e PCB per coloro che consumano esclusivamente tali uova.

Nell'autunno 2018, il Dipartimento di Prevenzione dell'Azienda per l'Assistenza Sanitaria n. 5 "Friuli Occidentale" ha predisposto, in collaborazione con il Laboratorio Nazionale di Riferimento per diossine e PCB negli alimenti destinati al consumo umano e nei mangimi (LNR), un piano di monitoraggio al fine di verificare l'eventuale contaminazione da diossine e PCB in campioni di uova e alimenti zootecnici prodotti nell'area compresa tra i comuni di Maniago, Fanna, Vajont e Cavasso Nuovo. In particolare, il piano di monitoraggio ha avuto lo scopo di valutare i livelli di contaminazione da PCDD/F e PCB in campioni di uova provenienti da allevamenti familiari con animali liberi di accedere a spazi esterni e in alimenti zootecnici prodotti localmente e, eventualmente adottare misure sanitarie idonee per i prodotti analizzati in relazione ai risultati analitici.

Piano di campionamento

L'area di interesse è compresa tra i comuni di Maniago, Fanna, Vajont e Cavasso Nuovo, distanti circa 30 km da Pordenone, in cui sono ubicate attività industriali che potenzialmente potrebbero rilasciare nell'ambiente circostante contaminanti organici persistenti, quali diossine e PCB. In particolare, nella zona industriale del comune di Maniago sono ubicate tre fonderie per la produzione di acciaio e alluminio mentre nel comune di Fanna è situato un cementificio.

Il piano di monitoraggio ha riguardato il prelievo di uova per autoconsumo prodotte da galline allevate a terra e di foraggio destinato al consumo animale.

Le uova da galline allevate a terra rappresentano un alimento di largo consumo (quindi importante da un punto di vista della sicurezza alimentare) che è facile da prelevare e può fornire indicazioni circa il contributo dell'esposizione ambientale dovuto principalmente alle abitudini che le galline hanno di razzolare nel terreno. Le uova sono prodotte quotidianamente e risultano estremamente facili da campionare in un numero tale da essere rappresentativo dell'intero allevamento e, nello stesso tempo, può essere prelevato un numero tale di campioni sufficiente a dare un'immagine rappresentativa di un determinato territorio. Inoltre, la contaminazione delle uova potrebbe fornire informazioni sulla contaminazione di medio - lungo termine del terreno e, il prelievo di tale matrice, permette di effettuare il campionamento da animali vivi, senza la necessità di sacrificare gli animali.

Il foraggio non sfalciato o la vegetazione spontanea presente nelle aree limitrofe alle potenziali sorgenti di emissione rappresentano una matrice idonea a valutare la contaminazione a breve termine, in quanto questi contaminanti tendono a depositarsi sulla superficie della lamina fogliare.

Il servizio veterinario della ASS n.5 del Friuli Occidentale ha selezionato i punti di prelievo in accordo con quanto stabilito nel piano di campionamento, informato i proprietari degli allevamenti selezionati sulla finalità del piano, sulla modalità di raccolta e conservazione dei campioni di uova ed effettuato i relativi campionamenti.

Al momento del prelievo è stata compilata una scheda di accompagnamento contenente il motivo del campionamento, le coordinate geografiche del punto di prelievo e, nel caso dei campioni di uova, i dati identificativi dell'allevamento.

I campioni sono stati trasferiti presso l'IZS delle Venezie che ha provveduto ad inviarli al LNR per diossine e PCB negli alimenti e nei mangimi presso l'IZS dell'Abruzzo e del Molise.

Campionamento delle uova

Per quanto riguarda i campionamenti di uova, l'area di studio è stata delimitata mediante un'ellisse in cui i due potenziali punti di emissione (zona industriale di Maniago e cementificio di Fanna) rappresentano i fuochi (Figura 1). L'ellisse ha il semiasse maggiore di misura pari a circa 4600 m e quello inferiore di circa 2800 m, con una inclinazione di 60° rispetto al piano orizzontale.

Per scegliere le località in cui effettuare il campionamento, l'intera area di studio è stata discretizzata in una griglia regolare con celle (quadrati) di 500 metri di lato (per un totale di 195 quadrati, ciascuno di 25 ettari) (Figura 2). Tra le varie prove, questa dimensione è risultata un buon compromesso tra dettaglio sul campo e velocità di elaborazione dei dati.

Figura 1. Area di studio

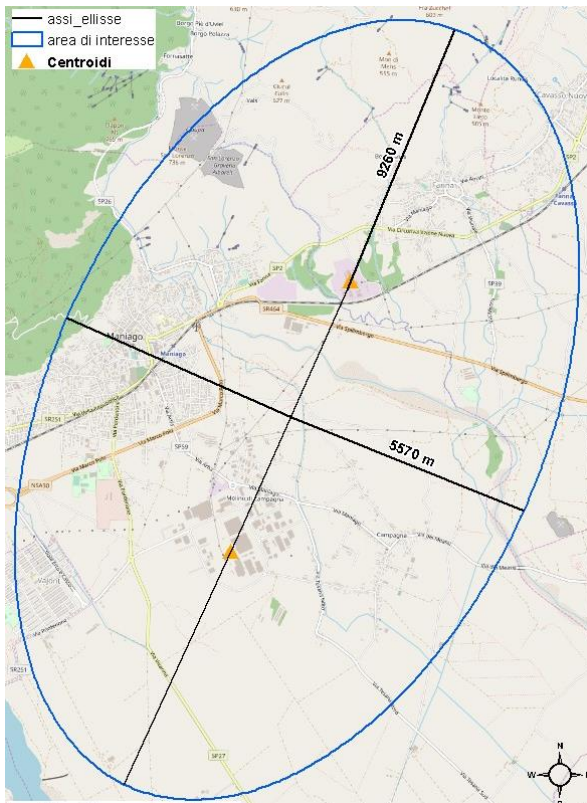
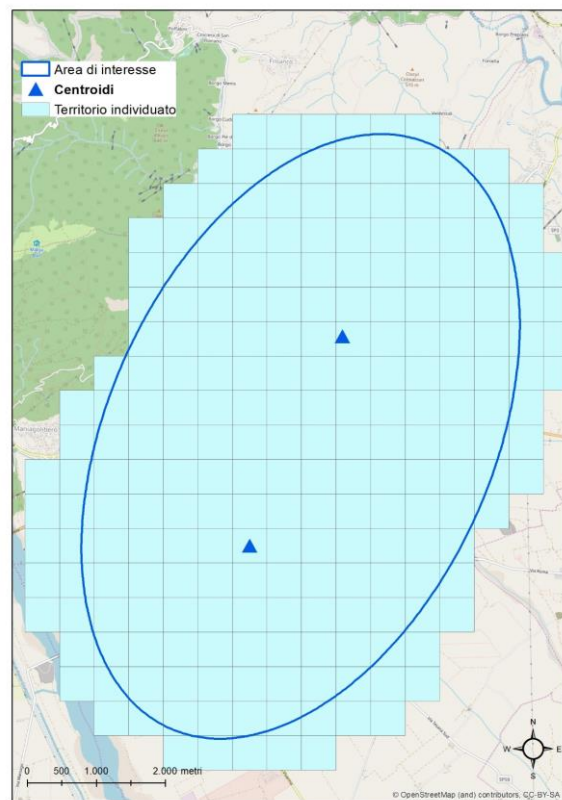


Figura 2. Area di studio discretizzata



Non potendo analizzare un campione per ciascuna cella (195 campioni), le celle della griglia sono state suddivise in 5 gruppi (di 39 celle ciascuno) distribuite sul territorio in modo che ciascun gruppo non occupi celle adiacenti, in base all'algoritmo dei cinque colori (Williams 1985). L'implementazione dell'algoritmo effettua una ripartizione delle celle tra i 5 gruppi in modo che: la distribuzione delle celle di ciascun gruppo nella macro-area sia uniforme e le celle siano equidistribuite; ciascun gruppo o colore abbia lo stesso numero totale di celle (Figura 3). L'algoritmo è stato implementato con procedure Python in ESRI® ArcGIS software (Stephens, 2006).

All'interno di ciascun gruppo, le 39 celle sono state classificate come aree da campionare (16 celle) e aree di riserva (23 celle, nel caso in cui non si fosse trovato nessun allevamento nelle celle in cui effettuare il prelievo) in modo da avere la massima equidistribuzione geografica di entrambe le categorie. In questo caso, basandosi visivamente sulle mappe del territorio, è stata data precedenza alle aree con plausibili nuclei abitati, evitando le celle ricadenti in evidenti territori inospitali per allevamenti di galline (es. montagna, aree fluviali). Successivamente sono state scelte in maniera casuale 16 celle da campionare e 23 di riserva, nel caso in cui non si fosse trovato alcun allevamento nelle celle in cui effettuare il prelievo (Figura 4).

Figura 3. Ripartizione delle celle in 5 gruppi uniformi

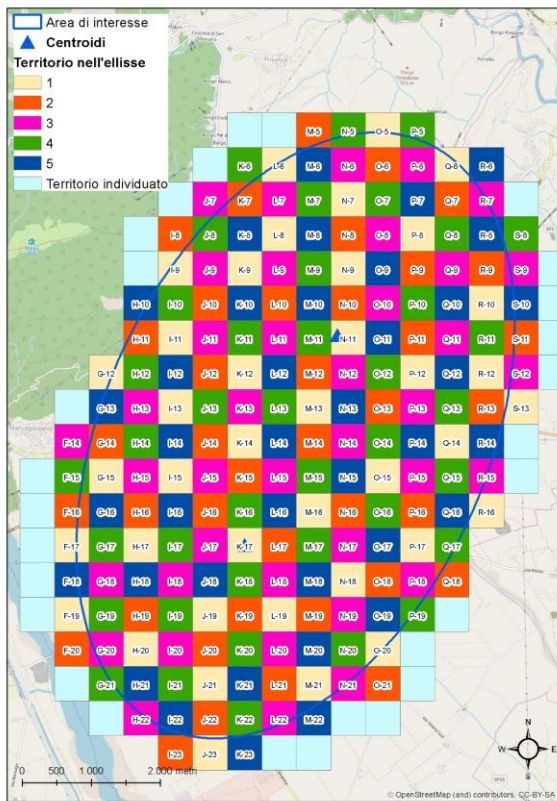
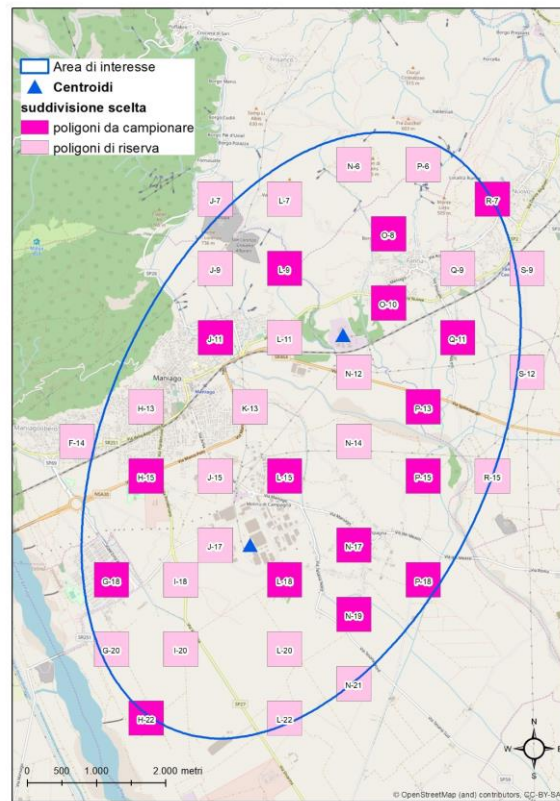


Figura 4. Celle da campionare (di colore scuro) e celle di riserva (colore chiaro)



In termini statistici la numerosità campionaria pari a 16 risulta ottimale sia da un punto di vista statistico che economico. Infatti, in una distribuzione normale standardizzata, l'intervallo di confidenza della media al 95% è uguale a:

$$\bar{x} \pm 1,96 \frac{s}{\sqrt{n}}$$

dove s è la deviazione standard e n è la numerosità campionaria.

Considerando una numerosità campionaria pari a 16 l'intervallo di confidenza al 95% diventa:

$$\bar{x} \pm 0,49 s$$

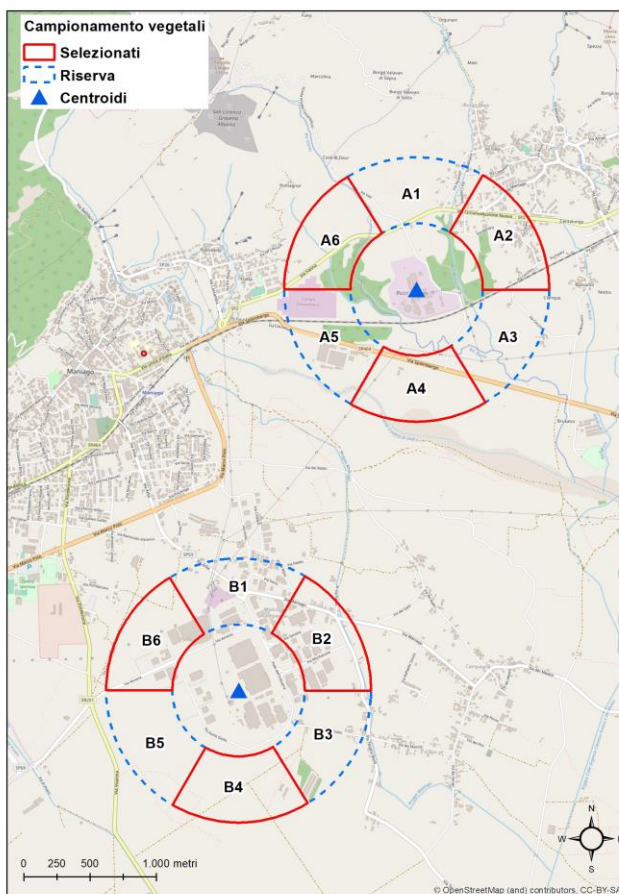
Pertanto, essendo uguale a circa metà della deviazione standard, è un valore che può considerarsi oggettivamente un buon livello di precisione. Infatti, con tale livello di precisione nella stima della media, si può prevedere che al massimo il 6,7% delle uova componenti la popolazione campionata, possano avere livelli di contaminazione superiori alla soglia di legge. Per dimezzare il livello di rischio rispetto a quello accettato con il campionamento proposto, il numero di campioni da esaminare aumenterebbe a 238.

Da ogni allevamento è stato prelevato un campione costituito da un pool di almeno 12 uova deposte da tutte le galline dell'allevamento e raccolte nell'arco di una settimana, in modo che il livello di contaminazione determinato possa essere considerato rappresentativo della contaminazione dell'intero allevamento.

Campionamento dei foraggi

Intorno ai due punti di emissione, sono stati costruiti due cerchi di raggio pari a 500 e 1000 m (Figura 5); dalla corona circolare risultante, sono stati ricavati 6 settori (3 di prelievo e 3 di riserva) entro i quali effettuare i campionamenti (3 per la zona industriale e 3 per il cementificio). In totale sono stati prelevati 6 campioni di foraggio e il campione è stato prelevato in singola aliquota. I campioni di foraggio fresco sono stati prelevati in un qualunque punto all'interno del settore circolare considerato, sfalciando l'erba ad un'altezza minima di 7 cm dal terreno. Il peso del campione è stato pari ad almeno 1 kg.

Figura 5. Mappa geografica con i settori circolari all'interno dei quali effettuare il campionamento del foraggio



Analisi chimiche e legislazione di riferimento

I campioni sono stati esaminati presso l'Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell'Abruzzo e del Molise "G. Caporale". La qualità dei risultati delle analisi di laboratorio è stata garantita dall'accreditamento delle prove in conformità ai criteri della norma ISO/IEC 17025, dall'impiego di metodi di prova validati e conformi ai requisiti tecnici previsti dalla normativa comunitaria (Regolamento (UE) n. 2017/644 e del Regolamento (UE) n. 2017/771) e dalla sistematica e proficua partecipazione a circuiti di prove interlaboratorio internazionalmente riconosciuti.

La determinazione dei PCDD/F è stata condotta prendendo come riferimento il Metodo EPA 1613 Revisione B, mentre la determinazione dei PCB si è basata sul Metodo EPA 1668 Revisione B (U.S. EPA, 1994; U.S. EPA, 1999).

Entrambi i metodi sono basati sulla diluizione isotopica e ciò permette di procedere ad una purificazione accurata del campione, compensando le perdite del composto naturale grazie all'utilizzo di un tracciante marcato. La tecnica necessita naturalmente di un sistema d'indagine finale che sia in grado di discriminare le molecole marcate da quelle naturali, e ciò viene realizzato mediante la spettrometria di massa ad alta risoluzione (HRMS).

Su ciascuna matrice prelevata è stata effettuata la ricerca di PCDD/F, DL-PCB e NDL-PCB.

Per i PCDD/F, sono stati determinati i 17 congeneri 2,3,7,8-clorosostituiti, per i DL-PCB i quattro congeneri "non-orto" 77, 81, 126 e 169 e gli otto congeneri "mono-orto" 105, 114, 118, 123, 156, 157, 167 e 189 e per gli NDL-PCB i sei congeneri 28, 52, 101, 138, 153 e 180 (Tabella 1).

Tabella 1. Analiti determinati nei campioni

PCDD/F	DL-PCB	NDL-PCB
Policlorodibenzo-p-diossine (PCDD)	non-orto-PCB	
2,3,7,8-TCDD	PCB-77	PCB-28
1,2,3,7,8-PeCDD	PCB-81	PCB-52
1,2,3,4,7,8-HxCDD	PCB-126	PCB-101
1,2,3,6,7,8-HxCDD	PCB-169	PCB-138
1,2,3,7,8,9-HxCDD		PCB-153
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD		PCB-180
OCDD		
Policlorodibenzofurani (PCDF)	mono-orto-PCB	
2,3,7,8-TCDF	PCB-105	
1,2,3,7,8-PeCDF	PCB-114	
2,3,4,7,8-PeCDF	PCB-118	
1,2,3,4,7,8-HxCDF	PCB-123	
1,2,3,6,7,8-HxCDF	PCB-156	
2,3,4,6,7,8-HxCDF	PCB-157	
1,2,3,7,8,9-HxCDF	PCB-167	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	PCB-189	
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF		
OCDF		

Oltre ai risultati analitici dei singoli congeneri, i rapporti di prova hanno riportato i valori di tossicità equivalente WHO-TEQ₀₅ relativi ai PCDD/F, DL-PCB, somma di PCDD/F + DL-PCB e la somma analitica dei 6 congeneri di NDL-PCB.

I valori di tossicità equivalente sono stati ottenuti convertendo i risultati analitici di PCDD/F e DL-PCB in equivalenti di tossicità (Toxic Equivalents –TEQ). Questa conversione si basa sull'assunzione che ad ogni congenere è associato un differente fattore di tossicità equivalente (Toxic Equivalent Factor – TEF); tali fattori sono stati stabiliti in rapporto alla 2,3,7,8-TCDD, il congenere cui è arbitrariamente assegnato il valore di TEF pari a 1. I valori analitici dei singoli congeneri sono moltiplicati per i corrispondenti TEF e quindi sommati

fra loro, fornendo così il valore di TEQ totale di un campione. In accordo con la legislazione europea, i valori dei TEQ e la somma dei sei congeneri indicatori sono stati espressi come concentrazioni “upper bound”. In modalità “upper bound”, i valori dei congeneri di diossine e PCB diossina-simili al di sotto del Limite di Quantificazione (LOQ) sono considerati uguali ai rispettivi LOQ.

I livelli di conformità dei campioni sono stati valutati tenendo conto dell'incertezza di misura e applicando i limiti fissati dal Regolamento (CE) n. 1881/2006 e s.m. per gli alimenti destinati all'uomo e dalla Direttiva 2002/32/CE e s.m. per gli alimenti zootecnici.

Per le somme analitiche e tossicologiche, l'incertezza estesa è stata calcolata considerando un fattore di copertura pari a 2 corrispondente ad un livello di confidenza del 95%.

I tenori massimi di residui fissati dalle normative europee (Regolamento n. 1881/2006 e s.m. - Direttiva 2002/32/CE e s.m.) per le diossine e i PCB sono mostrati in Tabella 2.

Tabella 2. Tenori massimi ammissibili negli alimenti

ALIMENTI	PCDD/F (WHO-TEQ)	PCDD/F+DL-PCB (WHO-TEQ)	NDL-PCB (Σ6)
Uova	2,5 (pg/g grasso)	5,0 (pg/g grasso)	40 (ng/g grasso)
Foraggio	0,75 (ng/kg 12% di umidità)	1,25 (ng/kg 12% di umidità)	10 (ng/kg 12% di umidità)

Per le diossine e DL-PCB, la Raccomandazione 2014/663/UE e la Direttiva 2002/32/CE, stabiliscono inoltre i seguenti livelli di azione (LA), ossia dei livelli al superamento dei quali, anche se i campioni risultano conformi, devono essere avviate indagini per individuare la fonte di tali sostanze (Tabella 3).

Tabella 3. Limiti di azione negli alimenti

ALIMENTI	PCDD/F (WHO-TEQ)	DL-PCB (WHO-TEQ)	NDL-PCB (Σ 6)
Uova	1,75 (pg/g grasso)	1,75 (pg/g grasso)	**
Foraggio	0,50 (ng/kg 12% di umidità)	0,35 (ng/kg 12% di umidità)	**

** Non sono previsti limiti di azione per gli NDL-PCB

Risultati e discussione

Nel periodo compreso tra novembre e dicembre 2018, il servizio veterinario della ASS n.5 del Friuli Occidentale ha prelevato i 22 campioni programmati. Le mappe relative ai punti di prelievo dei 16 campioni di uova e i 6 campioni di foraggio sono riportate in Figura 6 e 7.

Figura 6. Allevamenti avicoli in cui sono stati prelevati i campioni di uova e i rispettivi identificativi (ID)

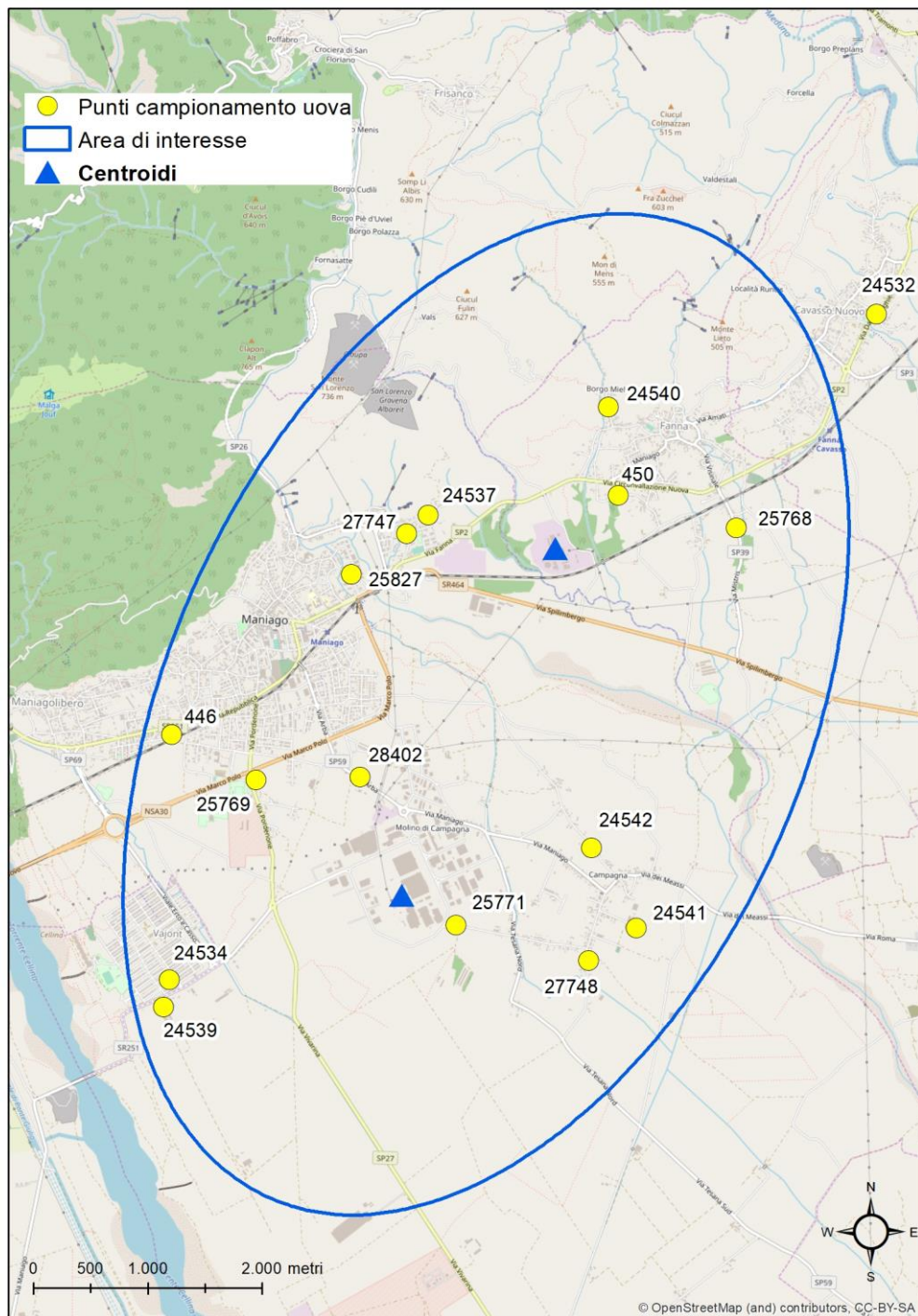
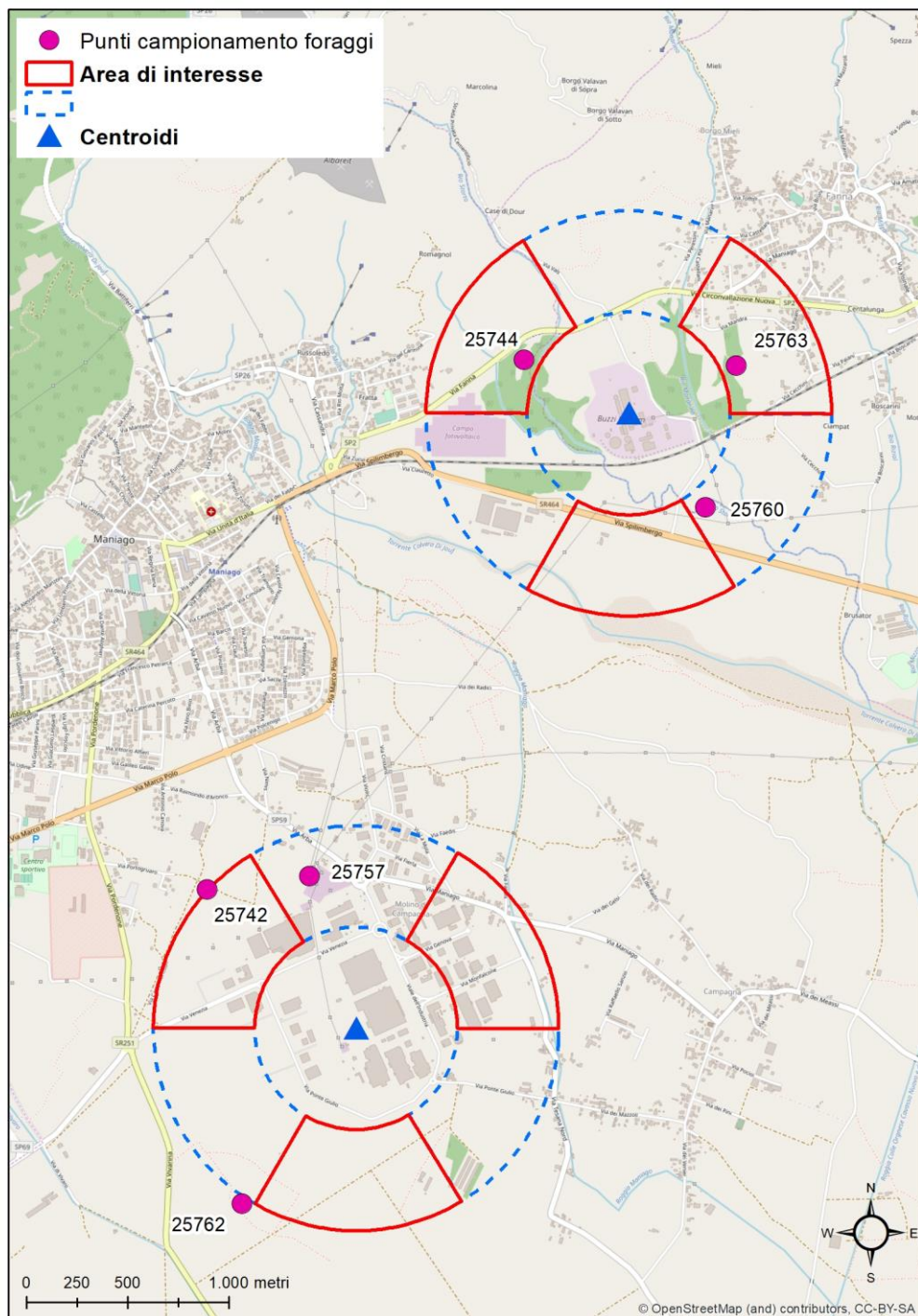


Figura 7. Punti di prelievo dei foraggi e rispettivi identificativi (ID)



Il dettaglio di tutti i risultati analitici relativi ai singoli campioni analizzati sono riportati in **APPENDICE**. I risultati analitici dei singoli congeneri di PCDD/F e DL-PCB sono stati espressi in pg/g su base lipidica per i campioni di uova e in ng/kg di prodotto intero, riferito al 12% di umidità, per i foraggi. I risultati analitici dei singoli congeneri di NDL-PCB sono stati espressi in ng/g su base lipidica per i campioni di uova e in ng/g di prodotto intero, riferito al 12% di umidità, per i foraggi.

UOVA

Da un punto di vista normativo la contaminazione nelle uova è risultata inferiore ai limiti massimi di legge tuttavia, in tre campioni (ID-24542, ID-25827 e ID-25771) sono state riscontrate concentrazioni di DL-PCB superiori al livello d'azione. Inoltre, il campione con ID-25827, mostra livelli di NDL-PCB pari a 44 ng/g grasso, superiori ai livelli massimi stabiliti dalla normativa vigente (40 ng/g grasso) ma da ritenersi conforme se si tiene conto dell'incertezza di misura.

Per tale matrice, i livelli di contaminazione medi, mediani, minimi e massimi di PCDD/F, DL-PCB e NDL-PCB sono riportati in Tabella 4.

Da un punto di vista tossicologico, i livelli di contaminazione sono risultati compresi fra 0,13 e 1,5 pg WHO-TEQ/g grasso per i PCDD/F e tra 0,14 a 4,0 pg WHO-TEQ/g grasso per i DL-PCB. La somma di PCDD/F e DL-PCB è variata da 0,33 a 5,4 pg WHO-TEQ/g grasso.

In generale, in termini di tossicità equivalente, la classe dei DL-PCB fornisce un maggiore contributo rispetto alle diossine (mediamente il 65% rispetto alla tossicità totale).

Per gli NDL-PCB, le concentrazioni sono variate da un minimo di 1,3 a un massimo di 44 ng/g grasso.

Benché il numero di campioni esaminati non permetta valutazioni statistiche particolarmente significative, le contaminazioni riscontrate non sembrano mostrare, da un punto di vista geografico, né una direzione preferenziale né un evidente gradiente di contaminazione rispetto alle potenziali sorgenti di contaminazione.

Tabella 4. Livelli minimi, mediani, medi e massimi di PCDD/F, DL-PCB e NDL-PCB nei campioni di uova (n=16)

Parametro	Minimo	Mediana	Media	Massimo
Somma PCDD/F + DL-PCB (pg WHO-TEQ/g grasso)	0,33	1,5	2,0	5,4
Somma PCDD/F (pg WHO-TEQ/g grasso)	0,13	0,56	0,64	1,5
Somma DL-PCB (pg WHO-TEQ/g grasso)	0,14	0,93	1,3	4,0
Somma NDL-PCB (ng/g grasso)	1,3	6,5	9,2	44

La contaminazione di PCDD/F e DL-PCB riscontrate sulle uova, presenta mediamente livelli doppi rispetto a quelli rilevati nei Piani Nazionali di Monitoraggio 2013-2016 (Diletti et al., 2018). Questa differenza può essere attribuita al fatto che nei piani nazionali il campionamento viene effettuato in allevamenti convenzionali e non in quelli rurali. Infatti, la maggiore contaminazione associata alle uova da galline allevate a terra è un fenomeno noto e ben descritto nella letteratura scientifica ed è legato principalmente alle abitudini che le galline hanno di razzolare, ovvero l'azione che hanno i polli di raspare nel terreno, alla ricerca di cibo da beccare (Holt et al., 2011; Van Overmeire et al., 2006; Van Overmeire et al., 2009). Questo fenomeno determina nelle galline allevate "a terra" una possibile assunzione, insieme alle granaglie, di una quantità non trascurabile di suolo potenzialmente contaminato (dai 2 ai 30 g di terreno per gallina al giorno) il quale può

influenzare i livelli degli inquinanti presenti nelle uova (Waegeneers et al. 2009, Kijlstra et al. 2007). In questo caso, il contributo dell'esposizione ambientale può essere di maggiore rilevanza rispetto a quello determinato dall'assunzione dell'alimento.

L'uptake di contaminanti dal suolo e il loro carry over alle uova dipende da molti fattori, come la concentrazione nel suolo, la biodisponibilità, il tipo di alimentazione, il tempo passato all'aperto e l'accessibilità all'alimento zootecnico (De Vries et al. 2006, Lambiase et al. 2017). Anche le stagioni possono avere un'influenza sui livelli di contaminazione: in primavera e in estate, infatti, le galline trascorrono maggior tempo all'aperto con un aumento della probabilità di beccare contaminanti dal suolo. In tali periodi però, si ha anche una maggior produzione di uova con conseguente possibilità di diluizione della contaminazione (Hoogenboom et al. 2016).

La concentrazione media della somma di PCDD/F + DL-PCB e della somma delle sole diossine è confrontabile con i livelli medi riscontrati in campioni di uova prelevati in Europa nel periodo 2010-2016 e riportati nel recente report EFSA relativo ai rischi per la salute umana e animale connessi alla presenza di diossine e PCB in alimenti e mangimi (EFSA, 2018). Infatti, a fronte di un valore medio di PCDD/F pari a 0,64 pg WHO-TEQ/g grasso ottenuto nel presente monitoraggio, a livello europeo si registra un valore di 0,58 pg WHO-TEQ/g grasso mentre, per la somma di PCDD/F e DL-PCB, la concentrazione media di 2,0 pg WHO-TEQ/g grasso ottenuta nel presente studio, è superiore alla media europea pari a 1,3 pg WHO-TEQ/g grasso.

Per quanto riguarda la contaminazione da NDL-PCB, la concentrazione media di 9,23 ng/g grasso è paragonabile a quella riportata nel report EFSA pari a 12,3 ng/g grasso, relativo all'aggiornamento del monitoraggio europeo sui livelli di diossine e PCB negli alimenti e mangimi (EFSA, 2012). In tale documento, il valore medio di contaminazione include campioni di uova provenienti da galline allevate con diversi metodi di produzione (in batteria, biologica, all'aperto o a terra).

In un recente studio condotto in Campania (Lambiase et al. 2017), sono stati analizzati 56 campioni di uova provenienti da diverse zone della Regione e prelevati in allevamenti per autoconsumo. I risultati hanno mostrato livelli di contaminazione da diossine e PCB che hanno spesso superato i livelli d'azione (24% dei casi) e a volte superato (10% dei casi) i livelli massimi stabiliti dal regolamento europeo. La concentrazione di diossine trovata nelle uova varia da un minimo di 0,01 fino a un massimo di 6,18 pg WHO-TEQ/g grasso con una media di 0,87 pg WHO-TEQ/g grasso, la concentrazione di DL-PCB da 0,01 a 14,60 pg WHO-TEQ/g grasso con una media di 1,57 pg WHO-TEQ/g grasso e la loro somma da 0,08 a 17,15 pg WHO-TEQ/g grasso con una media di 2,49 pg WHO-TEQ/g grasso.

Uno studio analogo condotto in Olanda (Hoogenboom et al. 2016), uova per autoconsumo provenienti da 62 pollai situati in differenti zone dell'Olanda sono state analizzate per diossine e PCB. In generale la contaminazione nelle uova è risultata elevata a prescindere dal luogo di prelievo e dalla presenza o meno di zone industrializzate. I livelli di contaminazione sono 10 volte più alti di quelli riscontrati nelle uova di allevamento al chiuso prelevate nell'ambito dei piani di monitoraggio nazionali. Il 47% dei campioni ha presentato una contaminazione superiore al limite massimo (ML) per PCDD/F mentre il 39% dei campioni per la somma PCDD/F+DL-PCB.

Per la stessa matrice, alti livelli di contaminazione sono stati trovati in Piemonte nei pressi di una fonderia di alluminio (Squadroni et al. 2015). In tale studio, sono stati analizzati 21 campioni di uova provenienti da piccoli allevamenti rurali situati ad una distanza massima

di 4,5 km dall'impianto. Il 43% dei campioni esaminati, sono risultati non conformi alla normativa vigente. I livelli di contaminazione, espressi come somma tossicologica di diossine e DL-PCB, sono compresi tra 0,22 e 113 pg WHO-TEQ/g grasso mentre, per gli NDL-PCB tra 1,62 e 218 ng/g grasso. Nello studio inoltre, si evidenzia come le concentrazioni rilevate diminuiscano drasticamente allontanandosi dall'impianto siderurgico.

In generale i profili di contaminazione rispecchiano quelli trovati in altri lavori (Hoogenboom et al., 2016; Lambiase et al., 2017) con una prevalenza da un punto di vista tossicologico, dei DL-PCB rispetto alle diossine e di PCDF rispetto alle PCDD.

Da un punto di vista analitico, tra le diossine, i congeneri più abbondanti risultano l'OCDD, il HpCDD e il 2,3,7,8-TCDF mentre tra i DL-PCB quelli più abbondanti sono il congenere PCB-118, PCB-105 il PCB 156. Per gli NDL-PCB prevalgono i congeneri ad alto grado di clorurazione esa-eptaclorurati, PCB-153, PCB-138 e PCB-180 mentre, l'assenza dei congeneri basso clorurati è riconducibile a fenomeni di metabolismo (De Vos et al. 2005; Windal et al. 2009)

Per quanto riguarda i profili, uno studio del 2006 (Schoeters et al. 2006) ha mostrato che il profilo di contaminazione rispecchia normalmente quello del suolo, anche se in genere si ha un maggiore accumulo di basso-clorurati poiché maggiormente biodisponibili rispetto agli alto-clorurati.

Nella Figure 8-10, sono riportati i profili medi di contaminazione riscontrati nelle uova esaminate.

Figura 8. Profilo medio di contaminazione nelle uova (PCDD/F)

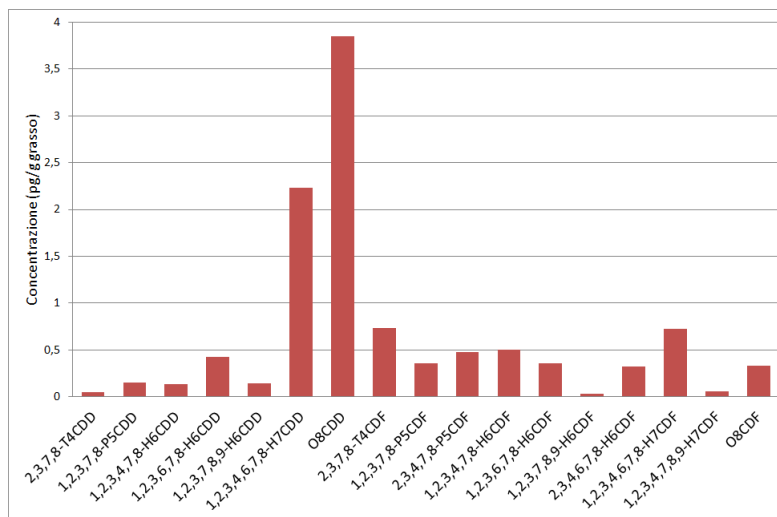


Figura 9. Profilo medio di contaminazione nelle uova (DL-PCB)

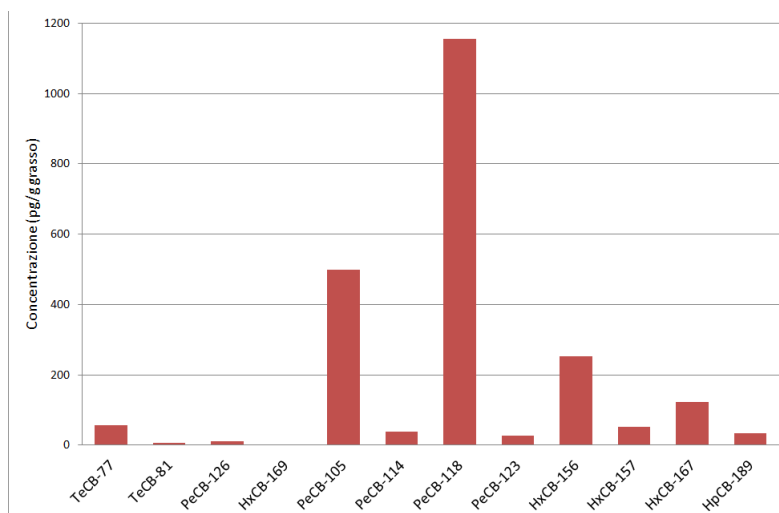
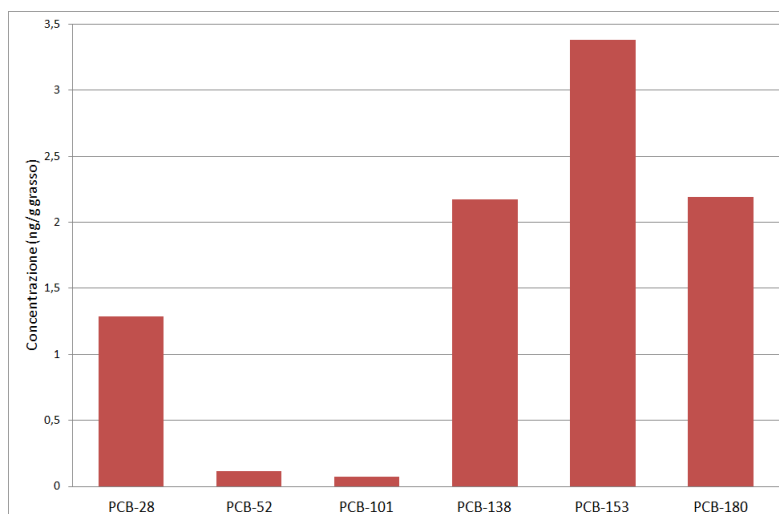


Figura 10. Profilo medio di contaminazione nelle uova (NDL-PCB)



FORAGGI

Da un punto di vista normativo la contaminazione nei foraggi, è risultata inferiore ai limiti massimi di legge e ai limiti di azione per tutte le classi di contaminante esaminate.

Per tale matrice, i livelli di contaminazione medi, mediani, minimi e massimi di PCDD/F, DL-PCB e NDL-PCB sono riportati in Tabella 5.

Da un punto di vista tossicologico, i livelli di contaminazione sono risultati compresi fra 0,061 e 0,22 pg WHO-TEQ/g per i PCDD/F e tra 0,084 a 0,32 pg WHO-TEQ/g per i DL-PCB. La somma di PCDD/F e DL-PCB è variata da 0,15 a 0,54 pg WHO-TEQ/g.

In generale, in termini di tossicità equivalente, la classe dei DL-PCB fornisce, seppur in misura inferiore rispetto alle uova, un maggiore contributo rispetto alle diossine (mediamente il 56% rispetto alla tossicità totale).

Per gli NDL-PCB, le concentrazioni sono comprese tra 0,31 e 1,2 ng/g.

Tabella 5. Livelli minimi, mediani, medi e massimi di PCDD/F, DL-PCB e NDL-PCB nei campioni di foraggi (n=6)

Parametro	Minimo	Mediana	Media	Massimo
Somma PCDD/F + DL-PCB (ng WHO-TEQ/kg al 12% umidità)	0,15	0,22	0,27	0,54
Somma PCDD/F (ng WHO-TEQ/kg al 12% umidità)	0,061	0,10	0,11	0,22
Somma DL-PCB (ng WHO-TEQ/kg al 12% umidità)	0,084	0,13	0,15	0,32
Somma NDL-PCB (ng/g al 12% umidità)	0,31	0,44	0,54	1,2

Lo scarso numero di campioni del presente monitoraggio non permette un confronto diretto dei risultati con i dati di contaminazione ottenuti nell'ambito dei controlli ufficiali a livello italiano e europeo, tuttavia, una comparazione dei livelli medi di contaminazione può fornire un'idea di quanto la contaminazione dei foraggi prodotti nelle aree di studio si discosti da quella presente in campioni di foraggio destinati all'alimentazione animale prodotti in Europa e in Italia.

I valori medi di contaminazione, espressi come somma di PCDD/F + DL-PCB e somma delle sole diossine, sono nello stesso ordine di grandezza rispetto a quelli riscontrati in Europa nel periodo 2010-2016 e riportati nel recente report EFSA relativo ai rischi per la salute umana e animale connessi alla presenza di diossine e PCB in alimenti e mangimi (EFSA, 2018). Infatti, le concentrazioni medie della somma di PCDD/F + DL-PCB e somma delle sole diossine, pari a 0,27 e 0,11 pg WHO-TEQ/g ottenute nel presente monitoraggio, risultano superiori ai valori medi europei di 0,12 e 0,07 pg WHO-TEQ/g rispettivamente ma, bisogna tener conto che i prelievi eseguiti per il presente monitoraggio, sono stati effettuati in prossimità (distanza compresa tra i 500 e 1000 metri) di importanti fonti antropiche come un cementificio e un nucleo industriale.

Analogo andamento si registra quando si confrontano i risultati del presente monitoraggio con i dati di contaminazione media registrati in campioni di foraggio prelevati in Italia nel periodo 2013-2018 nell'ambito di piani di monitoraggio condotti a livello nazionale e regionale (dati non pubblicati). Le concentrazioni medie registrate in Italia, per la stessa tipologia di matrice, sono pari a 0,14 pg WHO-TEQ/g per la somma PCDD/F + DL-PCB, 0,074 pg WHO-TEQ/g per la somma PCDD/F e 0,48 ng/g per la somma NDL-PCB.

I profili di contaminazione sono omogenei tra di loro. Per le diossine si ha una prevalenza dei congeneri con alto grado di clorurazione epta ed octa-clorurati. Un profilo analogo si è riscontrato in campioni di alimenti zootecnici di origine vegetale prelevati in Italia nell'ambito dei piani di monitoraggio nazionali (Ceci et al. 2004).

Tra i DL-PCB quelli più abbondanti sono il congenere PCB-118, PCB-105 e il PCB 156. Per gli NDL-PCB prevalgono i congeneri PCB-153, PCB-138, PCB-180 e PCB-28.

Nella Figure 11-13, sono riportati i profili medi di contaminazione riscontrati nei foraggi esaminati.

Figura 11. Profilo medio di contaminazione nei foraggi (PCDD/F)

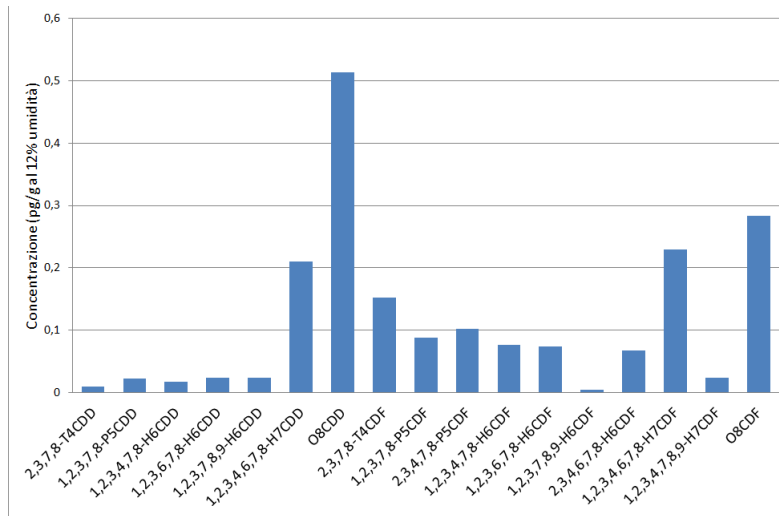


Figura 12. Profilo medio di contaminazione nei foraggi (DL-PCB)

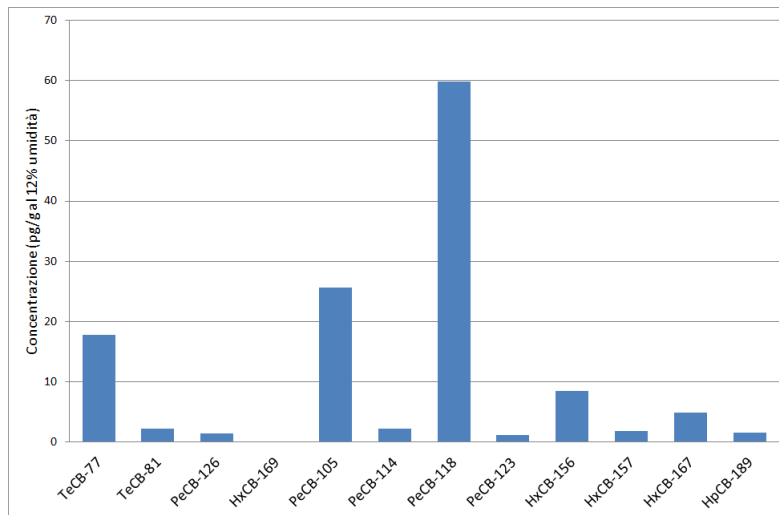
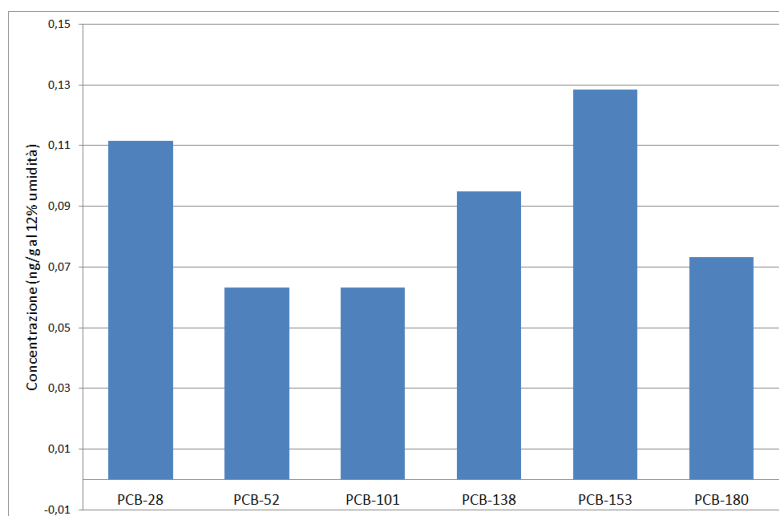


Figura 13. Profilo medio di contaminazione nei foraggi (NDL-PCB)



CONCLUSIONI

Le uova, rappresentano una componente importante nella dieta umana. Diversi studi hanno investigato la presenza di inquinanti ambientali in tali alimenti perché, l'eventuale contaminazione degli stessi, potrebbe rappresentare un serio rischio per la salute dei consumatori.

In questo lavoro, si è ritenuto opportuno organizzare un'indagine conoscitiva per la ricerca di alcuni contaminanti ambientali che, per caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche, luogo e modalità di rilascio nell'ambiente, possono ritenersi d'interesse prioritario nell'area di studio.

I risultati delle diverse determinazioni analitiche, hanno rivelato concentrazioni medie comparabili con quelle riportate in altre ricerche effettuate in altre aree e condotte con simili disegni sperimentali.

Pur con tutti i limiti descritti e senza trarre conclusioni definitive, il quadro che si è riscontrato nell'area di studio, sembra essere rassicurante, seppur limitatamente alle tipologie di inquinanti ricercati e alle matrici investigate. Tuttavia, negli allevamenti con livelli di contaminazione superiori ai limiti di azione sarebbe opportuno effettuare ulteriori controlli al fine di individuare l'eventuale causa della contaminazione.

I risultati ottenuti, evidenziano come il contributo dell'esposizione ambientale sia significativo nelle galline allevate all'aperto rispetto a quelle allevate con metodi convenzionali. Le uova da allevamenti rurali rappresentano un ottimo bioindicatore della contaminazione ambientale e, come confermato da diversi studi, il loro consumo potrebbe potenzialmente determinare una elevata esposizione a PCDD/F e PCB così come ad altri contaminanti presenti nel suolo.

In generale sarebbe opportuno attuare delle misure atte a diminuire l'esposizione globale a tali contaminanti. Tali misure dovrebbero favorire una riduzione dei livelli di contaminazione nel suolo dove le galline razzolano oppure, una diminuzione dell'ingestione di suolo contaminato da parte dell'animale (ad es. non fornendo le granaglie direttamente sul suolo, fornendo sufficiente mangime, sostituendo il suolo superficiale con quello profondo o coprendolo con erba o piastrelle). Altre misure precauzionali di buona pratica di allevamento consistono nell'evitare di bruciare rifiuti derivanti da attività agricole e/o disperdere le ceneri nell'area dove razzolano le galline, rimuovere le tracce di combustioni passate e prestare particolare attenzione all'utilizzo di legni verniciati e/o chimicamente trattati, materiale plastico, gomme, olii di macchine agricole esausti, sacchi di cartone di fertilizzanti vuoti e altri materiali che possono contenere o generare diossine e PCB.

BIBLIOGRAFIA

- Ceci R., Diletti G., Torreti L., De Benedictis A., Scortichini G., 2004. Animal feed contamination by PCDDs-PCDFs in Italy in years 2002-2003. *Organohalogen Compounds* 66, 2015-2019.
- De Vos S., Verschueren D., De Schrijver R. 2005. Digestibility, retention and incorporation of low-level dietary PCB contents in laying hens. *Chemosphere* 58, 1553-1562.
- De Vries M., Kwakkel R.P., Kijlstra A. 2006. Dioxins in organic eggs: a review. *NJAS Wageningen J Life Sci.* 54, 207–221.
- Diletti G., Scortichini G., Abete M.C., Binato G., Candeloro L., Ceci R., Chessa G., Conte A., Di Sandro A., Esposito M., Fedrizzi G., Ferrantelli V., Ferretti E., Menotta S., Nardelli V., Neri B., Piersanti A., Roberti F., Ubaldi A., Brambilla G. 2018. Intake estimates of dioxins and dioxin-like polychlorobiphenyls in the Italian general population from the 2013-2016 results of official monitoring plans in food. *Science of the Total Environment* 627, 11–19.
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), 2012. Update of the monitoring of dioxins and PCBs levels in food and feed. *EFSA Journal*, 10(7), 2832. DOI: 10.2903/j.efsa.2012.2832. <https://www.efsa.europa.eu/it/efsajournal/pub/2832>
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM) 2018. Scientific Opinion on the risk for animal and human health related to the presence of dioxins and dioxin-like PCBs in feed and food. *EFSA Journal* 2018;16(11):5333, 331 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5333>
- Holt P.S., Davies R.H., Dewulf J., Gast R.K., Huwe J.K., Jones D.R., Waltman D., Willian K.R. 2011. The impact of different housing systems on egg safety and quality. *Poultry Science* 90, 251 – 262.
- Hoogenboom R.L.A.P., ten Dam G., van Bruggen M., Jeurissen S.M.F., van Leeuwen S.P.J., Theelen R.M.C. 2016. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDD/Fs) and biphenyls (PCBs) in home-produced eggs. *Chemosphere* 150, 311 – 319.
- IARC. 1997. Polychlorinated dibenzo-para-dioxins and polychlorinated dibenzofurans. In: *IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*. No 69.
- IARC. 2012. A review of human carcinogens—Part F: chemical agents and related occupations. In: *IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*. No 100F.
- IARC. 2016. Polychlorinated Biphenyls and Polybrominated Biphenyls. In: *IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*. No 107.
- Lambiase S., Serpe F.P., Cavallo S., Rosato G., Baldi L., Neri B., Esposito M. 2017. Occurrence of polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs), dibenzofurans (PCDFs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in eggs from free-range hens in Campania (southern Italy) and risk evaluation. *Food Additives & Contaminants part A* 34(1), 56 – 64.
- Kijlstra A., Traag W.A., Hoogenboom L.A.P. 2007. Effect of Flock Size on Dioxin Levels in Eggs from Chickens Kept Outside. *Poultry Science* 86, 2042 – 2048.
- Schoeters, G., Hoogenboom, L.A.P., 2006. Dioxin contamination in laying hens and eggs. *Mol. Nutr. Food Res.* 50, 908-914.

Squadrone S, Brizio P, Nespoli R, Stella C, Abete MC. 2015. Human dietary exposure and levels of polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs), polychlorinated dibenzofurans (PCDFs), dioxin-like polychlorinated biphenyls (DL-PCBs) and non-dioxin-like polychlorinated biphenyls (NDLPCBs) in free-range eggs close to a secondary aluminum smelter Northern Italy. *Environ Pollut.* 206:429–436.

Stephens R. 2006. "Colorful Algorithms: Solving Map-coloring and Related Problems" <http://www.devx.com/dotnet/Article/32927>

United States Environmental Protection Agency (U.S.EPA), 1994. Method 1613: Tetra through Octa-Chlorinated Dioxins and Furans by Isotope Dilution HRGC/HRMS (Rev. B.).

United States Environmental Protection Agency (U.S.EPA), 1999. Method 1668 Rev. A: "Chlorinated biphenyl congeners in water, soil, sediment, and tissue by HRGC/HRMS".

Van Overmeire I., Pussemier L., Hanot V., De Temmerman L., Hoenig M., Goeyens L. 2006. Chemical contamination of free-range eggs from Belgium. *Food Addit. Contam.* 23, 1109-1122.

Van Overmeire I., Pussemier L., Waegeneers N., Hanot V., Windal I., Boxus L., Covaci A., G. Eppe, Scippo M.L., Sioen I., Bilau M., Gellynck X., De Steur H., Tangni E.K., Goeyens L. 2009. Assessment of the chemical contamination in home-produced eggs in Belgium: General overview of the CONTEGG study. *Science of the Total Environment*, 4406-4410.

Van den Berg M., Birnbaum L.S., Denison M., De Vito M., Farland W., Feeley M., Fiedler H., Hakansson H., Hanberg A., Haws L., Rose M., Safe S., Schrenk D., Tohyama C., Tritscher A., Tuomisto J., Tysklind M., Walker N. and Peterson R.E. 2006. The 2005 World Health Organization reevaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds. *Toxicological sciences* 93, 223-241.

Waegeneers N., De Steur H., De Temmerman L., Van Steenwinkel S., Gellynck X., Viaene J. 2009. Transfer of soil contaminants to home-produced eggs and preventive measures to reduce contamination. *Science of the Total Environment*, 407, 4438 - 4446.

Williams M.H. 1985. "A Linear Algorithm for Colouring Planar Graphs with Five Colours". *The Computer Journal* 28, 78-81.

Windal I., Hanot V., Marchi J., Huysmans G., Van Overmeire I., Waegeneers N., Goeyens L. 2009. PCB and organochlorine pesticides in home-produced eggs in Belgium. *Science of the Total Environment*, 407, 4430-4437.

Riferimenti normativi

Direttiva 2002/32/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa alle sostanze indesiderabili nell'alimentazione degli animali.

Regolamento (CE) N. 1881/2006 della Commissione del 19 dicembre 2006, che definisce i tenori massimi di alcuni contaminanti nei prodotti alimentari.

Raccomandazione N. 2014/663/UE della Commissione del 11 settembre 2014, che modifica l'allegato della Raccomandazione 2013/711/UE sulla riduzione della presenza di diossine, furani e PCB nei mangimi e negli alimenti.

Regolamento (UE) 2017/644 della Commissione del 05 aprile 2017, che stabilisce i metodi di campionamento e di analisi per il controllo dei livelli di diossine, PCB diossina-simili e PCB non diossina-simili in alcuni prodotti alimentari e che abroga il regolamento (UE) n. 589/2014.

Regolamento (UE) 2017/771 della Commissione del 03 maggio 2017, che modifica il regolamento (CE) n. 152/2009 per quanto riguarda i metodi per la determinazione dei livelli di diossine e policlorobifenili.

APPENDICE



Livelli di contaminazione di diossine e PCB in campioni di uova e foraggi - somme tossicologiche (PCDD/F e DL-PCB) e analitiche (NDL-PCB)

ID	COMUNE	MATERIALE	LATITUDINE	LONGITUDINE	PCDD/F + DL-PCB* (WHO-PCDD/F-PCB-TEQ)	PCDD/F* (WHO-PCDD/F-TEQ)	DL-PCB* (WHO-PCB-TEQ)	NDL-PCB** (Σ6 congeneri)
24532	CAVASSO NUOVO	UOVA	46,196363	12,775612	1,26 ± 0,20	0,49 ± 0,08	0,77 ± 0,12	5,56 ± 0,71
24534	VAJONT	UOVA	46,142438	12,697805	2,93 ± 0,48	1,08 ± 0,18	1,85 ± 0,30	13,30 ± 1,75
24537	MANIAGO	UOVA	46,179573	12,725565	1,22 ± 0,20	0,62 ± 0,10	0,60 ± 0,10	3,44 ± 0,44
24539	VAJONT	UOVA	46,140272	12,697188	0,61 ± 0,10	0,26 ± 0,04	0,35 ± 0,06	1,31 ± 0,15
24540	FANNA	UOVA	46,188464	12,745569	1,89 ± 0,31	0,13 ± 0,02	1,76 ± 0,28	17,29 ± 2,43
24541	MANIAGO	UOVA	46,147549	12,750437	0,58 ± 0,09	0,22 ± 0,04	0,36 ± 0,06	2,54 ± 0,31
24542	MANIAGO	UOVA	46,153732	12,745117	3,50 ± 0,57	0,67 ± 0,11	2,83 ± 0,46	10,10 ± 1,44
25768	FANNA	UOVA	46,179248	12,760456	2,95 ± 0,48	1,44 ± 0,24	1,51 ± 0,24	9,25 ± 1,20
25769	MANIAGO	UOVA	46,158341	12,706952	1,98 ± 0,32	0,65 ± 0,11	1,33 ± 0,21	8,42 ± 1,19
25771	MANIAGO	UOVA	46,147375	12,730048	4,24 ± 0,69	1,54 ± 0,26	2,70 ± 0,43	11,01 ± 1,59
25827	MANIAGO	UOVA	46,174724	12,717044	5,43 ± 0,88	1,45 ± 0,24	3,98 ± 0,64	43,94 ± 5,85
27747	MANIAGO	UOVA	46,178065	12,723142	1,09 ± 0,18	0,35 ± 0,06	0,74 ± 0,12	6,41 ± 1,05
27748	MANIAGO	UOVA	46,144905	12,745153	0,93 ± 0,15	0,17 ± 0,03	0,76 ± 0,12	2,74 ± 0,35
28402	MANIAGO	UOVA	46,158817	12,71867	1,03 ± 0,17	0,34 ± 0,06	0,69 ± 0,11	6,52 ± 0,88
446	MANIAGO	UOVA	46,161724	12,697254	1,74 ± 0,28	0,65 ± 0,11	1,09 ± 0,18	4,24 ± 0,61
450	FANNA	UOVA	46,181539	12,747006	0,33 ± 0,05	0,19 ± 0,03	0,14 ± 0,02	1,60 ± 0,19
25742	MANIAGO	FORAGGIO	46,155534	12,713973	0,275 ± 0,052	0,127 ± 0,028	0,148 ± 0,024	0,46 ± 0,05
25744	FANNA	FORAGGIO	46,179462	12,733234	0,192 ± 0,037	0,097 ± 0,021	0,095 ± 0,015	0,45 ± 0,05
25757	MANIAGO	FORAGGIO	46,15627	12,720491	0,537 ± 0,099	0,217 ± 0,048	0,320 ± 0,051	1,15 ± 0,12
25760	MANIAGO	FORAGGIO	46,173148	12,745094	0,203 ± 0,037	0,077 ± 0,017	0,126 ± 0,020	0,31 ± 0,03
25762	MANIAGO	FORAGGIO	46,141632	12,716773	0,243 ± 0,045	0,108 ± 0,024	0,135 ± 0,022	0,43 ± 0,04
25763	FANNA	FORAGGIO	46,179471	12,746817	0,145 ± 0,027	0,061 ± 0,014	0,084 ± 0,014	0,41 ± 0,04

* : i livelli di contaminazione sono espressi in "pg/g prodotto grasso" per i campioni di uova e in "pg/g prodotto intero al 12% umidità" per i campioni di foraggio

** : i livelli di contaminazione sono espressi in "ng/g prodotto grasso" per i campioni di uova e in "ng/g prodotto intero al 12% umidità" per i campioni di foraggio

Livelli di contaminazione di PCDD in campioni di uova e foraggi. I risultati sono espressi in "pg/g prodotto grasso" per i campioni di uova e in "pg/g prodotto intero al 12% umidità" per i campioni di foraggio

ID	Materiale	2,3,7,8-TCDD	1,2,3,7,8-PeCDD	1,2,3,4,7,8-HxCDD	1,2,3,6,7,8-HxCDD	1,2,3,7,8,9-HxCDD	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	OCDD
446	Uova	0,05	0,17	0,15	0,26	0,15	0,62	0,71
450	Uova	<0,01	<0,02	<0,01	<0,04	<0,01	0,77	1,79
24532	Uova	<0,01	0,28	<0,02	<0,03	<0,05	0,29	0,35
24534	Uova	0,11	0,21	0,34	0,63	0,28	2,57	4,62
24537	Uova	<0,01	<0,09	0,12	1,04	0,23	3,07	4,5
24539	Uova	<0,01	<0,04	<0,04	0,21	<0,01	1,11	1,83
24540	Uova	<0,03	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	0,22	0,35
24541	Uova	<0,06	<0,01	<0,03	<0,06	<0,06	0,19	1,00
24542	Uova	<0,04	0,16	0,12	0,59	0,15	2,12	4,34
25768	Uova	0,13	0,37	0,58	1,27	0,54	9,39	19,54
25769	Uova	<0,02	0,15	0,14	0,29	<0,07	1,08	2,19
25771	Uova	0,13	0,28	0,32	0,53	0,22	1,89	2,78
25827	Uova	<0,07	0,46	0,24	1,22	0,44	7,34	11,72
27747	Uova	<0,04	<0,01	<0,01	0,28	<0,01	1,69	2,99
27748	Uova	<0,01	<0,01	<0,02	0,09	<0,03	0,69	1,04
28402	Uova	<0,01	<0,08	<0,01	0,20	0,04	0,99	1,79
25742	Foraggio	<0,009	0,043	0,022	0,022	0,016	0,188	0,544
25744	Foraggio	<0,003	<0,014	0,022	0,026	0,027	0,219	0,448
25757	Foraggio	0,029	0,049	0,022	0,036	0,024	0,230	0,557
25760	Foraggio	<0,003	<0,005	0,020	0,015	0,025	0,264	0,598
25762	Foraggio	0,016	0,016	0,019	0,024	0,032	0,227	0,696
25763	Foraggio	<0,001	<0,006	<0,002	0,020	0,021	0,130	0,233

Livelli di contaminazione di PCDF in campioni di uova e foraggi. I risultati sono espressi in "pg/g prodotto grasso" per i campioni di uova e in "pg/g prodotto intero al 12% umidità" per i campioni di foraggio

ID	Materiale	2,3,7,8-TCDF	1,2,3,7,8-PeCDF	2,3,4,7,8-PeCDF	1,2,3,4,7,8-HxCDF	1,2,3,6,7,8-HxCDF	1,2,3,7,8,9-HxCDF	2,3,4,6,7,8-HxCDF	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	OCDF
446	Uova	0,44	0,54	0,49	0,52	0,43	<0,02	0,47	0,61	<0,01	0,38
450	Uova	0,35	<0,05	0,18	0,23	0,16	<0,01	0,08	<0,08	<0,01	<0,01
24532	Uova	0,41	0,17	0,22	0,35	0,11	<0,07	0,2	0,25	<0,02	0,18
24534	Uova	1,07	0,72	0,86	0,99	0,6	<0,06	0,45	1	0,1	0,66
24537	Uova	0,7	0,31	0,44	0,57	0,34	0,05	0,29	0,82	0,06	0,33
24539	Uova	0,44	<0,03	0,2	0,23	0,25	<0,02	0,19	0,42	<0,01	0,2
24540	Uova	0,29	0,05	0,17	0,04	0,03	<0,01	0,05	0,03	<0,01	<0,03
24541	Uova	0,37	0,14	0,17	0,13	0,15	<0,01	0,12	0,18	<0,01	0,08
24542	Uova	0,77	0,42	0,55	0,44	0,36	<0,02	0,25	0,48	<0,02	0,24
25768	Uova	1,18	0,59	0,69	0,71	0,8	<0,05	0,71	2,88	0,17	0,88
25769	Uova	0,97	0,37	0,59	0,55	0,35	0,06	0,31	0,78	<0,05	0,4
25771	Uova	2,02	1,06	1,51	1,2	0,86	<0,10	0,81	1,21	0,14	0,54
25827	Uova	1,19	0,73	0,85	1,17	0,68	<0,04	0,56	1,59	<0,13	0,87
27747	Uova	0,67	0,25	0,28	0,32	0,22	<0,01	0,31	0,43	<0,05	<0,07
27748	Uova	0,39	0,13	0,14	0,18	0,05	<0,01	0,17	0,16	<0,01	0,06
28402	Uova	0,51	0,19	0,23	0,33	0,31	<0,01	0,2	0,63	0,04	0,36
25742	Foraggio	0,126	0,086	0,116	0,052	0,054	<0,001	0,055	0,161	<0,001	0,134
25744	Foraggio	0,124	0,073	0,105	0,078	0,085	<0,003	0,053	0,191	0,022	0,214
25757	Foraggio	0,326	0,171	0,178	0,118	0,120	<0,007	0,099	0,259	0,033	0,305
25760	Foraggio	0,093	0,06	0,083	0,076	0,072	<0,005	0,066	0,261	0,022	0,245
25762	Foraggio	0,099	0,073	0,073	0,098	0,075	<0,009	0,082	0,427	0,052	0,695
25763	Foraggio	0,146	0,069	0,062	0,034	0,039	<0,002	0,052	0,078	0,011	0,104

Livelli di contaminazione di DL-PCB in campioni di uova e foraggi. I risultati sono espressi in "pg/g prodotto grasso" per i campioni di uova e in "pg/g prodotto intero al 12% umidità" per i campioni di foraggio

ID	Materiale	PCB-77	PCB-81	PCB-126	PCB-169	PCB-105	PCB-114	PCB-118	PCB-123	PCB-156	PCB-157	PCB-167	PCB-189
446	Uova	19,05	1,67	10,17	<1,30	214,58	21,34	613,55	12,06	128,26	30,62	74,69	17
450	Uova	9,98	<0,61	0,97	<0,95	88,01	2,56	241,37	4,74	34,25	9,22	15,5	4,62
24532	Uova	166,79	16,06	6,96	0,67	243,82	18,26	476,99	10,75	131,48	21,93	63,04	15,45
24534	Uova	114,47	14,16	16,69	2,15	756,49	59,67	1686,73	48,45	359,42	80,46	177,19	43,89
24537	Uova	14,52	<1,00	5,47	0,61	240,74	19,49	566,75	11,46	110,98	22,72	52,14	11,75
24539	Uova	8,47	<0,83	3,33	<0,10	68,04	4,65	192,01	3,31	33,49	8,01	18,51	5,24
24540	Uova	50,26	5,06	15,91	3,36	335,12	43,21	967,31	12,19	391,52	44,22	191,75	98,19
24541	Uova	12,71	<0,34	3,19	<0,18	224,29	16,48	601,94	10,72	81,52	19,19	36,97	5,84
24542	Uova	47,64	4,45	26,46	2,15	831,36	70,02	1943,1	44,04	475,03	101,46	226,78	52,79
25768	Uova	98,24	9,1	13,7	1,19	743,68	50,92	1727,4	29,54	344,86	78,4	162,27	31,42
25769	Uova	25,38	2,54	12,16	2,03	381,1	38,2	853,49	21,6	294,53	65,54	131,98	36,94
25771	Uova	39,54	3,1	25,37	2,93	463,26	51,14	1117,63	32,97	359,67	76,94	203,47	38,4
25827	Uova	201,76	26,99	35,4	3,69	2540,99	174,27	5362,31	141,18	914,61	184,04	439,89	140,28
27747	Uova	56,84	6,33	6,64	<1,31	184,2	16,23	466,9	8,85	77,78	16,06	38,63	8,5
27748	Uova	20,58	<1,43	7,08	<0,29	375,35	16,69	848,32	18,43	148,65	40,12	61,56	9,23
28402	Uova	9,73	2,04	6,25	<0,55	296,3	26,19	809,67	13,61	160,87	27,63	80,49	34,73
25742	Foraggio	14,05	2,2	1,41	<0,07	23,14	1,29	53,75	0,95	8,21	1,63	4,56	1,32
25744	Foraggio	14,85	<1,48	0,89	<0,03	26,1	1,54	61,06	1,28	7,57	1,8	4,86	2,32
25757	Foraggio	29,53	<3,46	3,03	0,26	39	2,94	82,64	1,75	18,47	3,44	10,33	2,43
25760	Foraggio	14,44	1,47	1,2	<0,05	18,63	2,26	45,95	0,99	5,29	1,26	3,02	1,35
25762	Foraggio	20,85	2,56	1,27	<0,07	28,3	3,15	68,65	1,46	7,3	1,65	4,19	1,04
25763	Foraggio	12,94	2,1	0,78	<0,07	18,79	2,26	46,54	0,92	4,34	1,07	2,7	0,69

Livelli di contaminazione di NDL-PCB in campioni di uova e foraggi. I risultati sono espressi in "ng/g prodotto grasso" per i campioni di uova e in "ng/g prodotto intero al 12% umidità" per i campioni di foraggio

ID	Materiale	PCB-28	PCB-52	PCB-101	PCB-138	PCB-153	PCB-180
446	Uova	0,21	0,07	0,04	1,14	1,99	0,79
450	Uova	0,31	0,12	0,04	0,37	0,5	0,26
24532	Uova	2,02	0,08	0,04	1,23	1,59	0,6
24534	Uova	1,82	0,09	0,07	3,21	4,97	3,14
24537	Uova	0,46	0,12	0,06	0,91	1,27	0,62
24539	Uova	0,18	0,12	0,05	0,3	0,43	0,23
24540	Uova	0,4	0,21	0,11	3,2	6,13	7,24
24541	Uova	0,5	0,1	0,07	0,65	0,87	0,35
24542	Uova	0,31	0,08	0,07	3,39	4,21	2,04
25768	Uova	1,28	0,12	0,08	2,93	3,32	1,52
25769	Uova	0,32	0,1	0,04	2,49	3,52	1,95
25771	Uova	0,52	0,11	0,09	3,49	4,97	1,83
25827	Uova	6,85	0,2	0,22	8,65	16,41	11,61
27747	Uova	4,15	0,17	0,07	0,71	0,89	0,42
27748	Uova	0,46	0,09	0,06	0,87	0,96	0,3
28402	Uova	0,81	0,07	0,06	1,26	2,11	2,21
25742	Foraggio	0,09	0,06	0,06	0,08	0,11	0,06
25744	Foraggio	0,04	0,04	0,05	0,1	0,15	0,07
25757	Foraggio	0,29	0,13	0,1	0,19	0,25	0,19
25760	Foraggio	0,04	0,04	0,04	0,07	0,08	0,04
25762	Foraggio	0,08	0,05	0,07	0,08	0,1	0,05
25763	Foraggio	0,13	0,06	0,06	0,05	0,08	0,03