

# **STUDIO DI UN MODELLO PER LA GESTIONE DI CONTAMINAZIONI DA PCB-PCDD/F IN AZIENDE AGRICOLE CON ALLEVAMENTI DI BOVINI DA LATTE E DA CARNE: VALUTAZIONE DEI LIVELLI DI ACCUMULO E DI DEPLEZIONE DEI CONTAMINANTI ATTRAVERSO IL CONTROLLO DEGLI ALIMENTI E DELLA RAZIONE ALIMENTARE.**

## **RELAZIONE CONCLUSIVA**

### **PREMESSA**

---

Il progetto Pastori POPs è nato sulla spinta delle preoccupazioni sanitarie e del mondo agricolo bresciano, causate nel 2007 dal riscontro di una estesa contaminazione da PCB, PCDD e PCDF (bifenili policlorurati, diossine e furani) nel latte e negli alimenti zootecnici di numerose aziende agricole, con l'obiettivo di dare una risposta alle difficoltà economiche subite da tutti gli operatori del settore.

Proposito del progetto è stato lo studio della contaminazione dei terreni, foraggi, animali ed alimenti dell'azienda dell'Istituto Tecnico Agrario Sperimentale "G. Pastori", il cui allevamento di bovini fu fra quelli più danneggiati dalla contaminazione, ed in particolare l'allestimento di un modello operativo finalizzato alla gestione di emergenze da contaminazione da sostanze organoclorurate e la definizione di una procedura operativa per la valutazione e gestione del rischio.

Le pagine seguenti sono riferite ai temi della ricerca sviluppati nel progetto da ERSAF.

## OBIETTIVI

---

Nel progetto Pastori POPs ERSAF ha sviluppato i seguenti temi della ricerca:

- **SVILUPPO DI UN PIANO AGRONOMOICO TESO A VERIFICARE L'ACCUMULO DEI CONTAMINANTI SU SPECIE FORAGGERE DIVERSE;**
- **STUDIO DELLE MODALITÀ DI TRASFERIMENTO DEI CONTAMINANTI DAL TERRENO ALLE SPECIE VEGETALI.**

La traduzione di questi temi in azioni conseguenti ha implicato essenzialmente:

- **lo studio e la caratterizzazione analitica dei terreni e delle colture praticate** per comprendere modalità ed entità del trasferimento dei contaminanti dal terreno agli alimenti vegetali, con gli obiettivi • di individuare i livelli di contaminazione dei terreni che determinano un potenziale rischio e •• valutare possibili interazioni pianta/terreno quali, ad es., l'induzione da parte delle piante di effetti degradativi di alcuni contaminanti presenti nei terreni, l'assorbimento dei contaminanti da parte delle piante stesse e la valutazione del tasso di contaminazione presente in foraggi cresciuti su quei terreni.
- **la sperimentazione di colture foraggere diverse da quelle tradizionalmente praticate in azienda**, col duplice obiettivo di • confrontare specie vegetali e tecniche colturali diverse per valutarne la risposta in termini di contaminazione degli alimenti prodotti, e •• testare la (eventuale) azione bio-risanatrice delle piante coltivate nei confronti della contaminazione dei terreni.

Le prove sperimentali sono state sorrette da campionamenti ed analisi di laboratorio per la valutazione dei tassi di contaminazione dei terreni e dei foraggi<sup>1</sup>. Tali azioni sono state realizzate più volte, soprattutto per quanto riguarda i foraggi dei quali sono stati campionati in più momenti parti diverse dei vegetali (foglie, fusto, radici, etc...) nel corso del progetto di ricerca.

---

<sup>1</sup> Limitatamente ai congeneri normalmente ricercati nelle famiglie dei PCB, PCDD e PCDF

## LE ATTIVITÀ REALIZZATE

---

In sinergia con l'Istituto Tecnico Agrario Sperimentale G. Pastori (ITAS Pastori) e con l'Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Lombardia e dell'Emilia Romagna (IZSLER), per le attività di loro rispettiva competenza, ERSAF ha studiato, nei due anni della ricerca, gli effetti di un **piano agronomico** appositamente predisposto per confrontare l'eventuale accumulo dei contaminanti su diverse specie foraggere, col duplice scopo di • verificare il passaggio dei contaminanti dal terreno alle piante, •• verificare le differenze di accumulo tra parti diverse della stessa specie (radici vs foglie/fusti), e tra specie diverse, con una particolare attenzione rispetto al ruolo esercitato dall'utilizzo di tecniche agronomiche diverse.

Nelle due aree prescelte per tale studio è stata effettuata una doppia sessione di **campionamento ed analisi dei terreni**, la prima all'avvio del primo anno di sperimentazione e la seconda al termine del secondo anno (in concomitanza del raccolto dei foraggi prodotti), al fine di verificare eventuali variazioni nell'entità della contaminazione "prima" e "dopo" la sperimentazione.

In parallelo, in distinti momenti dei due anni di sperimentazione ed in corrispondenza di fasi significative della crescita delle piante, è stato effettuato il **campionamento ed analisi delle biomasse vegetali**.

## PIANO AGRONOMICO E SPERIMENTAZIONE

La verifica dell'accumulo dei contaminanti su specie foraggere diverse ha reso necessario predisporre un Piano Agronomico della sperimentazione, da testare in azienda nel biennio della ricerca.<sup>2</sup>

Il Piano Agronomico è stato predisposto da ERSAF in stretta collaborazione con il responsabile delle attività agronomiche per l'azienda dell'ITAS Pastori, nel rispetto dei preesistenti vincoli di utilizzo dei terreni i quali hanno guidato la scelta dei campi da destinare alla sperimentazione (figg. 1 e 2).

Preliminarmente alla sua stesura è stata effettuata una rigorosa analisi bibliografica che ha orientato la scelta delle specie vegetali da coltivare. Sono stati esaminati studi e articoli scientifici che documentassero precedenti esperienze nel campo del bio-fitorimedia, in particolare relative a colture foraggere. La scelta delle specie vegetali da testare ha privilegiato, fra le specie citate nei precedenti lavori esaminati, quelle che hanno dato qualche risultato positivo e sono adatte al contesto ambientale e produttivo bresciano.

---

<sup>2</sup> L'avvio formale del progetto Pastori POPs risale all'aprile 2012, mentre quello operativo è stato possibile, per difficoltà amministrative iniziali, soltanto nel 2013. Gli anni in cui sono state realizzate le attività operative sono pertanto il 2013 e 2014. La concessione della proroga di 4 mesi fino ad aprile 2015 è servita per elaborare i dati acquisiti e sottoporli ad analisi statistica.

Il Piano Agronomico recepisce la prescrizione, vincolante per l'autorizzazione alla coltivazione da parte di ASL, di produrre mangimi derivanti dal taglio delle piante ad altezza di 40 cm o più dalla superficie del suolo. Tale prescrizione consente dal 2008 all'azienda Pastori di alimentare le sue vacche con foraggi coltivati sui propri terreni e, come dimostrato da periodiche analisi, esenti da contaminazione da PCB diossine e furani.<sup>3</sup>

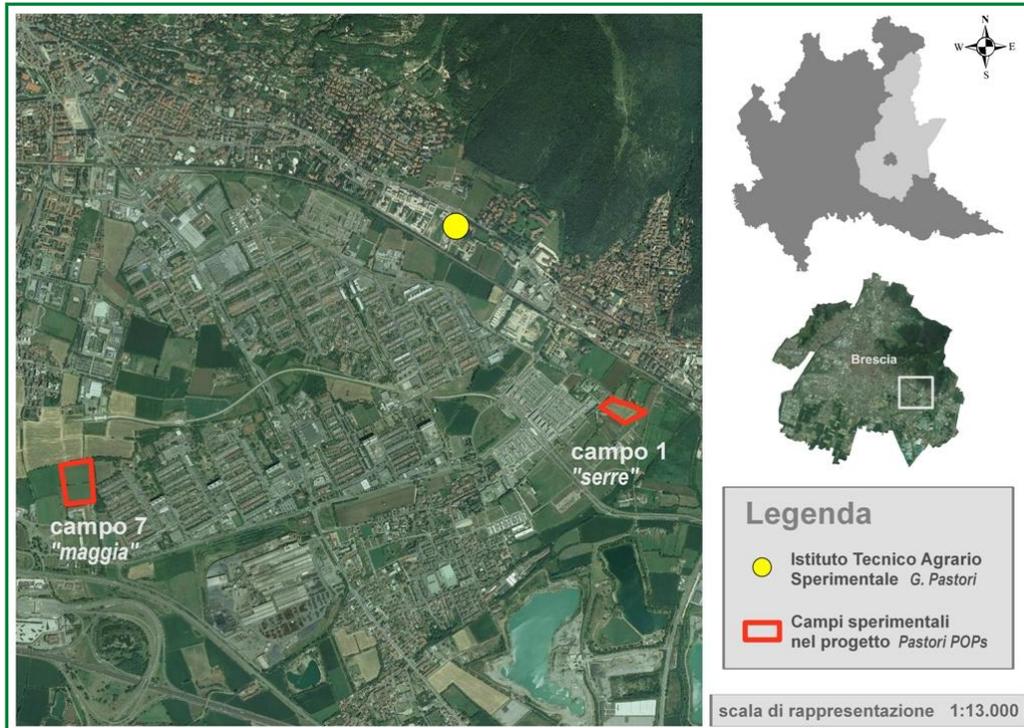


Fig. 1 – Campi destinati alla sperimentazione nel progetto Pastori POPs.



Fig. 2 – Dettaglio dei due campi sperimentali maggia e serre (opzionale).

<sup>3</sup> Le molecole dei "POPs" sono difficilmente assorbite nei tessuti vegetali; la contaminazione negli insilati è attribuita alle particelle di terreno contaminato, adese ai fusti e foglie delle piante nelle loro parti basali. Il taglio a 40 cm o più dal suolo garantisce prodotti quasi del tutto privi di particelle di terreno.

Le specie vegetali selezionate per la sperimentazione sono:

Girasole ( <i>Helianthus annuus</i> )	Mais ( <i>Zea mays</i> )
Erba Medica ( <i>Medicago sativa</i> )	Sorgo ( <i>Sorghum vulgare</i> )
Festuca ( <i>Festuca arundinacea</i> )	Loietto italico ( <i>Lolium multiflorum</i> )

La loro coltivazione è avvenuta nel rispetto delle due distinte tesi sperimentali che il piano Agronomico ha inteso perseguire.

Una di queste - **Tesi A** - è stata indirizzata a seguire, verificare e confermare la prescrizione dell'ASL che prevede la produzione di foraggi costituiti da granella di mais e insilati (di mais o di sorgo) mediante raccolto con taglio della pianta ad altezza di 40 cm o più dal suolo, ed è stata attuata mediante coltivazione di **mais** e **sorgo** nel campo 7 "Maggia".

Alle due specie è stata affiancata una **coltura di controllo** (prato con produzione di fieno e sfalcio a 5 cm dal suolo) per verificare le differenze ipotizzate fra le due tecniche colturali nel trattenere e/o assorbire parte del contaminante.

L'altra tesi - **Tesi B** - è stata orientata a verificare la possibilità che alcune colture vegetali abbiano la capacità di assorbire e/o degradare i composti organo-clorurati, con l'obiettivo di ridurre l'entità della contaminazione, ed è stata attuata mediante la coltivazione di **girasole**, **loietto** e della consociazione **festuca + medica** nel campo 1 "Serre".

Anche a questa tesi è stata affiancata una **coltura di controllo** (specie vegetale e tecniche agronomiche come in tesi A).

Di seguito, in sintesi, specie coltivate per anno e campo sperimentale, con indicazione delle superfici occupate e delle diverse parti delle piante campionate ed analizzate nel corso della ricerca.

Anni	Campi	Specie Vegetali coltivate	Tecniche agronomiche	Superficie occupata (ha)	Parti delle piante analizzate
2013	1 serre	girasole		0,4	foglie
					fusti
					radici
					semi
7 maggia	mais	taglio a 35 cm da terra	1,0	trinciato	
	sorgo	taglio a 20 cm da terra	0,2	trinciato	
	prato <sup>4</sup>	nessuna indicazione, taglio a 5 cm da terra	0,2	fieno	
2014	1 serre	loietto	taglio a 6/7 cm da terra, 1 rivoltamento, messa in andane	0,4	fieno
					parti aeree
					radici
		festuca+medica	taglio a 6/7 cm da terra, 1 rivoltamento, messa in andane	0,4	parti aeree festuca
					parti aeree medica
radici festuca					
radici medica					
prato			0,1	fieno	

**Tab. 1** –prospetto sintetico della sperimentazione.

<sup>4</sup> Coltura tradizionale effettuata come controllo negativo della sperimentazione("bianco")

Poiché l'annata agronomica 2013 è partita in ritardo di circa un mese a causa delle avverse condizioni meteorologiche dei mesi primaverili, la semina del mais è stata posticipata al periodo fine maggio - inizio giugno; la semina di medica/festuca e di loietto è avvenuta invece a fine settembre.

Il ritardo iniziale ha avuto ripercussioni sul periodo dei raccolti, anch'essi slittati di varie settimane. Il girasole è stato raccolto nella prima decade di ottobre, il mais e il fieno derivante dal prato lasciato come controllo sulla parcella n. 7 sono stati raccolti intorno alla metà di settembre, mentre il raccolto del sorgo è avvenuto a metà ottobre. I raccolti della medica + festuca e del loietto sono stati effettuati nel 2014, determinando lo slittamento anche delle analisi sulle relative biomasse.

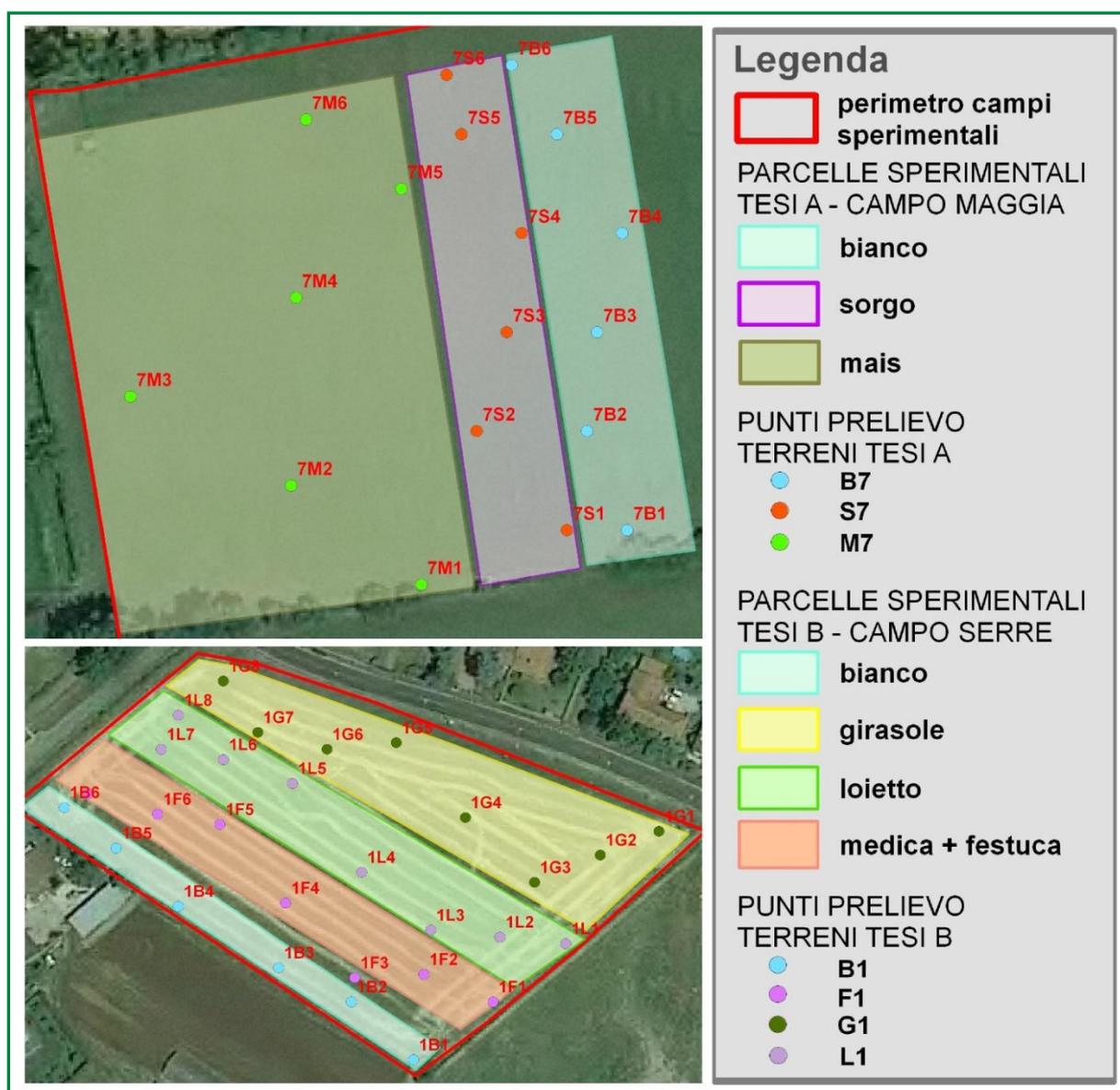


Fig. 3 – disegno approssimato delle parcelle sperimentali; in alto il campo Maggia (tesi A), in basso il campo Serre (tesi B) e rispettivi punti di prelievo dei sottocampioni di suolo.

## CAMPIONAMENTO ED ANALISI DEI TERRENI

La caratterizzazione chimica finalizzata a determinare il **contenuto di PCB e diossine/furani** nei campi oggetto della sperimentazione è stata articolata in due sequenze identiche da realizzare a inizio e fine sperimentazione. Durante l'estate 2013 (più precisamente a fine luglio) è stata effettuata la prima fase del piano di caratterizzazione.

Le attività di campionamento e di analisi sono state appaltate congiuntamente (gara telematica mediante piattaforma SINTEL) alla ditta Indam S.r.l. di Castelmella (BS). Il personale Indam durante il prelievo dei campioni è stato costantemente affiancato da tecnici ERSAF.

Per ogni parcella sperimentale corrispondente a una coltura (girasole, mais, sorgo, loiutto e medica+festuca) e per i due controlli (prati specie spontanee) sono stati prelevati **due campioni rappresentativi** alla doppia profondità 0-30 cm e 30-60 cm dalla superficie del suolo, per un totale di 14 campioni omogenei. Ogni campione è stato costituito mediante prelievo di più sottocampioni all'interno della stessa tesi (da 6 a 8), la cui ubicazione è stata registrata con GPS per ripetere nella fase 2 il prelievo negli stessi punti. I punti di prelievo e i relativi sottocampioni sono stati rispettivamente 24 nel campo Serre e 23 nel campo Maggia.

I sottocampioni, passati sul campo al setaccio di maglia 2 cm per eliminare lo scheletro del suolo, sono stati subito dopo accuratamente miscelati ed omogeneizzati ed una aliquota dei 14 campioni omogenei è stata inviata al laboratorio della ditta Indam per essere sottoposta a determinazione chimica.

Sui 14 campioni sono stati ricercati i parametri PCB (33 congeneri) in bassa risoluzione e diossine/furani (17 congeneri) in alta risoluzione. Sui 7 campioni superficiali (0-30 cm) è stata inoltre ripetuta la ricerca in alta risoluzione di un ristretto gruppo di PCB (28 congeneri) per verificare eventuali differenze significative tra le due metodiche.

La seconda fase del piano di caratterizzazione è stata attuata nell'agosto 2014 con le stesse modalità della precedente; anche in questo caso tecnici ERSAF sono stati presenti durante tutte le fasi del campionamento e della costituzione dei campioni.

Con l'ausilio di un GPS sono stati identificati in campo i punti di prelievo dei singoli sottocampioni prelevati nel 2013. Ove possibile il campionamento 2014 è avvenuto nello stesso punto o, laddove siano stati riscontrati impedimenti, nelle sue immediate vicinanze.

Le determinazioni analitiche hanno seguito gli stessi criteri del 2013 (contaminanti ricercati, risoluzione delle determinazioni e ripetizione dell'analisi per i 7 campioni superficiali in alta risoluzione).

Il confronto tra i set analitici dei campioni superficiali ottenuti in bassa ed in alta risoluzione ha evidenziato in generale una buona corrispondenza tranne che per alcuni congeneri dei PCB (138, 149, 153, 180 e 187), come emerso dall'analisi statistica eseguita dall'U.O. Spallanzani.



**Fig. 4** – alcune fasi del campionamento terreni 2013

Si riportano di seguito in forma tabellare i risultati delle determinazioni chimiche effettuate sui campioni di suolo, distinti per anno e, all'interno di ogni anno, per campo sperimentale.

Tutti i campioni sono stati analizzati mediante gascromatografia accoppiata a spettrometria di massa. Le diossine e furani, ossia PCDD e PCDF, sono stati determinati sempre in alta risoluzione (HR) col metodo EPA 1613 B 1994. I PCB sono stati determinati in bassa risoluzione (LR) col metodo CNR IRSA 24 Q 64 Vol 3 1988; nei campioni 0-30 cm è stata ripetuta la determinazione anche in alta risoluzione (HR) col metodo EPA 1668 C 2010.

2013 Parcella 1 - Serre; conc PCDD/F in ng/kg s.s.; conc PCB in µg/kg s.s.		G1 0-30		G1 30-60		L1 0-30		L1 30-60		F1 0-30		F1 30-60		B1 0-30		B1 30-60	
		LR/HR *	HR	LR/HR *	HR												
PCDD	2,3,7,8 TCDD	< 0,10		< 0,10		< 0,10		< 0,10		< 0,10		< 0,10		< 0,10		< 0,10	
	1,2,3,7,8 PCDD	0,23		0,20		0,20		0,22		0,20		0,22		0,29		0,18	
	1,2,3,4,7,8 HxCDD	< 0,50		< 0,50		< 0,50		< 0,50		< 0,50		< 0,50		< 0,50		< 0,50	
	1,2,3,7,8,9 HxCDD	< 0,50		< 0,50		< 0,50		< 0,50		< 0,50		< 0,50		< 0,50		< 0,50	
	1,2,3,6,7,8 HxCDD	< 0,50		< 0,50		< 0,50		< 0,50		< 0,50		< 0,50		< 0,50		< 0,50	
	1,2,3,4,6,7,8 HpCDD	5,08		3,85		4,14		3,97		4,37		4,14		5,88		4,29	
OCDD	23,55		17,87		21,80		19,09		30,59		23,64		56,28		33,90		
PCDF	2,3,7,8 TCDF	3,27		1,70		1,94		2,52		4,71		1,38		2,52		1,55	
	2,3,4,7,8 PCDF	1,23		0,83		1,10		1,00		1,20		1,00		1,24		1,06	
	1,2,3,7,8 PCDF	0,81		0,78		0,74		0,68		0,77		0,67		1,00		0,60	
	1,2,3,4,7,8 HxCDF	1,63		1,27		1,58		1,24		1,53		1,34		1,99		1,42	
	1,2,3,7,8,9 HxCDF	< 0,50		< 0,50		< 0,50		< 0,50		< 0,50		< 0,50		0,50		< 0,50	
	1,2,3,6,7,8 HxCDF	1,00		0,65		0,99		0,72		0,91		0,87		1,01		0,74	
	2,3,4,6,7,8 HxCDF	1,36		1,04		1,30		1,10		1,30		1,12		1,42		1,15	
	1,2,3,4,6,7,8 HpCDF	5,58		4,10		5,47		4,10		5,49		4,38		6,39		5,29	
	1,2,3,4,7,8,9 HpCDF	0,66		0,55		0,70		0,73		0,66		0,50		1,11		0,63	
	OCDF	12,15		8,44		12,93		10,05		13,26		11,37		21,11		14,12	
PCDD/F	Σ PCDD/F I-TEQ 1990	1,80		1,28		1,56		1,47		1,88		1,39		1,95		1,44	
PCB	PCB totali	22,44		22,2302		13,45		17,07		17,2443		21,80		16,84		20,1152	
	PCB dioxin like Σ	2,44		2,7553		1,62		1,99		2,2939		2,14		1,89		2,5526	
	PCB 77 (TetraCB)	0,03		0,0381		0,03		0,03		0,0320		< 0,03		< 0,03		0,0327	
	PCB 81 (TetraCB)	< 0,03		0,0062		< 0,03		< 0,03		0,0055		< 0,03		< 0,03		0,0063	
	PCB 105 (PentaCB)	0,47		0,5580		0,32		0,40		0,5048		0,38		0,36		0,5351	
	PCB 114 (PentaCB)	< 0,03		0,0149		< 0,03		< 0,03		0,0141		< 0,03		< 0,03		0,0159	
	PCB 118+123 (PentaCB)	0,87		1,0639		0,57		0,72		0,9195		0,76		0,67		1,0245	
	PCB 126 (PentaCB)	0,07		0,0136		0,05		0,06		0,0123		0,06		0,06		0,0133	
	PCB 156 (EsaCB)	0,33		0,3348		0,21		0,25		0,2641		0,31		0,25		0,3013	
	PCB 157 (EsaCB)	0,07		0,0717		0,05		0,06		0,0601		0,07		0,06		0,0656	
	PCB 167 (EsaCB)	0,48		0,5798		0,30		0,37		0,4241		0,43		0,37		0,4926	
	PCB 169 (EsaCB)	< 0,03		< 0,0030		< 0,03		< 0,03		< 0,0030		< 0,03		< 0,03		< 0,0030	
	PCB 189 (EptaCB)	0,07		0,0728		0,04		0,05		0,0567		0,07		0,06		0,0638	
	Altri PCB, Σ	20,00		19,4749		11,83		15,08		14,9504		19,66		14,95		17,5626	
	PCB 1 (MonoCB)	< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03	
	PCB 5 (DiCB)	0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03	
	PCB 18 (TriCB)	0,03		0,03		0,03		0,03		0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03	
	PCB 28 (TriCB)	0,08		0,0857		0,06		0,07		0,0901		0,08		0,06		0,0983	
	PCB 29 (TriCB)	< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03	
	PCB 30 (TriCB)	< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03	
	PCB 31 (TriCB)	0,06		0,04		0,05		0,05		0,05		0,05		0,04		0,05	
	PCB 44 (TetraCB)	0,03		< 0,03		0,03		0,03		0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03	
	PCB 47 (TetraCB)	0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03	
	PCB 52 (TetraCB)	0,08		0,1066		0,05		0,08		0,1139		0,09		0,06		0,1383	
	PCB 70 (TetraCB)	0,14		0,10		0,14		0,14		0,14		0,12		0,12		0,11	
	PCB 87+117 (PentaCB)	0,10		0,06		0,08		0,08		0,12		0,07		0,06		0,08	
	PCB 95 (PentaCB)	0,13		0,1849		0,06		0,12		0,1681		0,32		0,09		0,2057	
	PCB 99 (PentaCB)	0,10		0,1287		0,06		0,08		0,1076		0,08		0,07		0,1362	
	PCB 101 (PentaCB)	0,32		0,4024		0,16		0,26		0,3298		0,50		0,22		0,4061	
	PCB 110 (PentaCB)	0,35		0,4689		0,18		0,28		0,4140		0,41		0,27		0,6073	
	PCB 128 (EsaCB)	< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03	
	PCB 137 (EsaCB)	0,06		0,04		0,06		0,06		0,06		0,05		0,04		0,06	
	PCB 138 (EsaCB)	3,49		4,0738		2,01		2,57		3,0327		3,20		2,60		3,5605	
	PCB 146 (EsaCB)	0,37		0,4558		0,21		0,27		0,3483		0,38		0,27		0,4160	
	PCB 149 (EsaCB)	0,77		0,9555		0,33		0,50		0,6432		1,07		0,53		0,8607	
	PCB 151 (EsaCB)	0,39		0,4864		0,19		0,27		0,3212		0,45		0,26		0,4129	
	PCB 153 (EsaCB)	3,52		4,3300		2,11		2,73		3,3698		3,16		2,58		3,5823	
	PCB 170 (EptaCB)	1,83		1,7064		1,06		1,36		1,3733		1,56		1,41		1,6307	
	PCB 177 (EptaCB)	0,57		0,6423		0,32		0,41		0,5179		0,54		0,43		0,6054	
	PCB 180 (EptaCB)	2,87		3,1603		1,68		2,05		2,3717		2,42		2,16		2,7043	
	PCB 183 (EptaCB)	0,38		0,4554		0,21		0,27		0,3245		0,37		0,27		0,4289	
	PCB 187 (EptaCB)	1,48		1,8318		0,92		1,17		1,4243		1,31		1,14		1,7690	
	PCB 192 (EptaCB)	0,19		0,12		0,14		0,14		0,16		0,15		0,14		0,22	
	PCB 194 (OctaCB)	1,19		0,73		0,91		0,90		0,90		0,94		0,89		1,71	
	PCB 195 (OctaCB)	0,32		0,18		0,24		0,24		0,23		0,24		0,24		0,42	
PCB 196+203 (OctaCB)	0,72		0,45		0,56		0,54		0,54		0,57		0,54		0,83		
PCB 209 (DecaCB)	0,31		0,36		0,26		0,26		0,26		0,22		0,22		0,343		

\* nelle colonne LR/HR i valori dei PCB sono stati determinati in LR, quelli di PCDD e PCDF in HR

**Tab. 2** – Risultati analisi terreni 2013 campo Serre. Sigle tesi sperimentali: G = girasole; L = loietto; F = prato medica/festuca; B = bianco; i numeri che seguono la lettera maiuscola individuano il campo sperimentale.

2013 Parcella 7 - Maggia; conc PCDD/F in ng/kg s.s.; conc PCB in µg/kg s.s.		B7 0-30		B7 30-60		S7 -30		S7 30-60		M7 0-30		M7 30-60		
		LR/HR *	HR	LR/HR *	HR	LR/HR *	HR	LR/HR *	HR	LR/HR *	HR	LR/HR *	HR	
PCDD	2,3,7,8 TCDD	0,12		0,12		0,11		< 0,10		0,16		< 0,10		
	1,2,3,7,8 PCDD	0,28		0,30		0,33		0,19		0,63		0,35		
	1,2,3,4,7,8 HxCDD	< 0,50		< 0,50		< 0,50		< 0,50		< 0,50		< 0,50		
	1,2,3,7,8,9 HxCDD	0,54		< 0,50		0,70		< 0,50		0,98		0,56		
	1,2,3,6,7,8 HxCDD	1,29		0,78		1,21		0,77		1,75		1,10		
	1,2,3,4,6,7,8 HpCDD	15,84		11,27		17,10		9,63		23,17		19,09		
OCDD	77,90		55,65		81,95		46,07		126,87		105,68			
PCDF	2,3,7,8 TCDF	10,34		2,11		3,54		4,20		14,13		9,26		
	2,3,4,7,8 PCDF	1,98		1,21		1,88		1,03		2,30		1,59		
	1,2,3,7,8 PCDF	1,36		0,78		1,17		0,70		1,57		0,96		
	1,2,3,4,7,8 HxCDF	2,49		1,95		2,57		1,29		3,17		2,11		
	1,2,3,7,8,9 HxCDF	0,66		< 0,50		0,69		< 0,50		0,73		< 0,50		
	1,2,3,6,7,8 HxCDF	1,40		1,05		1,53		0,77		1,95		1,21		
	2,3,4,6,7,8 HxCDF	2,05		1,50		2,26		1,28		2,98		1,73		
	1,2,3,4,6,7,8 HpCDF	9,44		7,54		10,06		5,43		12,70		8,19		
	1,2,3,4,7,8,9 HpCDF	1,18		0,78		1,07		< 0,50		1,33		0,90		
	OCDF	13,69		9,86		14,72		8,07		17,74		11,91		
PCDD/F	Σ PCDD/F I-TEQ 1990	3,58		1,99		2,93		1,81		4,81		3,11		
PCB	PCB totali LRis	31,49	30,5179	2,37		36,06		32,2546		2,05		4,07	42,11	44,2239
	PCB diossin like Σ	3,3	3,6619	0,03		3,41		3,8252		< 0,03		0,05	4,07	4,7173
	PCB 77 (TetraCB)	0,04	0,0452	< 0,03		0,04		0,0471		< 0,03		< 0,03	0,05	0,0605
	PCB 81 (TetraCB)	< 0,03	0,0063	0,48		< 0,03		0,0066		0,42		0,75	< 0,03	0,0081
	PCB 105 (PentaCB)	0,68	0,8233	< 0,03		0,69		0,8608		< 0,03		< 0,03	0,75	0,0246
	PCB 114 (PentaCB)	< 0,03	0,0232	0,73		< 0,03		0,0232		0,64		1,21	< 0,03	0,0308
	PCB 118+123 (PentaCB)	1,07	1,3423	0,08		1,08		1,3466		0,07		0,15	1,21	1,5762
	PCB 126 (PentaCB)	0,11	0,0192	0,34		0,12		0,0206		0,29		0,60	0,15	0,0246
	PCB 156 (EsaCB)	0,47	0,4488	0,09		0,49		0,4715		0,07		0,15	0,60	0,6239
	PCB 157 (EsaCB)	0,12	0,1064	0,50		0,12		0,1205		0,44		0,99	0,15	0,1526
	PCB 167 (EsaCB)	0,67	0,7547	< 0,03		0,72		0,8250		< 0,03		< 0,03	0,99	1,1598
	PCB 169 (EsaCB)	< 0,03	< 0,0030	0,07		< 0,03		0,0031		0,06		0,12	< 0,03	0,0038
	PCB 189 (EptaCB)	0,09	0,0910	21,16		0,10		0,0972		17,19		38,04	0,12	0,1278
	Altri PCB, Σ	28,19	26,8560	< 0,03		32,65		28,4294		< 0,03		< 0,03	38,04	39,5066
	PCB 1 (MonoCB)	< 0,03		0,03		< 0,03				< 0,03		0,03	< 0,03	
	PCB 5 (DiCB)	0,03		< 0,03		0,03				< 0,03		0,04	0,03	
	PCB 18 (TriCB)	0,03		0,06		< 0,03				0,05		0,10	0,04	
	PCB 28 (TriCB)	0,08	0,0942	< 0,03		0,07		0,0911		< 0,03		< 0,03	0,10	0,1094
	PCB 29 (TriCB)	< 0,03		< 0,03		< 0,03				< 0,03		< 0,03	< 0,03	
	PCB 30 (TriCB)	< 0,03		0,05		< 0,03				0,04		0,08	< 0,03	
	PCB 31 (TriCB)	0,06		< 0,03		0,05				< 0,03		0,04	0,08	
	PCB 44 (TetraCB)	< 0,03		< 0,03		0,03				< 0,03		0,03	0,04	
	PCB 47 (TetraCB)	< 0,03		0,06		< 0,03				0,04		0,11	0,03	
	PCB 52 (TetraCB)	0,07	0,1031	0,13		0,07		0,1001		0,11		0,21	0,11	0,1204
	PCB 70 (TetraCB)	0,17		0,08		0,17				0,06		0,17	0,21	
	PCB 87+117 (PentaCB)	0,1		0,08		0,11				0,05		0,21	0,17	
	PCB 95 (PentaCB)	0,09	0,1488	0,07		0,11		0,1678		0,06		0,18	0,21	0,3055
	PCB 99 (PentaCB)	0,11	0,1455	0,20		0,12		0,1643		0,15		0,48	0,18	0,2384
	PCB 101 (PentaCB)	0,27	0,3720	0,24		0,29		0,4000		0,19		0,74	0,48	0,6379
	PCB 110 (PentaCB)	0,35	0,5568	< 0,03		0,39		0,6449		< 0,03		< 0,03	0,74	1,1173
	PCB 128 (EsaCB)	< 0,03		0,09		< 0,03				0,07		0,15	< 0,03	
	PCB 137 (EsaCB)	0,1		3,46		0,12				2,96		6,89	0,15	
	PCB 138 (EsaCB)	4,75	5,8324	0,39		5,04		6,2109		0,34		0,78	6,89	8,5794
	PCB 146 (EsaCB)	0,52	0,6691	0,53		0,54		0,7042		0,42		1,61	0,78	1,0241
	PCB 149 (EsaCB)	0,76	0,9944	0,34		0,80		1,0533		0,27		0,82	1,61	2,1518
	PCB 151 (EsaCB)	0,45	0,6183	3,73		0,46		0,6214		3,14		6,47	0,82	1,1675
	PCB 153 (EsaCB)	5,08	6,3978	1,93		5,08		6,5686		1,86		3,40	6,47	8,4616
	PCB 170 (EptaCB)	2,33	2,1393	0,57		2,29		2,3376		0,47		1,09	3,40	3,1083
	PCB 177 (EptaCB)	0,78	0,8852	3,15		0,81		0,9747		2,54		5,19	1,09	1,3638
	PCB 180 (EptaCB)	3,91	4,4422	0,36		3,93		4,7684		0,29		0,65	5,19	6,3412
	PCB 183 (EptaCB)	0,46	0,5574	1,76		0,47		0,6066		1,49		2,98	0,65	0,8613
	PCB 187 (EptaCB)	2,32	2,8995	0,20		2,33		3,0155		0,17		0,35	2,98	3,9187
	PCB 192 (EptaCB)	0,26		1,30		0,28				1,07		2,04	0,35	
	PCB 194 (OctaCB)	1,69		0,34		1,70				0,28		0,56	2,04	
	PCB 195 (OctaCB)	0,45		0,79		0,46				0,64		1,27	0,56	
PCB 196+203 (OctaCB)	1,03		1,11		1,05				0,31		1,31	1,27		
PCB 209 (DecaCB)	1,85		1,11		5,76				0,31		1,31	1,31		

\* nelle colonne LR/HR i valori dei PCB sono stati determinati in LR, quelli di PCDD e PCDF in HR

Tab. 3 – Risultati analisi terreni 2013 campo Maggia. Sigle tesi sperimentali: M = mais; S = sorgo; B = bianco.

2014 Parcella 1 - Serre; conc PCDD/F in ng/kg s.s.; conc PCB in µg/kg s.s.		G1 0-30		G1 30-60		L1 0-30		L1 30-60		F1 0-30		F1 30-60		B1 0-30		B1 30-60	
		LR/HR *	HR	LR/HR *	HR	LR/HR *	HR	LR/HR *	HR	LR/HR *	HR	LR/HR *	HR	LR/HR *	HR	LR/HR *	HR
PCDD	2,3,7,8 TCDD	< 0,10		< 0,10		< 0,10		< 0,10		< 0,10		< 0,10		0,10		0,11	
	1,2,3,7,8 PCDD	0,38		0,15	0,25			0,31	0,20			0,19	0,31		0,29		
	1,2,3,4,7,8 HxCDD	< 0,50		< 0,50	< 0,50			< 0,50	< 0,50			< 0,50	< 0,50		< 0,50		
	1,2,3,7,8,9 HxCDD	< 0,50		< 0,50	< 0,50			< 0,50	< 0,50			< 0,50	< 0,50		< 0,50		
	1,2,3,6,7,8 HxCDD	< 0,50		< 0,50	< 0,50			< 0,50	< 0,50			< 0,50	< 0,50		< 0,50		
	1,2,3,4,6,7,8 HpCDD	5,99		4,23	3,55			5,31	4,65			2,90	6,18		6,04		
OCDD	29,53		21,73	19,27			27,53	27,75			17,05	55,54		64,76			
PCDF	2,3,7,8 TCDF	2,61		0,78	1,22			2,20	2,00			0,75	2,33		2,17		
	2,3,4,7,8 PCDF	1,34		0,78	0,86			1,30	1,20			0,67	1,51		1,40		
	1,2,3,7,8 PCDF	0,96		0,61	0,67			1,22	0,92			0,57	1,03		1,04		
	1,2,3,4,7,8 HxCDF	2,22		1,20	1,43			2,34	1,72			1,11	2,17		2,35		
	1,2,3,7,8,9 HxCDF	< 0,50		< 0,50	< 0,50			0,66	< 0,50			< 0,50	0,58		< 0,50		
	1,2,3,6,7,8 HxCDF	1,11		0,71	0,68			1,12	0,97			0,68	1,18		1,22		
	2,3,4,6,7,8 HxCDF	1,50		0,96	1,10			1,65	1,33			0,78	1,78		1,53		
	1,2,3,4,6,7,8 HpCDF	7,29		4,61	5,01			7,04	6,13			4,18	7,55		8,01		
	1,2,3,4,7,8,9 HpCDF	0,97		0,50	0,58			1,17	0,79			0,50	0,87		1,24		
OCDF	15,58		9,78	11,51			16,15	13,72			11,14	22,29		27,20			
PCDD/F	Σ PCDD/F I-TEQ 1990		1,99		1,14	1,30		1,97	1,66			1,04	2,16		2,08		
	PCB totali	17,97	18,8586	13,46	12,59	11,2381	19,04	17,70	16,3209		9,03	18,24	17,8395	20,21			
	PCB di Σ	1,83	2,3389	1,38	1,37	1,4155	2,03	2,26	2,6022		1,08	1,92	2,2966	2,17			
	PCB 77 (TetraCB)	< 0,03	0,0312	< 0,03	< 0,03	0,0213	< 0,03	0,03	0,0350		< 0,03	0,03	0,0335	< 0,03			
	PCB 81 (TetraCB)	< 0,03	0,0045	< 0,03	< 0,03	< 0,0030	< 0,03	< 0,03	0,0110		< 0,03	< 0,03	0,0038	< 0,03			
	PCB 105 (PentaCB)	0,30	0,4193	0,23	0,21	0,2701	0,3	0,43	0,5398		0,18	0,31	0,4401	0,31			
	PCB 114 (PentaCB)	< 0,03	0,0120	< 0,03	< 0,03	0,0073	< 0,03	< 0,03	0,0212		< 0,03	< 0,03	0,0124	< 0,03			
	PCB 118+123 (PentaCB)	0,64	0,9046	0,47	0,53	0,5537	0,69	1,00	1,2459		0,35	0,67	0,9008	0,68			
	PCB 126 (PentaCB)	0,06	0,0115	0,05	0,05	0,0073	0,07	0,06	0,0098		0,04	0,07	0,0118	0,07			
	PCB 156 (EsaCB)	0,26	0,2983	0,18	0,18	0,1751	0,32	0,22	0,2307		0,13	0,26	0,2840	0,34			
	PCB 157 (EsaCB)	0,06	0,0637	0,04	0,04	0,0369	0,07	0,05	0,0531		0,03	0,06	0,0597	0,07			
	PCB 167 (EsaCB)	0,37	0,5202	0,27	0,24	0,2969	0,43	0,33	0,4064		0,19	0,37	0,4780	0,43			
	PCB 169 (EsaCB)	< 0,03	< 0,0030	< 0,03	< 0,03	< 0,0030	< 0,03	< 0,03	< 0,0030		< 0,03	< 0,03	< 0,0030	< 0,03			
	PCB 189 (EptaCB)	0,08	0,0721	0,08	0,07	0,0439	0,09	0,09	0,0478		0,10	0,10	0,0710	0,21			
	Altri PCB, Σ	16,14	16,5197	12,08	11,22	9,8226	17,01	15,44	13,7187		7,95	16,32	15,5429	18,04			
PCB	PCB 1 (MonoCB)	< 0,03		< 0,03	< 0,03		< 0,03	< 0,03			< 0,03	< 0,03		< 0,03		< 0,03	
	PCB 5 (DiCB)	0,04		< 0,03	< 0,03		< 0,03	0,09			< 0,03	0,04		0,04		0,04	
	PCB 18 (TriCB)	0,05		0,03	0,04		0,03	0,12			0,03	0,06		0,06		0,06	
	PCB 28 (TriCB)	0,09	0,1461	0,05	0,08	0,1028	0,06	0,19	0,2521		0,05	0,09	0,1330	0,09			
	PCB 29 (TriCB)	< 0,03		< 0,03	< 0,03		< 0,03	< 0,03			< 0,03	< 0,03		< 0,03		< 0,03	
	PCB 30 (TriCB)	< 0,03		< 0,03	< 0,03		< 0,03	< 0,03			< 0,03	< 0,03		< 0,03		< 0,03	
	PCB 31 (TriCB)	0,07		0,04	0,05		0,04	0,13			0,03	0,07		0,07		0,07	
	PCB 44 (TetraCB)	0,04		0,03	0,03		0,03	0,14			< 0,03	0,04		0,04		0,04	
	PCB 47 (TetraCB)	< 0,03		< 0,03	< 0,03		< 0,03	0,04			< 0,03	< 0,03		< 0,03		< 0,03	
	PCB 52 (TetraCB)	0,08	0,137	0,05	0,07	0,0980	0,06	0,26	0,3802		0,04	0,08	0,1195	0,09			
	PCB 70 (TetraCB)	0,08		0,06	0,07		0,08	0,28			0,05	0,09		0,09		0,09	
	PCB 87+117 (PentaCB)	0,07		0,05	0,07		0,06	0,26			0,04	0,06		0,06		0,06	
	PCB 95 (PentaCB)	0,11	0,2006	0,06	0,10	0,1526	0,1	0,29	0,4773		0,05	0,10	0,1678	0,10			
	PCB 99 (PentaCB)	0,08	0,1344	0,06	0,06	0,0776	0,08	0,23	0,3229		0,04	0,08	0,1155	0,09			
	PCB 101 (PentaCB)	0,27	0,4225	0,16	0,21	0,2741	0,29	0,59	0,7999		0,11	0,22	0,3186	0,24			
	PCB 110 (PentaCB)	0,25	0,3901	0,15	0,17	0,2272	0,26	0,58	0,8143		0,10	0,23	0,3318	0,26			
	PCB 128 (EsaCB)	< 0,03		< 0,03	< 0,03		< 0,03	< 0,03			< 0,03	< 0,03		< 0,03		< 0,03	
	PCB 137 (EsaCB)	0,04		0,03	0,03		0,05	0,06			0,03	0,05		0,05		0,05	
	PCB 138 (EsaCB)	2,25	3,4290	1,57	1,54	2,0035	2,56	1,87	2,5238		1,13	2,22	3,2688	2,36			
	PCB 146 (EsaCB)	0,25	0,4046	0,17	0,17	0,2351	0,29	0,20	0,2799		0,12	0,25	0,3801	0,26			
	PCB 149 (EsaCB)	0,57	0,9343	0,31	0,37	0,5136	0,69	0,48	0,6927		0,19	0,53	0,7951	0,56			
	PCB 151 (EsaCB)	0,29	0,4281	0,18	0,19	0,2434	0,33	0,22	0,2890		0,11	0,28	0,3859	0,29			
	PCB 153 (EsaCB)	2,14	3,4004	1,58	1,52	2,0400	2,46	1,80	2,5878		1,16	2,16	3,2372	2,21			
	PCB 170 (EptaCB)	1,32	1,4815	0,93	0,92	0,8692	1,67	0,96	0,9360		0,67	1,33	1,4233	1,72			
	PCB 177 (EptaCB)	0,46	0,6269	0,31	0,31	0,3651	0,56	0,35	0,4071		0,23	0,47	0,5982	0,52			
	PCB 180 (EptaCB)	1,79	2,5717	1,28	1,24	1,5324	2,05	1,31	1,6502		0,95	1,76	2,4418	2,03			
	PCB 183 (EptaCB)	0,29	0,3889	0,22	0,23	0,2238	0,33	0,22	0,2489		0,15	0,31	0,3672	0,38			
	PCB 187 (EptaCB)	1,00	1,4236	0,78	0,75	0,8642	1,13	0,84	1,0566		0,58	1,09	1,4591	1,15			
	PCB 192 (EptaCB)	0,13		0,09	0,09		0,15	0,09			0,07	0,13		0,16			
	PCB 194 (OctaCB)	0,88		0,62	0,60		1,04	0,66			0,47	0,85		1,05			
PCB 195 (OctaCB)	0,27		0,17	0,21		0,32	0,23			0,15	0,25		0,32				
PCB 196+203 (OctaCB)	0,54		0,40	0,41		0,62	0,55			0,32	0,57		0,59				
PCB 209 (DecaCB)	2,61		2,61	1,60		1,58	2,34			0,97	2,83		3,07				

\* nelle colonne LR/HR i valori dei PCB sono stati determinati in LR, quelli di PCDD e PCDF in HR

**Tab. 4** – Risultati analisi terreni 2014 campo Serre. Sigle tesi sperimentali: G = girasole; L = loietto; F = prato medica/festuca; B = bianco; i numeri che seguono la lettera maiuscola individuano il campo sperimentale.

2014 Parcella 7 - Maggia; conc PCDD/F in ng/kg s.s.; conc PCB in µg/kg s.s.		B7 0-30		B7 30-60		S7 -30		S7 30-60		M7 0-30		M7 30-60	
		LR/HR *	HR	LR/HR *	HR	LR/HR *	HR	LR/HR *	HR	LR/HR *	HR	LR/HR *	HR
PCDD	2,3,7,8 TCDD	0,10		< 0,10		0,13		< 0,10		0,11		< 0,10	
	1,2,3,7,8 PCDD	0,40		0,13		0,44		0,11		0,43		0,18	
	1,2,3,4,7,8 HxCDD	< 0,50		< 0,50		< 0,50		< 0,50		< 0,50		< 0,50	
	1,2,3,7,8,9 HxCDD	0,55		< 0,50		0,65		< 0,50		0,74		< 0,50	
	1,2,3,6,7,8 HxCDD	1,00		< 0,50		1,26		< 0,50		1,34		0,63	
	1,2,3,4,6,7,8 HpCDD	14,35		7,61		15,76		5,92		18,80		8,88	
OCDD	71,89		40,74		80,80		30,56		99,10		51,70		
PCDF	2,3,7,8 TCDF	2,98		1,27		2,78		1,27		3,28		1,38	
	2,3,4,7,8 PCDF	1,63		0,85		1,86		0,69		2,07		0,86	
	1,2,3,7,8 PCDF	1,28		0,56		1,40		0,54		1,37		0,57	
	1,2,3,4,7,8 HxCDF	2,51		1,24		2,61		0,98		2,94		1,29	
	1,2,3,7,8,9 HxCDF	0,70		< 0,50		0,70		< 0,50		0,77		< 0,50	
	1,2,3,6,7,8 HxCDF	1,51		0,71		1,60		0,65		1,69		0,75	
	2,3,4,6,7,8 HxCDF	2,13		0,98		2,26		0,95		2,47		1,07	
	1,2,3,4,6,7,8 HpCDF	9,51		4,89		10,50		4,03		11,75		5,19	
	1,2,3,4,7,8,9 HpCDF	1,09		0,55		1,20		< 0,50		1,24		0,51	
OCDF	14,42		7,02		14,96		6,01		17,58		8,47		
PCDD/F	Σ PCDD/F I-TEQ 1990	2,68		1,27		2,93		1,10		3,21		1,39	
PCB	PCB totali LRis	19,35	20,0633	14,43		22,45	22,0927	9,30		24,33	23,9769	13,91	
	PCB dioxin like Σ	2,05	2,5434	1,37		2,40	2,7652	1,03		2,61	3,0200	1,30	
	PCB 77 (TetraCB)	0,03	0,0343	< 0,03		0,03	0,0381	< 0,03		0,03	0,0411	< 0,03	
	PCB 81 (TetraCB)	< 0,03	0,0038	< 0,03		< 0,03	0,0040	< 0,03		< 0,03	0,0045	< 0,03	
	PCB 105 (PentaCB)	0,39	0,5483	0,23		0,45	0,5778	0,18		0,48	0,6314	0,20	
	PCB 114 (PentaCB)	< 0,03	0,0188	< 0,03		< 0,03	0,0191	< 0,03		< 0,03	0,0212	< 0,03	
	PCB 118+123 (PentaCB)	0,68	0,9266	0,44		0,77	1,0014	0,30		0,82	1,0839	0,37	
	PCB 126 (PentaCB)	0,09	0,0155	0,06		0,10	0,0159	0,04		0,11	0,0179	0,06	
	PCB 156 (EsaCB)	0,27	0,3130	0,18		0,33	0,3498	0,14		0,36	0,3646	0,18	
	PCB 157 (EsaCB)	0,07	0,0740	0,05		0,09	0,0812	0,04		0,09	0,0947	0,05	
	PCB 167 (EsaCB)	0,41	0,5384	0,28		0,50	0,5970	0,21		0,56	0,6740	0,31	
	PCB 169 (EsaCB)	< 0,03	< 0,0030	< 0,03		< 0,03	< 0,0030	< 0,03		< 0,03	< 0,0030	< 0,03	
	PCB 189 (EptaCB)	0,06	0,0692	0,07		0,08	0,0794	0,06		0,11	0,0852	0,07	
	Altri PCB, Σ	17,30	17,5199	13,06		20,05	19,3275	8,27		21,72	20,9569	12,61	
	PCB 1 (MonoCB)	< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03	
	PCB 5 (DiCB)	0,03		0,03		< 0,03		0,03		0,03		< 0,03	
	PCB 18 (TriCB)	0,03		0,07		0,03		0,04		0,04		0,03	
	PCB 28 (TriCB)	0,06	0,0990	0,11		0,07	0,1214	0,07		0,08	0,1133	0,05	
	PCB 29 (TriCB)	< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03	
	PCB 30 (TriCB)	< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03	
	PCB 31 (TriCB)	0,04		0,08		0,05		0,05		0,06		0,03	
	PCB 44 (TetraCB)	0,03		0,06		0,04		0,03		0,03		< 0,03	
	PCB 47 (TetraCB)	< 0,03		0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03	
	PCB 52 (TetraCB)	0,05	0,0775	0,09		0,06	0,0974	0,05		0,07	0,0990	0,04	
	PCB 70 (TetraCB)	0,08		0,08		0,09		0,05		0,10		0,05	
	PCB 87+117 (PentaCB)	0,06		0,06		0,07		0,03		0,08		0,05	
	PCB 95 (PentaCB)	0,06	0,0943	0,07		0,07	0,1192	0,04		0,09	0,1329	0,05	
	PCB 99 (PentaCB)	0,07	0,1141	0,05		0,09	0,1253	0,04		0,10	0,1333	0,05	
	PCB 101 (PentaCB)	0,17	0,2562	0,15		0,20	0,2887	0,10		0,24	0,3276	0,13	
	PCB 110 (PentaCB)	0,18	0,2682	0,13		0,22	0,3172	0,09		0,27	0,3698	0,15	
	PCB 128 (EsaCB)	< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03		< 0,03	
	PCB 137 (EsaCB)	0,06		0,04		0,08		0,03		0,09		0,04	
	PCB 138 (EsaCB)	2,43	3,7260	1,64		2,85	4,1439	1,20		3,13	4,6469	1,75	
	PCB 146 (EsaCB)	0,30	0,4612	0,19		0,34	0,4904	0,13		0,38	0,5470	0,21	
	PCB 149 (EsaCB)	0,38	0,5792	0,25		0,50	0,7144	0,18		0,61	0,8845	0,37	
	PCB 151 (EsaCB)	0,25	0,3455	0,16		0,30	0,4071	0,11		0,37	0,4787	0,23	
	PCB 153 (EsaCB)	2,69	4,1923	1,73		2,99	4,5135	1,23		3,18	4,8129	1,67	
	PCB 170 (EptaCB)	1,39	1,4920	0,96		1,57	1,6542	0,72		1,73	1,7769	0,96	
	PCB 177 (EptaCB)	0,51	0,6817	0,34		0,61	0,7580	0,24		0,67	0,8215	0,36	
	PCB 180 (EptaCB)	1,93	2,8427	1,41		2,26	3,0940	1,05		2,42	3,2556	1,40	
	PCB 183 (EptaCB)	0,27	0,3634	0,25		0,33	0,4128	0,15		0,38	0,4367	0,27	
	PCB 187 (EptaCB)	1,33	1,9266	0,93		1,51	2,0700	0,66		1,59	2,1203	0,92	
PCB 192 (EptaCB)	0,14		0,10		0,17		0,07		0,19		0,12		
PCB 194 (OctaCB)	1,09		0,69		1,13		0,56		1,19		0,64		
PCB 195 (OctaCB)	0,32		0,24		0,37		0,15		0,36		0,21		
PCB 196+203 (OctaCB)	0,67		0,51		0,76		0,34		0,78		0,40		
PCB 209 (DecaCB)	2,60		2,55		3,20		0,75		3,38		2,32		

\* nelle colonne LR/HR i valori dei PCB sono stati determinati in LR, quelli di PCDD e PCDF in HR

Tab. 5 – Risultati analisi terreni 2014 campo Maggia. Sigle tesi sperimentali: M = mais; S = sorgo; B = bianco.

La tabella seguente mostra una sintesi dai dati precedenti. Le classi di contaminanti sono riportate come somma dei congeneri. I PCB sono espressi come concentrazioni di abbondanza mentre quelle dei PCDD/F sono espresse come *tossicità equivalente* (TEQ), calcolate moltiplicando le concentrazioni di abbondanza dei singoli congeneri per il corrispondente *fattore di tossicità equivalente* (TEF)<sup>5</sup>.

ID	sigla	prof. prelievo (cm)	Concentrazioni PCB - somma 33 congeneri ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ s.s.)			Concentrazioni somma (TEQ) PCDD/PCDF ( $\text{ng I-TEF}/\text{kg}$ s.s.)			
			ARPA 2008	ERSAF 2013	ERSAF 2014	ARPA 2008	ERSAF 2013	ERSAF 2014	
Campo 1 - Serre	1	G1	0 - 30		22,44	17,97		1,8	1,99
	2	G1	30 - 60		13,45	13,46		1,28	1,14
	3	L1	0 - 30		17,07	12,59		1,56	1,3
	4	L1	30 - 60		21,8	19,04		1,47	1,97
	5	F1	0 - 30		16,84	17,7		1,88	1,66
	6	F1	30 - 60		19,07	9,03		1,39	1,04
	7	B1	0 - 30		27,01	18,24		1,95	2,16
	8	B1	30 - 60		22,64	20,21		1,44	2,08
<b>Media intero campo</b>				<b>22,9</b>	<b>20,04</b>	<b>16,03</b>	<b>2,2</b>	<b>1,6</b>	<b>1,67</b>
Campo 7 Maggio	1	B7	0 - 30		31,49	19,35		3,58	2,68
	2	B7	30 - 60		23,53	14,43		1,99	1,27
	3	S7	0 - 30		36,06	22,45		2,93	2,93
	4	S7	30 - 60		19,24	9,3		1,81	1,1
	5	M7	0 - 30		42,11	24,33		4,81	3,21
	6	M7	30 - 60		27,39	13,91		3,11	1,39
<b>Media intero campo</b>				<b>16,9</b>	<b>29,97</b>	<b>17,3</b>	<b>4,9</b>	<b>3,04</b>	<b>2,1</b>
<b>Limiti tab.1 col. A d.Lgs 152/2006</b>				<b>60</b>			<b>10</b>		

**Tab. 6** –raffronto tra analisi PCB e PCDD/F progetto Pastori POPs e precedenti analisi ARPA. Sigle tesi sperimentali: G = girasole; L = loietto; F = prato medica/festuca; M = mais; S = sorgo; B = bianco; i numeri che seguono la lettera maiuscola individuano il campo sperimentale.

Da un'analisi di questi dati, sostanzialmente confrontabili con quelli prodotti da ARPA nel 2008 nonostante le differenti modalità di acquisizione dei campioni e di determinazione delle analisi<sup>6</sup>, emerge come elemento più rilevante la constatazione che **i terreni dell'ITAS Pastori oggetto di studio non sono classificabili come contaminati** ai sensi della normativa attuale, con riferimento alla colonna A della tabella 1, allegato 5 al Titolo V, Parte IV del d.lgs 152/2006<sup>7</sup>.

L'analisi statistica cui questi dati sono stati sottoposti (unità operativa Spallanzani, vedere capitolo specifico) non ha fornito apprezzabili e risolutivi risultati. Alcune criticità

<sup>5</sup> Per il calcolo sono stati usati gli I-TEF, introdotti dalla NATO nel 1989, anziché quelli più recenti proposti dal World Health Organisation nel 2005 (WHO05-TEF), perché furono quelli utilizzati dall'ARPA.

<sup>6</sup> Le indagini ARPA sono conformate all'uso di una maglia regolare con cella quadrata di lato 150 m. Alla cella è riferito un unico campione composito rappresentativo, realizzato mescolando e omogenando 5 prelievi di terreno ai vertici e al centro della cella, effettuati nel solo strato superficiale (0-30 cm). Le analisi sono state effettuate mediante gas-cromatografia - spettrometria di massa sempre in bassa risoluzione.

<sup>7</sup> Il confronto viene fatto con la colonna A (limiti per suoli adibiti a uso residenziale e a verde pubblico) essendo questa la più restrittiva, in mancanza di limiti specifici per le aree agricole.

legate alla durata della sperimentazione e alla mancanza di repliche, che non era possibile sostenere, impediscono infatti la valutazione univoca delle rilevazioni statistiche.

Emerge comunque, nella risposta a tutti i quesiti posti, un gruppo abbastanza definito di congeneri dei soli PCB (in particolare i congeneri 138-153-170-180-187-194-209), con un comportamento apparentemente differenziato dagli altri congeneri; non è tuttavia chiaro se si tratti di un esito della sperimentazione condotta o di anomalie nella loro determinazione analitica.

## CAMPIONAMENTO ED ANALISI DELLE BIOMASSE

I campioni vegetali sono stati così raccolti ed analizzati:

- Campo 1: girasole, loiutto, medica e festuca, per l'analisi delle loro parti vegetali, sono stati raccolti a completa maturazione, direttamente sul campo, negli stessi punti di campionamento del terreno. Sono stati altresì campionati con carotatore, una volta preparati e imballati, i fieni di loiutto e di medica/festuca;
- Campo 7: sono stati campionati in azienda sempre tramite carotatore, dopo un periodo di maturazione in trincea, i due insilati di mais e di sorgo. È stato altresì campionato con carotatore, una volta preparato e imballato, il fieno della parcella di controllo lasciata a prato.

Di seguito i risultati delle analisi effettuate dall'IZSLER sui campioni vegetali.

Le determinazioni sono state effettuate mediante gascromatografia accoppiata a spettrometria di massa in alta risoluzione (CG-HRMS) secondo le metodiche EPA 1613 B 1994 (PCDD, PCDF) e EPA 1668 C 2010.

PCDD, PCDF, PCB in biomasse vegetali – campi Serre e Maggia - analisi 2013								
CAMPO		SERRE				MAGGIA		
SPECIE VEGETALE		GIRASOLE				MAIS	SORGO	ERBA
PARTI VEGETALI ANALIZZATE		FOGLIE	FUSTI	RADICI	SEMI	TRINCIATO	TRINCIATO	FIENO
PCDD	2,3,7,8-TCDD	0,000	0,000	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000
	1,2,3,7,8-PeCDD	0,000	0,000	0,000	0,011	0,048	0,000	0,000
	1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,000	0,000	0,299	0,000	0,000	0,000	0,141
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,000	0,000	0,365	0,000	0,000	0,000	0,230
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,195	0,181	2,770	0,000	0,138	0,228	3,295
	1,2,3,4,6,7,8,9-OCDD	0,684	0,778	12,836	0,246	0,413	0,768	19,110
PCDF	2,3,7,8-TCDF	0,293	0,271	2,969	0,049	0,000	0,127	0,786
	2,3,4,7,8-PeCDF	0,110	0,000	1,327	0,000	0,048	0,059	0,442
	1,2,3,7,8-PeCDF	0,122	0,072	0,829	0,000	0,000	0,118	0,322
	1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,000	0,000	0,929	0,000	0,055	0,084	0,442
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,049	0,090	0,000	0,000	0,000	0,000	0,190
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,110	0,000	0,647	0,000	0,000	0,068	0,353
	2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,134	0,181	0,929	0,000	0,055	0,135	0,517
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,134	0,000	3,433	0,000	0,000	0,220	1,851
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,000	0,000	0,481	0,000	0,000	0,000	0,256
1,2,3,4,6,7,8,9-OCDF	0,195	0,199	7,479	0,016	0,089	0,211	3,269	

PCDD, PCDF, PCB in biomasse vegetali – campi Serre e Maggia - analisi 2013								
CAMPO		SERRE				MAGGIA		
SPECIE VEGETALE		GIRASOLE				MAIS	SORGO	ERBA
PARTI VEGETALI ANALIZZATE		FOGLIE	FUSTI	RADICI	SEMI	TRINCIATO	TRINCIATO	FIENO
PCB	PCB 28	789,483	61,297	200,651	30,591	45,885	137,947	110,933
	PCB 52	858,347	120,984	403,608	22,792	43,828	106,465	128,916
	PCB 77	70,267	12,314	65,441	2,316	6,166	21,670	31,774
	PCB 81	4,480	0,741	3,649	0,000	0,289	1,444	2,081
	PCB 101	766,411	238,352	985,843	24,299	57,549	164,397	203,852
	PCB 105	221,228	75,111	1060,903	8,253	28,544	112,528	276,854
	PCB 114	11,536	3,833	35,175	1,038	1,528	4,864	12,090
	PCB 118	563,055	204,105	2067,244	21,771	63,502	260,787	476,593
	PCB 123	12,037	4,828	43,069	0,814	1,652	5,962	10,474
	PCB 126	6,140	2,586	16,501	0,000	0,970	3,547	5,517
	PCB 138	470,533	162,228	5201,958	22,055	84,187	252,021	1046,150
	PCB 153	988,701	255,168	9899,509	38,320	119,819	431,500	1850,622
	PCB 156	38,515	13,218	453,261	1,655	7,329	27,497	110,893
	PCB 157	10,682	2,550	86,320	0,000	0,998	5,303	23,483
	PCB 167	25,941	5,388	222,891	1,125	5,058	14,044	59,157
	PCB 169	0,635	0,488	3,201	0,000	0,000	0,220	1,012
	PCB 180	210,204	63,304	3718,707	14,222	38,116	206,993	769,937
PCB 189	2,185	0,000	91,694	0,000	1,211	2,170	20,302	

Tab. 7 –contenuto di PCDD, PCDF e PCB nei campioni vegetali analizzati nel 2013.

PCDD, PCDF, PCB in biomasse vegetali Azienda Agricola Istituto Pastori - Brescia - analisi 2014									
CAMPO		SERRE							
SPECIE VEGETALE		FESTUCA + MEDICA					LOIETTO		
PARTI VEGETALI ANALIZZATE		FIENO FEST+MEDICA	P. AEREE FESTUCA	P. AEREE MEDICA	RADICI FESTUCA	RADICI MEDICA	FIENO	P. AEREE	RADICI
PCDD	2,3,7,8-TCDD	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,032
	1,2,3,7,8-PeCDD	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,000	0,088
	1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,120
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,066	0,000	0,000	0,000	0,000	0,061	0,000	0,311
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,000	0,000	0,000	0,072	0,000	0,077	0,000	0,247
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,108	0,112	0,181	0,850	0,164	0,264	0,098	2,743
	1,2,3,4,6,7,8,9-OCDD	0,505	0,462	0,629	2,791	0,735	0,833	0,444	15,367
PCDF	2,3,7,8-TCDF	0,089	0,000	0,079	0,385	0,069	0,154	0,071	1,252
	2,3,4,7,8-PeCDF	0,042	0,000	0,079	0,277	0,061	0,045	0,062	1,077
	1,2,3,7,8-PeCDF	0,073	0,000	0,000	0,125	0,043	0,122	0,036	0,534
	1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,054	0,089	0,086	0,349	0,000	0,106	0,000	1,100
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,046	0,000	0,000	0,098	0,000	0,000	0,000	0,128
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,035	0,000	0,000	0,215	0,000	0,041	0,027	0,534
	2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,062	0,045	0,047	0,331	0,035	0,065	0,027	0,758
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,147	0,149	0,134	1,002	0,121	0,187	0,098	4,083
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,039	0,000	0,000	0,107	0,026	0,057	0,000	0,470
1,2,3,4,6,7,8,9-OCDF	0,278	0,179	0,228	1,869	0,294	0,548	0,169	9,410	

PCDD, PCDF, PCB in biomasse vegetali Azienda Agricola Istituto Pastori - Brescia - analisi 2014									
CAMPO		SERRE							
SPECIE VEGETALE		FESTUCA + MEDICA					LOIETTO		
PARTI VEGETALI ANALIZZATE		FIENO FEST+MEDICA	P. AEREE FESTUCA	P. AEREE MEDICA	RADICI FESTUCA	RADICI MEDICA	FIENO	P. AEREE	RADICI
PCB	PCB 28	73,878	26,121	76,140	54,812	63,293	62,681	76,261	68,708
	PCB 52	52,245	41,035	128,726	116,574	58,505	45,292	37,140	85,231
	PCB 77	16,456	5,465	14,662	13,032	5,393	15,930	7,345	21,061
	PCB 81	0,822	0,000	0,385	1,610	0,959	0,898	0,684	1,587
	PCB 101	88,798	36,999	97,893	135,528	40,458	98,414	52,105	169,187
	PCB 105	48,530	27,900	63,027	157,129	46,439	57,440	31,012	288,437
	PCB 114	2,689	1,214	2,799	5,626	2,446	2,466	2,780	7,695
	PCB 118	117,224	54,661	116,344	295,143	70,138	144,486	71,652	528,557
	PCB 123	2,168	1,847	2,225	5,742	1,746	2,312	1,528	11,882
	PCB 126	3,738	1,258	1,258	1,547	0,717	2,328	0,702	6,491
	PCB 138	335,620	34,214	114,513	379,222	194,883	377,968	52,584	988,333
	PCB 153	602,130	146,299	552,390	1515,930	438,479	644,253	200,631	2375,008
	PCB 156	12,456	8,377	10,079	77,442	15,557	15,171	7,131	145,303
	PCB 157	2,804	1,430	0,000	19,562	3,924	4,733	0,000	29,458
	PCB 167	3,391	3,552	11,336	34,580	4,659	5,278	5,897	73,812
	PCB 169	0,000	0,000	0,000	1,091	0,000	0,102	0,382	1,140
	PCB 180	71,760	65,257	122,201	719,964	155,523	78,148	71,057	1541,579
	PCB 189	1,520	0,000	1,730	13,873	3,215	1,914	1,448	36,978

Tab. 8 – contenuto di PCDD, PCDF e PCB nei campioni vegetali analizzati nel 2014.

L'analisi statistica effettuata, come previsto dal progetto, dall'Istituto Spallanzani sui dati analitici delle biomasse vegetali ha fornito un coefficiente di correlazione (r) tra le diverse parti delle specie vegetali rapportate al terreno, ossia ha stabilito la presenza o meno di una corrispondenza tra il profilo di contaminazione nei terreni e quello rilevato nelle diverse parti delle piante.

Specie vegetale	Parte della pianta analizzata	coefficiente di correlazione r
girasole	Semi	0,63
	Foglie	0,55
	Fusti	0,05
	Radici	0,94
loietto	Parte aerea	0,78
	Radici	0,92
	Fieno	0,87
festuca	Parte aerea	0,81
	Radici	0,86
mais	Trinciato	0,79
sorgo	Trinciato	0,87

Tab. 9 – correlazione tra le diverse parti vegetali analizzate e i corrispondenti terreni.

Il coefficiente di correlazione è un numero compreso tra 0 e 1 ed esprime una alta correlazione quando è maggiore di 0,9. Da questa elaborazione si evidenzia come la correlazione tra le diverse parti delle piante ed il suolo, sia particolarmente elevato per le radici; questo fatto può dipendere in parte da fenomeni di assorbimento dei contaminanti a livello radicale (contaminanti presenti che difficilmente e solo in minima parte vengono traslocati all'interno dei vegetali) ma evidenzia plausibilmente anche una **criticità legata a una componente di "contaminazione tellurica" delle radici**, che deve essere evitata mediante il lavaggio quanto più accurato possibile delle stesse radici ma che probabilmente non riesce ad essere del tutto eliminata.

## FORAGGI

Le tabelle riportate di seguito mostrano le concentrazioni medie di PCDD, PCDF e PCB riscontrate nei foraggi, confrontate con i valori soglia del vigente regolamento europeo che ne norma la qualità (Reg. UE 277/2012).

FORAGGI	PCDD/F		Σ PCDD/F + PCB dl	
	concentrazioni rilevate nei FORAGGI TEQ ng/Kg (WHO TEF 05)	limite d'azione/ massimo per FORAGGI Reg.UE 277/2012	concentrazioni rilevate nei FORAGGI TEQ ng/Kg (WHO TEF 05)	limite massimo per FORAGGI Reg.UE 277/2012
Insilato di mais	0,17	0,5/0,75	0,32	1,25
Insilato di sorgo	0,19	0,5/0,75	0,55	1,25
Fieno prato	0,5	0,5/0,75	1,05	1,25
Fieno loietto	0,18	0,5/0,75	0,43	1,25
Fieno medica/ festuca	0,18	0,5/0,75	0,55	1,25

Tab. 4 –Qualità dei foraggi prodotti riferiti alle diossine/furani e PCB dioxin like. Evidenziato su sfondo giallo valore uguale al livello d'azione ai sensi del Reg. UE 277/201 sulla qualità dei foraggi.

FORAGGI	PCB dl		PCB n-dl	
	concentrazioni rilevate nei FORAGGI TEQ ng/Kg (WHO TEF 05)	limite d'azione per FORAGGI Reg.UE 277/2012	concentrazioni rilevate nei FORAGGI TEQ ng/Kg (WHO TEF 05)	limite massimo per FORAGGI Reg.UE 277/2012
Insilato di mais	0,14	0,35	3	10
Insilato di sorgo	0,36	0,35	3	10
Fieno prato	0,55	0,35	4,73	10
Fieno loietto	0,25	0,35	3,07	10
Fieno medica/ festuca	0,37	0,35	3,03	10

Tab. 5 – Qualità dei foraggi prodotti riferiti ai PCB dioxin like e non. Evidenziati su sfondo giallo valori maggiori o uguali al livello d'azione ai sensi del Reg. UE 277/201 sulla qualità dei foraggi.

L'analisi dei dati evidenzia alcune criticità, in particolare per il fieno ottenuto dalla parcella lasciata a prato che è stato raccolto non seguendo particolari accorgimenti e quindi secondo la prassi comune con un taglio basso, a circa 5 cm dal piano campagna.

Anche l'insilato di sorgo ha raggiunto dei livelli prossimi a quelli di azione per i PCB dl; si evidenzia in questo caso l'inferiore altezza di taglio rispetto all'insilato di mais il quale è risultato decisamente più "pulito".

Una riflessione importante che i dati ottenuti con questo progetto portano a fare riguarda la delicatezza della questione relativa ai limiti di legge: dalle tabelle sopra riportate si evincono alcune situazioni critiche riferite ai limiti fissati a livello europeo (Reg. UE 277/2012) per i prodotti destinati ad uso alimentazione zootecnica. Preme qui evidenziare come tali livelli sono stati riscontrati in vegetali coltivati su terreni che, come mostrato in tab. 6, non sono considerati contaminati dall'attuale normativa italiana. È doveroso però precisare che ad oggi la normativa italiana non prevede limiti specifici per le aree agricole e il tema è attualmente oggetto di discussione: il d.lgs. 152/2006 demandava a un futuro D.M. specifico la definizione di tali limiti.<sup>8</sup>

Un ulteriore, significativo, elemento di riflessione è dato dalla constatazione che, per quanto riguarda i dati riferiti ai PCB dl, il valore misurato nei foraggi analizzati è costituito per la quasi totalità (> del 95%) dal congenere 126; questo si spiega in buona parte col fatto che i valori dei PCB dl vengono espressi, analogamente alle diossine e furani, in tossicità equivalente (TEQ), che si ricorda essere calcolata moltiplicando il valore di concentrazione in peso per il corrispondente fattore di tossicità equivalente (TEF) del singolo composto. Il PCB 126, nonostante non sia il congenere che presenta le concentrazioni maggiori, è tuttavia quello che ha il fattore di tossicità equivalente (TEF) più elevato: 0,1 (assunto come 1 il TEF della diossina 2,3,7,8-TCDD, la più nociva), maggiore di almeno 2 e fino a 4 ordini di grandezza rispetto a quelli di tutti gli altri PCB diossina simili.

---

<sup>8</sup> La definizione di norme e criteri di utilizzo per i suoli agricoli hanno prodotto nel 2014 un consistente lavoro, che ha coinvolto funzionari del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare, del Ministero della Salute e di alcune Regioni, tra cui la Lombardia, per la stesura di un regolamento specifico. Ad oggi tuttavia tale regolamento non è stato ancora emanato.

## CONCLUSIONI

La ricerca effettuata da ERSAF nel progetto Pastori POPs ha conseguito alcuni risultati significativi per il trasferimento delle informazioni prodotte al comparto agricolo bresciano e più in genere lombardo, nonostante alcune criticità, essenzialmente la breve durata della sperimentazione, non abbiano permesso di ottenere risposte a tutte le tesi trattate.

È senza dubbio rilevante l'aver riscontrato che i suoli oggetto di questa sperimentazione non sono contaminati, essendo le concentrazioni dei contaminanti organici indagati sempre inferiori ai limiti di legge del d.lgs. 152/2006; è altresì rilevante che anche da tali suoli avvengano trasferimenti di contaminanti alle biomasse coltivate che raggiungono il livello di attenzione della corrispondente normativa (Reg.UE 277/2012).

È quindi importante che la loro gestione sia improntata all'adozione di pratiche agronomiche in grado di impedire il trasferimento di sostanze contaminanti nei foraggi coltivati.

La sperimentazione ha mostrato che i contaminanti sono concentrati soprattutto negli apparati radicali delle piante, molto meno nelle loro parti epigee; in particolare si è visto che l'entità delle concentrazioni è inversamente proporzionale all'altezza della parte di pianta prelevata rispetto alla superficie del suolo, a conferma della tesi che ritiene l'apporto dei contaminanti indagati alle biomasse vegetali dovuto principalmente alla componente tellurica.

Non sono emersi elementi che ci consentano di comprendere se le specie vegetali testate siano in grado di degradare o adsorbire alcuni o tutti i contaminanti indagati. Una sperimentazione con tali propositi dovrebbe essere prolungata nel tempo ben oltre la durata del progetto Pastori POPs ed essere sorretta da un impianto sperimentale molto articolato, non possibile in questa sede per l'entità delle risorse disponibili.

## BIBLIOGRAFIA

- APAT (Agenzia per la Protezione dell’Ambiente e per i servizi Tecnici). 2006. *Diossine Furani e PCB*.
- Chekol, T., Vough, L.R., Chaney, R.L., 2004. *Phytoremediation of polychlorinated biphenyl-contaminated soils: the rhizosphere effect*. Environment International 30, 799-804.
- Meggo, R.E., Schnoor, J., Hu, D. 2013. *Dechlorination of PCBs in the rhizosphere of switchgrass and poplar*. Environmental pollution 178C: 2013 Apr 16 pg 312-321.
- Petruzzelli, G., Pedron, F., Rosellini, I., Tassi, E., Gorini, F., Barbafieri, M., 2012. Integrating Bioremediation and Phytoremediation to Clean up Polychlorinated Biphenyls Contaminated Soils. World Academy of Science, Engineering and Technology, 66.
- Teng, Y., Luo, Y., Sun, X., Tu, C., Xu, L., Liu, W., Li, Z., Christie, P. 2010. *Influence of arbuscular mycorrhiza and Rhizobium on phytoremediation by alfalfa of an agricultural soil contaminated with weathered PCBs: a field study*. International Journal of Phytoremediation. 2010 Jul; 12(5):516-33
- Whitfield, M., Zeeb, B., Reimer, K.J. 2005. *In Situ Phytoextraction of PCBs from Soil: Pilot-Scale Field Trial*. Poster Abstracts: The Eighth International In-Situ and On Site Bioremediation Symposium. Battelle Press.
- Whitfield Aslund, M., Zeeb, B., Rutter, A., Reimer, K.J. 2007. *In Situ Phytoextraction of polychlorinated biphenyl (PCB) contaminated soil*. Science of the Total Environment 374, 1 – 12.
- *“Influenza della contaminazione tellurica in foraggi di produzione aziendale sul grado di esposizione degli allevamenti bufalini alle diossine”* pubblicato sul n. 3 di luglio 2008 della newsletter AIVEMP (Associazione Italiana Veterinaria di Medicina Pubblica).
- *D.Lgs 152/2006 “Norme in materia ambientale”* pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* n. 88 del 14 aprile 2006 - Supplemento Ordinario n. 96 e suo aggiornamento *D.Lgs 29 giugno 2010 n. 128* pubblicato sulla *Gazzetta Ufficiale (Supplemento ordinario n. 184/L alla G.U. n. 186 del giorno 11 agosto 2010)*
- *REGOLAMENTO (UE) N. 277/2012 DELLA COMMISSIONE* del 28 marzo 2012 pubblicato nella *Gazzetta Europea* L91/1 del 29 marzo 2012, recante modifiche agli allegati I e II della direttiva 2002/32/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 7 maggio 2002, relativa alle sostanze indesiderabili nell'alimentazione degli animali, per quanto riguarda i livelli massimi e le soglie d'intervento relativi alle diossine e ai policlorobifenili