



Agenzia Regionale per la Prevenzione
e Protezione Ambientale del Veneto



REGIONE DEL VENETO

**Accordo volontario per il monitoraggio delle ricadute dell'impianto di
termovalorizzazione di San Lazzaro, Padova.**

Monitoraggio delle ricadute di composti organici persistenti (POPs)

Anno 2014 - 2015

ARPAV

Commissario Straordinario

Nicola dell'Acqua

Dipartimento Provinciale di Padova

Vincenzo Restaino

Servizio Stato dell'Ambiente

Ilario Beltramin

Progetto e realizzazione:

Ufficio Attività tecniche e specialistiche

Daniele Suman

Enrico Cosma (per i campionamenti)

Supporto per revisione:

Silvia Rebeschini

Servizio Osservatorio Aria: Salvatore Patti

Agosto 2016

Revisione n. 1 (correzione dei grafici di fig.8 pag 28)

Indice

1. Introduzione e obiettivi	4
2. Caratterizzazione del sito	4
3. Metodologia di campionamento.....	6
3.1 Le campagne di misura	6
3.2 Strumentazione.....	7
4. Inquadramento meteo-climatico.....	8
5. Inquinanti monitorati.....	10
5.1 Diossine (PCDD) e Furani (PCDF)	10
5.2 Policlorobifenili (PCB)	11
6. Normativa di riferimento.....	11
6.1 Strumenti di controllo internazionali e nazionali.....	11
6.2 Fattore di tossicità equivalente.....	12
6.3 Indice di tossicità per diossine, furani e PCB	14
6.4 Valori di riferimento	14
6.5 Valori di deposizione in letteratura scientifica	15
7. Presentazione dei risultati.....	17
7.1 Elaborazione dei dati.....	17
7.2 ANALISI DEI CONGENERI RILEVATI	25
7.2.1 PCDD e PCDF	25
7.2.2 PCB	28
7.2.3 Analisi dei risultati in funzione della stagionalità.....	31
7.2.3 Impronta diossine e PCB.....	33
8. Considerazioni finali	41
Riferimenti bibliografici.....	43

1. Introduzione e obiettivi

Il monitoraggio delle deposizioni atmosferiche nei comuni di Padova e Noventa Padovana è stato svolto dal Dipartimento Provinciale di Padova nell'ambito dell'Accordo triennale per il monitoraggio dell'inceneritore di San Lazzaro, sottoscritto da HestAmbiente s.r.l. (ex Acegas-APS-Amga), Comune di Padova, Provincia di Padova, Comune di Noventa Padovana e ARPAV.

Nel corso degli ultimi anni è stato ampiamente dimostrato che l'atmosfera costituisce un importante veicolo di trasporto di molti materiali naturali ed antropici a breve ed a lunga distanza, che ricadendo sui vari comparti ambientali ne comportano un degrado, a volte anche irreversibile. Trattasi per lo più di emissioni da varie fonti (ad es. raffinerie, cementifici, industria metallurgica, discariche, incenerimento dei rifiuti, traffico, combustione da riscaldamento, ecc.) che causano contaminazione dei suoli con conseguente accumulo nella catena alimentare.

Parte di questi composti vengono dispersi in atmosfera e in parte vengono depositati al suolo grazie all'interazione degli agenti atmosferici (precipitazioni, vento, temperatura, ecc.)

La misura dei tassi di deposizione può fornire quindi importanti informazioni sulla situazione di contaminazione di un'area e sulla valutazione dell'esposizione della popolazione.

Lo scopo del presente lavoro è quello di indagare sulla formazione e la presenza di microinquinanti organici al suolo nel territorio limitrofo al Termovalorizzatore San Lazzaro, per iniziare così ad avere dei livelli di riferimento sul lungo periodo che possano permettere di monitorare l'evoluzione nel tempo della qualità dell'aria e di valutare la significatività del contributo dovuto alle emissioni del Termovalorizzatore San Lazzaro.

Il documento è da intendersi sostitutivo del precedente rapporto relativo all'anno 2014.

2. Caratterizzazione del sito

Nell'ambito del precedente accordo 2011-2013 è stato prodotto il documento "Valutazione modellistica del contributo dell'inceneritore ai livelli di inquinamento atmosferico", inviata il 06/12/2013 (ns. prot. n. 0127172) ai Comuni di Padova e Noventa Padovana e ad APS, che include uno studio modellistico delle ricadute del Termovalorizzatore San Lazzaro di Padova.

Sulla base dei modelli di ricaduta degli inquinanti immessi in aria dall'inceneritore (in *Allegato* viene riportata la planimetria con le isolinee di concentrazione derivate dalla modellazione ARPAV), presentati nel documento citato, la scelta dei siti dove collocare la strumentazione è stata fatta in funzione di requisiti specifici:

- SITO 1: area "di bianco" ovvero non interessata da ricadute;
- SITO 2: area di massima ricaduta degli inquinanti.

Dovendo la strumentazione essere collocata in due luoghi aperti, libera da ingombri ed in grado di intercettare tutte le polveri e le precipitazioni in arrivo, sono stati individuati i due siti come di seguito:

- SITO 1: a nord-est dell'inceneritore, in Via XXV Aprile a Noventa Padovana, sopra il tetto della palestra comunale; la posizione è stata spostata presso il cimitero di Noventa Padovana nel periodo relativo all'ultimo campionamento per motivi di sicurezza degli operatori;
- SITO 2: a ovest dell'inceneritore, in Via S. Fidenzio a Padova, sopra il tetto della caserma dei Vigili del Fuoco.

Di seguito vengono riportate le immagini dei siti oggetto di studio, e la planimetria della loro ubicazione.



Figura 1. Deposimetro posizionato sul tetto della palestra comunale di Noventa Padovana (SITO 1).



Figura 2. Deposimetro posizionato sul tetto della sede dei Vigili del Fuoco di Padova (SITO 2).

Nel corso dell'anno 2015 è proseguito il campionamento con depositometri nei due siti individuati.

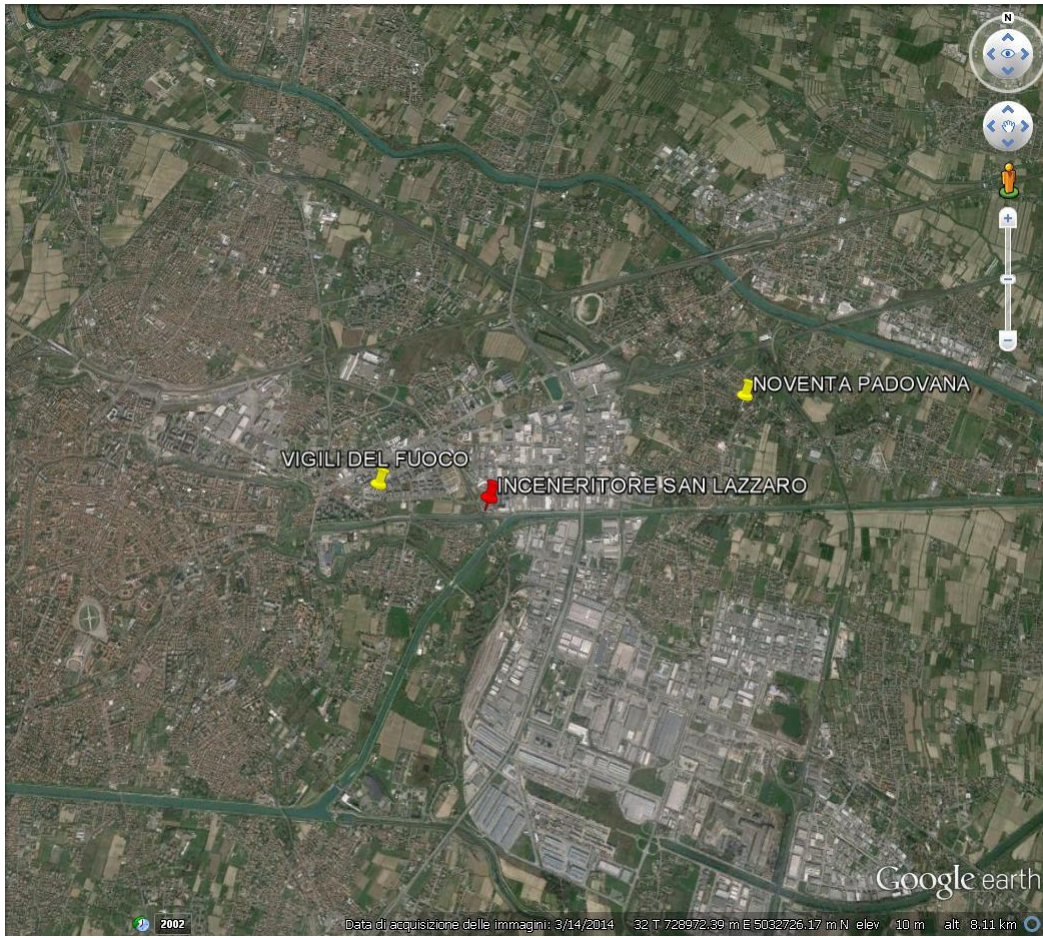


Figura 3. Localizzazione dei due siti di monitoraggio e del termovalorizzatore San Lazzaro di Padova.

3. Metodologia di campionamento

3.1 Le campagne di misura

Il monitoraggio annuale è stato organizzato in 6 campagne di misura per ciascun anno in ciascuno dei due siti, ciascuna di durata variabile tra 21 e 46 giorni, suddivise tra periodo estivo e periodo invernale, in quanto è nel periodo autunno-inverno che si registra una maggior quantità di precipitazioni.

Per completezza si riportano i dati relativi ai campionamenti effettuati nel 2014 e già presentati in apposita relazione e quelli relativi al 2015.

	Periodo d'indagine	Durata	Tipologia	Volume d'acqua campionato	
				SITO 1 (ml)	SITO 2 (ml)
1	26/02/2014 – 27/03/2014	29 gg	invernale	4200	3450
2	10/07/2014 – 31/07/2014	21 gg	estiva	4500	6000
3	20/08/2014 – 11/09/2014	22 gg	estiva	4200	4000
4	08/10/2014 – 30/10/2014	22 gg	invernale	1380	1620
5	12/11/2014 – 03/12/2014	21 gg	invernale	6400	5200
6	19/12/2014 – 14/01/2015	26 gg	invernale	880	680

Tabella 1. Calendario 2014 delle campagne di monitoraggio.

	Periodo d'indagine	Durata	Tipologia	Volume d'acqua campionato	
				SITO 1 (ml)	SITO 2 (ml)
1	04/02/2015 – 04/03/2015	29 gg	invernale	3000	1760
2	24/03/2015 – 23/04/2015	31 gg	Estiva	3060	2360
3	29/05/2015 – 24/06/2015	27 gg	Estiva	2740	1840
4	31/07/2015 – 28/08/2015	29 gg	Estiva	1900	1450
5	13/10/2015 – 10/11/2015	29 gg	invernale	1800	1560
6	01/12/2015 – 15/01/2016	46 gg	invernale	1830	1920

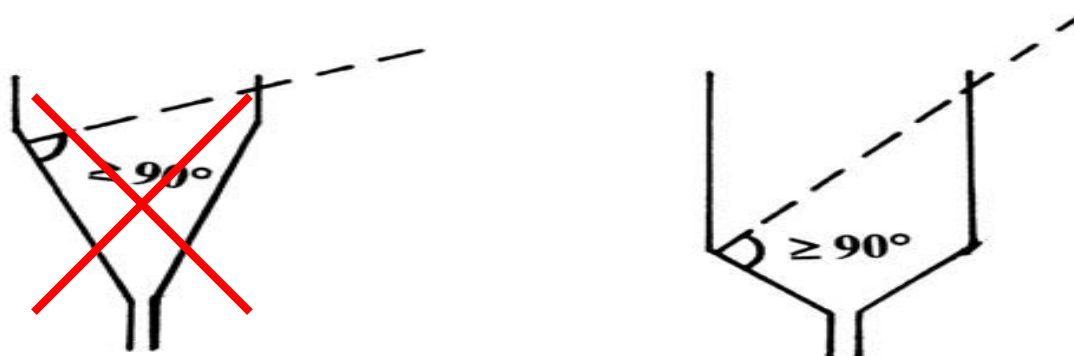
Tabella 2. Calendario 2015 delle campagne di monitoraggio.

3.2 Strumentazione

Il monitoraggio delle deposizioni atmosferiche è stato condotto mediante l'impiego di apposite strumentazioni chiamate *deposimetri "bulk"*, in grado di raccogliere microinquinanti organici identificabili e quantificabili analiticamente.

I deposimetri tipo bulk sono dei sistemi di campionamento 'passivi', in quanto non necessitano di alimentazione elettrica e sono predisposti per raccogliere ogni tipo di deposizione in arrivo dall'atmosfera, sia secca in caduta gravitazionale, che umida, veicolata da precipitazioni piovose o nevose.

Sono costituiti da una bottiglia di raccolta (si è utilizzata quella da 10 L -per avere la garanzia di non perdere campione anche in caso di elevata piovosità- e con l'area di raccolta del campione pari a 0.036 m^2), e da un sovrastante imbuto a parete cilindrica, sostenuto in posizione verticale, in modo che l'apertura superiore risulti sempre libera da ingombri ed in grado di intercettare tutte le polveri e le precipitazioni in arrivo; l'imbuto e la bottiglia sono rimovibili e separabili, per facilitarne il trasporto e la pulizia.



Al fine di evitare la perdita di campione a causa di spruzzi durante eventi meteorologici intensi, le pareti verticali devono essere particolarmente profonde rispetto a quelle inclinate.

Per proteggere il campione dall'esposizione alla luce e al calore, con conseguente formazione di alghe, bottiglia e imbuto vengono alloggiati dentro un recipiente cilindrico in materiale plastico opaco, il cui bordo superiore si trova all'altezza del bordo dell'imbuto. Il color chiaro e l'intercapedine d'aria tra tubo e sistema di raccolta minimizzano il riscaldamento del campione raccolto; inoltre un anello esterno di protezione anti-danneggiamento posto sulla parte superiore serve per la protezione da animali e, in particolare, per impedire agli uccelli di utilizzare come posatoio il bordo del campionatore.

In Figura 4 è mostrato un deposimetro di tipo bulk, pronto per il campionamento e smontato nei suoi vari componenti.



Figura 4. Deposimetro di tipo bulk, installato e pronto per il campionamento (foto in alto a sinistra), e smontato nei suoi vari componenti.

4. Inquadramento meteo-climatico

Vengono riportati in tabella i principali parametri relativi ai singoli periodi di campionamento.

I dati sono quelli registrati dalla stazione meteo di Legnaro di ARPAV.

	26/02/2014– 27/03/2014	10/07/2014– 31/07/2014	20/08/2014– 11/09/2014	08/10/2014– 30/10/2014	12/11/2014– 03/12/2014	19/12/2014– 14/01/2015
T media	10.3	22.9	13.1	16.1	10.2	3.5
Tmin	7.7	15.0	20.4	2.9	2.1	-4.3
T max	19.0	32.3	30.0	25.8	18.2	12.4
Piovosità cumulata	85.2	144.2	94.2	34.8	153.2	16
N° gg con pioggia	9	13	16	11	12	2
N° gg. (V <1.5)	9	10	4	11	8	16
N° gg (1.5 <=V<3.0)	15	12	19	9	8	10
N° gg (V >= 3.0)	6	0	0	3	6	1
N° gg periodo	30	22	23	23	22	27

Tabella 3. Dati climatici stazione di Legnaro nei periodi di campionamento 2014.

	04/02/2015- 04/03/2015	24/03/2015- 23/04/2015	29/05/2016- 24/06/2015	31/07/2015- 28/08/2015	13/10/2015- 10/11/2015	01/12/2015- 15/01/2016
T media	6.3	12.6	22.1	24.1	11.5	3.4
Tmin	-3.0	-0.6	10.6	14.2	1.8	-3.2
T max	14.8	24.5	32.4	35.7	20.6	13.1
Piovosità cumulata	71.4	65.2	61.8	45.0	61	30.4
N° gg con pioggia	8	6	8	11	8	8
N° gg. (V <1.5)	5	0	2	7	17	35
N° gg (1.5 <=V<3.0)	14	25	24	20	10	10
N° gg (V >= 3.0)	10	6	1	2	2	1
N° gg periodo	29	31	27	29	29	46

Tabella 4. Dati climatici stazione di Legnaro nei periodi di campionamento 2015.

Si possono identificare condizioni più o meno favorevoli alla dispersione di inquinanti in funzione della piovosità e della ventilazione nei diversi periodi:

- condizioni poco favorevoli alla dispersione degli inquinanti: precipitazione giornaliera inferiore a 1 mm e intensità media del vento minore di 1.5 m/s;
- situazioni debolmente dispersive: precipitazione giornaliera compresa tra 1 e 6 mm e intensità media del vento nell'intervallo 1.5 m/s e 3 m/s;
- situazioni molto favorevoli alla dispersione degli inquinanti: precipitazione giornaliera superiore a 6 mm e intensità media del vento maggiore di 3 m/s.

I valori delle soglie per la ripartizione nelle tre classi sono state individuate in maniera soggettiva in base ad un campione pluriennale di dati.

5. Inquinanti monitorati

Gli inquinanti organici persistenti (POPs, Persistent Organic Pollutants) sono, fra i composti organici di sintesi, quelli più pericolosi per l'ambiente e per la salute pubblica a causa della loro stessa natura, in quanto caratterizzati da:

- elevata tossicità: sono sostanze che per inalazione, ingestione o penetrazione cutanea possono comportare rischi gravi, acuti o cronici, per la salute e talora la morte dell'organismo;
- elevata persistenza: essendo resistenti alla degradazione naturale, hanno una capacità di accumulo nell'ambiente per periodi molto lunghi dopo la loro immissione;
- elevata bioaccumulabilità: essendo liposolubili si concentrano nei tessuti adiposi ed in altri tessuti animali, trasferendosi da un organismo all'altro lungo la catena alimentare fino a giungere all'uomo.

Tra le classi di POPs riconosciute a livello internazionale, i tre gruppi di maggior importanza per la loro pericolosità sono diossine, furani e PCB.

5.1 Diossine (PCDD) e Furani (PCDF)

Con il termine generico di “*diossine*” si indica un gruppo di 210 composti chimici aromatici policlorurati, ossia formati da carbonio, idrogeno, ossigeno e cloro, che possono essere classificati in due grandi famiglie:

- le dibenzo-p-diossine (PCDD o propriamente diossine), costituite da due anelli benzenici clorurati legati da due ponti a ossigeno (75 congeneri);
- i dibenzo-p-furani (PCDF), costituiti da due anelli benzenici clorurati legati da un ponte a ossigeno (135 congeneri).

Di questi composti, 17 congeneri assumono particolare rilevanza tossicologica (rispettivamente 7 PCDD e 10 PCDF) in funzione del numero e della specifica posizione degli atomi di cloro sugli anelli aromatici.

Si tratta di sostanze che a causa della forte stabilità (termostabili, scarsamente polari, insolubili in acqua, estremamente resistenti alla degradazione chimica e biologica) e spiccata lipofilia sono significativamente coinvolte nei meccanismi di bioaccumulo - negli organismi viventi - e di biomagnificazione - nella catena trofica.

Diossine e furani sono dei sottoprodotti indesiderati di reazioni che coinvolgono processi chimici e/o di combustione (per temperature tipicamente comprese tra 200 e 500 °C e comunque generalmente inferiori ai 900 °C) in cui vi è presenza di composti organici clorurati ed ossigeno.

Tra i processi chimici sono da segnalare la produzione di plastiche, pesticidi e diserbanti clorurati, lo sbiancamento della carta, le raffinerie e la produzione di oli combustibili. Altre fonti di emissione sono le combustioni incontrollate (incendi accidentali), le combustioni controllate di rifiuti solidi urbani (incenerimento), la produzione di energia, i processi produttivi dei metalli, l'utilizzo di oli combustibili nei più diversi settori produttivi, i trasporti (utilizzo di combustibili che contengono composti clorurati), la combustione di legno trattato ed anche naturale (non trattato).

In termini generali, si può affermare che la formazione delle “*diossine*” avviene essenzialmente nel corso di combustioni non controllate mentre la principale via di esposizione per l'uomo avviene attraverso l'ingestione di alimenti contaminati ad alto tenore lipidico, come pesci, carne e prodotti caseari.

Il termine generico “*diossina*”, al singolare questa volta, viene invece usato come sinonimo della 2,3,7,8-tetracloro-dibenzo-p-diossina (TCDD), cioè del congenere maggiormente tossico nonché l'unico ad esser stato riconosciuto come possibile cancerogeno per l'uomo dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC).

5.2 Policlorobifenili (PCB)

I policlorobifenili (PCB) sono composti organici con struttura simile al bifenile, in cui gli atomi di idrogeno legati attorno ai due anelli aromatici sono differentemente sostituiti da atomi di cloro (fino ad un massimo di 10), dando così origine a 209 congeneri. Le caratteristiche fisico-chimiche dei congeneri dei PCB variano notevolmente e questa variabilità ha dirette conseguenze su persistenza e bioaccumulo.

In particolare esistono 12 congeneri con proprietà tossicologiche simili a quelle delle diossine e sono definiti PCB diossina-simili (PCB-DL, PCB diossin-like), mentre tutti gli altri sono definiti PCB non diossina-simili (PCB-NDL).

A differenza delle diossine, i PCB sono composti chimici prodotti da processi industriali, anch'essi però estremamente stabili, non ossidabili, scarsamente biodegradabili, resistenti ad acidi e alcali ed alla fotodegradazione, poco solubili in acqua e con bassa volatilità. Ad oggi sono considerati, per la loro tossicità nei confronti dell'uomo e dell'ambiente, tra gli inquinanti più pericolosi poiché la loro grande stabilità ai diversi attacchi chimici li rende difficilmente degradabili, acuendo l'effetto di bioaccumulazione negli organismi viventi.

6. Normativa di riferimento

Nella legislazione italiana il concetto di deposizione atmosferica legato alla qualità dell'aria ha subito nel tempo un'evoluzione, con l'introduzione di una serie di concetti in successivi decreti. Di seguito si elencano i più significativi:

- Legge 615/1966 ("Legge antismog"). Il Ministero della Sanità istituisce una Commissione di studio per raccomandare dei limiti per le polveri sedimentabili.
- Decreto Ministeriale del 20 maggio 1991 ("Criteri per la raccolta dei dati inerenti la qualità dell'aria"). Definisce come polvere sedimentabile il *"materiale particolato avente granulometria molto elevata e che sedimenta sotto l'azione del campo di gravità. Essa viene valutata mediante raccolta in appositi deposimetri. Sulla polvere depositata possono essere eseguite analisi chimiche di diverso tipo"*. L'Allegato 1, al punto 1.6 "Misure non automatiche" identifica tra le specie da analizzare le deposizioni atmosferiche, *"che possono essere di tipo secco ed umido. Le deposizioni umide interessano normalmente le aree remote"*.
- Decreto Legislativo 155/2010 ("Attuazione della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa"). Definisce la deposizione totale come *"massa totale di sostanze inquinanti che, in una data area e in dato periodo, è trasferita dall'atmosfera al suolo, alla vegetazione, all'acqua, agli edifici e a qualsiasi altra superficie"*. *"Per la misurazione dei tassi di deposizione il campionamento deve avere una durata di una settimana o di un mese. I campionamenti devono essere ripartiti in modo uniforme nel corso dell'anno"*.

6.1 Strumenti di controllo internazionali e nazionali

In ambito internazionale sono state stipulate molte convenzioni che riguardano i PCDD/PCDF e i PCB, tra le quali sicuramente la più importante è la *Convenzione di Stoccolma*. Adottata il 23 maggio 2001 ed entrata in vigore il 17 maggio 2004, è un trattato internazionale (sottoscritto da 150 nazioni) legalmente vincolante che vieta la produzione, l'uso e il rilascio di sostanze chimiche pericolose conosciute come inquinanti organici persistenti (POPs). Il trattato ha segnato una svolta per l'industria e per i programmi ambientali, dal momento che si riconosce per la prima volta che il rilascio degli inquinanti tossici non può essere adeguatamente controllato, ma deve essere impedito per proteggere la salute pubblica e l'ambiente, secondo il principio di precauzione.

La convenzione, il cui testo tradotto è pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale dell'UE L 209/3 del 31 luglio 2006, prevede un insieme di regole, basate sul principio di precauzione, per porre fine alla

produzione, all'uso, all'importazione e all'esportazione di un primo gruppo di dodici inquinanti organici persistenti considerati prioritari per garantire la gestione e lo smaltimento di tali sostanze in condizioni di sicurezza e per eliminare o ridurre le emissioni derivanti dalla produzione non intenzionale di alcuni inquinanti organici persistenti.

Obiettivo del trattato è quindi quello di eliminare tutti i POPs, iniziando da una lista di 12 sostanze, tra cui PCB, diossine e furani (nota come "la sporca dozzina"), che presentano effetti negativi sull'ambiente e sulla salute umana (tossicità, effetti negativi sulla riproduzione, carcinogenicità, teratogenicità, disturbi al sistema endocrino). La via preferenziale dell'esposizione umana è quella alimentare, per cui le caratteristiche di bioaccumulo e di esposizione a lungo termine di questi inquinanti fanno sì che anche una quantità minima possa determinare questi effetti negativi sulla salute.

Nel maggio 2009 alla Convenzione sono stati aggiunti altri 9 prodotti commerciali, usati come pesticidi, ignifughi o per altri impieghi, come rivestimenti idrorepellenti e resistenti alle macchie per tessuti e tappeti, rivestimenti impermeabili ad olio e grassi per carta ad uso alimentare, vernici per pavimenti ed insetticidi.

A livello comunitario la Convenzione è stata approvata con Decisione del Consiglio il 14 ottobre 2004.

A livello nazionale, non esiste uno standard di riferimento ambientale inerente il tenore di PCDD/PCDF e PCB nell'aria ambiente.

Per le emissioni industriali si deve far riferimento al D.Lgs. 152/06 "Norme in materia ambientale", in particolare alla "Parte Quinta – Norme in materia di tutela dell'aria e riduzione delle emissioni in atmosfera". Nell'Allegato 1 (valori di emissione e prescrizioni) alla parte quinta del decreto legislativo si fissano i valori di emissione minimi e massimi per le sostanze inquinanti. Nel capitolo 1.2. di tale allegato "Sostanze di tossicità e cumulabilità particolarmente elevate (Tabella A2)", si afferma che le emissioni devono essere limitate nella maggiore misura possibile dal punto di vista tecnico e dell'esercizio.

Per quanto riguarda invece le deposizioni atmosferiche, non sono stati fissati per questi inquinanti limiti di riferimento nella normativa nazionale attuale.

6.2 Fattore di tossicità equivalente

Generalmente PCDD/PCDF/PCB-DL non vengono rilevati nelle diverse matrici come singoli composti, ma come miscele complesse dei diversi congeneri con diverso grado di tossicità.

Per riuscire a esprimere la tossicità dei singoli congeneri, è stato introdotto il concetto di *fattore di tossicità equivalente* (TEF). I fattori di tossicità equivalente si basano sulla considerazione che i PCDD/PCDF/PCB-DL sono composti strutturalmente simili che presentano il medesimo meccanismo strutturale di azione (attivazione del recettore Ah) e producono effetti tossici simili.

I TEF vengono calcolati confrontando l'affinità di legame dei vari composti organoclorurati con il recettore Ah, rispetto a quella del congenere più tossico, la 2,3,7,8-TCDD, a cui è stato assegnato un valore di TEF pari a 1.

Per quanto riguarda diossine e furani, sono stati individuati 17 congeneri di rilevanza tossicologica:

- Diossine:
- 2,3,7,8 tetracloro-*p*-dibenzodiossina (2,3,7,8 TCDD)
 - 1,2,3,7,8 pentacloro-*p*-dibenzodiossina (1,2,3,7,8 PeCDD)
 - 1,2,3,4,7,8 esacloro-*p*-dibenzodiossina (1,2,3,4,7,8 HxCDD)
 - 1,2,3,6,7,8 esacloro-*p*-dibenzodiossina (1,2,3,6,7,8 HxCDD)
 - 1,2,3,7,8,9 esacloro-*p*-dibenzodiossina (1,2,3,7,8,9 HxCDD)
 - 1,2,3,4,6,7,8 eptacloro-*p*-dibenzodiossina (1,2,3,4,6,7,8 HpCDD)
 - octacloro-*p*-dibenzodiossina (OCDD)
- Furani:
- 2,3,7,8 tetracolorodibenzofurano (2,3,7,8 TCDF)
 - 1,2,3,7,8 pentacolorodibenzofurano (1,2,3,7,8 PeCDF)
 - 2,2,3,7,8 pentacolorodibenzofurano (2,2,3,7,8 PeCDF)

- 1,2,3,4,7,8 esacolorodibenzofurano (1,2,3,4,7,8 HxCDF)
- 1,2,3,6,7,8 esacolorodibenzofurano (1,2,3,6,7,8 HxCDF)
- 1,2,3,7,8,9 esacolorodibenzofurano (1,2,3,7,8,9 HxCDF)
- 2,3,4,6,7,8 esacolorodibenzofurano (2,3,4,6,7,8 HxCDF)
- 1,2,3,4,6,7,8 eptacolorodibenzofurano (1,2,3,4,6,7,8 HpCDF)
- 1,2,3,4,7,8,9 eptacolorodibenzofurano (1,2,3,4,7,8,9 HpCDF)
- octaclorodibenzofurano (OCDF)

Attualmente per la misura della tossicità equivalente di diossine e furani sono internazionalmente riconosciuti due sistemi ponderali:

- 1) il sistema **I-TE**, *International Toxicity Equivalent*, sviluppato in ambito NATO/CCMS (North Atlantic Treaty Organization/Committee on the Challenges of Modern Society), viene utilizzato principalmente per misurare i livelli di tossicità nelle diverse matrici ambientali (acqua, aria, suolo);
- 2) il sistema **WHO-TE**, *World Health Organization*, è tipicamente utilizzato per valutare i possibili effetti sulla salute umana.

Nella Tabella 5 sono riportati per i 17 congeneri di diossine e furani sopra elencati, i rispettivi fattori di tossicità equivalente, che indicano la rispettiva pericolosità rispetto al valore unitario di riferimento definito dal composto 2,3,7,8 TCDD.

PCDD/F	I-TE NATO/CCMS, 1998	WHO-TE WHO, 1997
2,3,7,8 TCDD	1	1
1,2,3,7,8 PeCDD	0.5	1
1,2,3,4,7,8 HxCDD	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8 HxCDD	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9 HxCDD	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8 HpCDD	0.01	0.01
OCDD	0.001	0.0001
2,3,7,8 TCDF	0.1	0.1
1,2,3,7,8 PeCDF	0.05	0.05
2,2,3,7,8 PeCDF	0.5	0.5
1,2,3,4,7,8 HxCDF	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8 HxCDF	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9 HxCDF	0.1	0.1
2,3,4,6,7,8 HxCDF	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8 HpCDF	0.01	0.01
1,2,3,4,7,8,9 HpCDF	0.01	0.01
OCDF	0.001	0.0001

Tabella 5. Fattori di tossicità equivalente I-Te e WHO-TE per diossine e furani.

Tra i PoliCloroBifenili (PCB) sono 12 i congeneri che presentano caratteristiche chimico-fisico e tossicologiche paragonabili alle diossine e furani (vengono anche chiamati PCB-DL “dioxin-like”), e per i quali l’OMS ha fissato dei fattori di tossicità equivalente secondo il sistema **WHO-TE**, in modo tale da valutar la loro tossicità cumulativamente a quella delle diossine (Tabella 6).

PCB-DL	WHO-TE WHO, 1997
PCB 77	0.0001
PCB 81	0.0001
PCB 105	0.0001
PCB 114	0.0005
PCB 118	0.0001
PCB 123	0.0001

PCB 126	0.1
PCB 156	0.0005
PCB 157	0.0005
PCB 167	0.00001
PCB 169	0.01
PCB 189	0.0001

Tabella 6. Fattori di tossicità equivalente WHO-TE per PCB dioxin-like.

Confrontando i fattori di tossicità equivalente delle diossine e dei PCB-DL si può notare come questi ultimi siano generalmente più bassi; ciò significa che i PCB sono meno tossici delle diossine e dei furani. Tuttavia questa minor tossicità è compensata dal fatto che i PCB sono generalmente presenti a livelli ambientali più elevati rispetto alle diossine.

Nel 2005 la scala dei fattori WHO-TE è stata aggiornata. L'OMS raccomanderebbe di applicare i nuovi fattori da subito; tuttavia non tutte le nazioni, compresa l'Italia, hanno provveduto a recepire queste raccomandazioni e ad aggiornare i documenti normativi.

Nel presente lavoro sono stati utilizzati i fattori del 1997, ai quali fa riferimento la sede di Venezia del Dipartimento Laboratori di ARPAV.

6.3 Indice di tossicità per diossine, furani e PCB

Per esprimere la concentrazione complessiva di PCDD/PCDF/PCB-DL nelle diverse matrici si è quindi introdotto il concetto di *tossicità equivalente (TEQ)* che si ottiene sommando i prodotti tra i fattori di tossicità equivalente (TEF_i) dei singoli congeneri e le rispettive concentrazioni (C_i), secondo la formula:

$$TEQ = \sum_{i=1}^n (C_i \cdot TEF_i)$$

A seconda del tipo di matrice sottoposta ad analisi, gli esiti del calcolo della Tossicità Equivalente vengono espressi in differenti unità di misura.

Nel caso specifico delle deposizioni atmosferiche le unità di misura impiegate sono:

- per diossine, furani e PCB: $\text{pg I-TEQ/m}^2 \text{ d}$

dove m^2 rappresenta la superficie dell'apertura del deposimetro, e d i giorni di deposizione.

6.4 Valori di riferimento

Per i microinquinanti in qualità dell'aria non sono al momento stabiliti né a livello europeo, né a livello nazionale o regionale valori limite o soglie di riferimento.

Per quanto riguarda in particolare le deposizioni, per poter valutare l'entità dei valori riscontrati si può fare riferimento ai valori guida che alcuni Stati hanno proposto per le deposizioni a partire dai valori di "dose tollerabile" per l'organismo umano stabiliti da Unione Europea e Organizzazione Mondiale della Sanità.

Nel 1998 l'OMS ha definito una Dose Giornaliera Tollerabile (TDI - Tolerable Daily Intake) pari a 1 - 4 pg TEQ/kg di peso corporeo. Per dose giornaliera accettabile si intende la quantità cumulativa di PCDD/F e PCB "diossina simili" che può essere giornalmente assunta, per la durata di vita media, senza che si abbiano effetti tossici apprezzabili; i 4 $\text{pg TE/giorno} \times \text{kg}$ peso corporeo deve essere considerata la dose massima giornaliera tollerabile su base provvisoria, con l'obiettivo di ridurre l'assorbimento giornaliero almeno al valore di 1.

Per una persona di 70 Kg la dose giornaliera tollerabile è pertanto pari a 70-280 pg TEQ .

Nel 2001 il Comitato scientifico dell'alimentazione umana (SCF - Scientific Committee on Food) dell'Unione Europea ha stabilito infatti un valore cumulativo per la Dose Settimanale Tollerabile

(TWI - Tolerable Weekly Intake) di PCDD/F e PCB “diossina simili” pari a 14 picogrammi di tossicità equivalente per chilogrammo di peso corporeo.

Questo significa che per una persona di 70 Kg la dose settimanale ammissibile risulta essere 980 pg TEQ.

Per rispettare questi valori di “dose tollerabile” per l’uomo, il Belgio (cf. 12) ha individuato per le deposizioni di diossina i valori guida indicate in Tabella 7.

Assunzione giornaliera -TDI- (pg TEQ kg pc)	Deposizione media annua concessa (pg TEQ/m ² d)	Deposizione media mensile concessa (pg TEQ/m ² d)
4	14	27
3	10	20
1	3,4	6,8

Tabella 7. Correlazione tra i dati di deposizione di PCDD/F e PCB-DL e il Tolerable Daily Intake (cf.12).

Una dose giornaliera tollerabile (TDI) di 2 pg WHO-TE/kg di peso corporeo corrisponde ad una deposizione media mensile di 13 pg WHO-TEQ/m²d.

Per una TDI di 2 pg WHO-TE/kg di peso corporeo sono stati proposti anche i valori guida contenuti nella tabella seguente.

	DEPOSIZIONE MEDIA MENSILE CONCESSA (pg TEQ/m ² d)	DEPOSIZIONE MEDIA ANNUA CONCESSA (pg TEQ/m ² d)
Belgio 2010 (cf. 14)	21,6 (WHO-TEQ)	8,2 (WHO-TEQ)
Germania 2004 (cf.11)	-	4 (I-TEQ)
Francia 2009 (cf.17)	-	5 (I-TEQ)

Tabella 8. Valori guida proposti da alcuni Paesi europei.

Non sono invece reperibili valori guida o di riferimento per i PCB.

6.5 Valori di deposizione in letteratura scientifica

Da studi effettuati su diverse tipologie di aree in Paesi europei emerge come la concentrazione media di PCDD/F in termini I-TEQ sia dell’ordine dei fg/m³ fino a centinaia di fg/m³ nell’aria atmosferica, e dell’ordine dei pg/(m²d) fino alle migliaia di pg/(m²d) nelle deposizioni atmosferiche, secche e umide.

Di seguito si riportano alcuni valori riscontrati in alcuni Paesi della UE relativamente a siti urbani e rurali, nelle deposizioni atmosferiche totali (European Commission-ELICC 2002, Danish Dioxin Program 2006, AIRPARIF 2003).

Paese	Deposizione atmosferica totale (pg I-TEQ/(m ² d))	
	siti urbani min-max	siti rurali min-max
Belgio	<1 – 12	<1 – 3,1
Germania	<0,5 - 464	7 – 17
Regno Unito	<1 – 312	0 – 157
Danimarca	300 – 31600	300 – 1700
Francia	100 - 147	20 - 50

Tabella 9. Valori deposizioni diossine riscontrate in siti urbani e rurali in altre nazioni

In uno studio condotto in Giappone nell’area urbana di Osaka, caratterizzata dalla presenza di numerose sorgenti di diossine, è stata determinata la concentrazione di PCDD/F presente nella

deposizione atmosferica totale (frazione secca e umida), in campionamenti effettuati in diversi anni, dal 1995 al 1998; le concentrazioni medie annuali di PCDD/F, espresse in TEQ, vengono riportate in Tabella 10.

Periodo campionamento	Valore minimo (media mensile)	Valore massimo (media mensile)	Valore medio (media annuale)
1995 (aprile-dicembre)	48	174	85
1996 (gennaio-aprile)	60	173	102
1997 (aprile-dicembre)	33	128	70
1998 (gennaio-settembre)	15	94	41

Tabella 10. Studio di Osaka -Concentrazione media di PCDD/F espressa in pg I-TEQ/(m²d)

Per quanto riguarda i flussi di deposizione, sono stati riscontrati valori di 50-80 pg I-TEQ/(m²d) nella città di Osaka. Tali valori sono simili a quelli rilevati in Tokyo e altre aree urbane giapponesi, mentre significativamente maggiori di quelli rilevati in aree rurali o semirurali (6-30 pg I-TEQ/m²d).

Anche a livello nazionale esistono dei valori guida sviluppati sulla base di valutazioni di rischio per le popolazioni esposte. Qui sotto vengono brevemente elencati i risultati di alcuni studi reperibili in letteratura:

- Area industriale San Nicola di Melfi (PZ). Principali sorgenti industriali presenti sul territorio rappresentate da industria alimentare, dell'auto, centrali termoelettriche e inceneritore; campionamento in sei siti distanti tra 1-5 km. Concentrazione di PCDD/F nelle deposizioni comparabili con quelle di aree rurali europee e nazionali → 1,5 – 2,3 pg WHO-TE/m²d.
- Mantova. Principali sorgenti industriali presenti sul territorio rappresentate da industria della carta, petrolchimico, raffineria, inceneritore di rifiuti industriali. Concentrazione di PCDD/F nelle deposizioni comparabili con quelle di aree rurali europee e nazionali.

PCDD/F (I-TE/m ² d)	area urbana	area industriale
Stagione fredda	1,20 – 2,26	1,27 – 4,72
Stagione calda	3,82 – 4,20	2,75 – 5,13

Tabella 11. valori riscontrati in provincia di Mantova

- ARPA Puglia 2008-2011

pg WHO-TE/m ² d	sito in area urbana	sito in area industriale (quartiere Tamburi)	sito in area fondo urbano	sito in area agricola
PCDD/F	0,57 - 20	5,0 – 42	0,41 - 45	1,6 – 33
PCB-DL	0,34 – 2,0	0,77 – 8,0	0,14 – 2,6	0,22 – 6,1
PCDD/F + PCB-DL	1,7 – 2,2	6,7 - 48	1,1 – 47	2,4 - 39

Tabella 12. Valori riportati da ARPA Puglia

- ARPA Lombardia, Brescia 2009-2011

pg WHO-TE/m ² d	sito A	sito B	sito C
PCDD/F + PCB-DL	4,0 - 22	0,1 – 7,0	0,1 – 7,4

Tabella 13. Valori riportati da ARPA Lombardia

- Giornata di Studio sulle emissioni in atmosfera di PCDD/f e PCB, Napoli 5 marzo 2010 - Deposizioni atmosferiche di PCDD/F

Località	Deposizione di PCDD/F pg TE/m ² d min-max
Statte (TA) (Masseria Quaranta) 2008 – 4 mesi stagione calda	4,5 – 12,2
Taranto (Masseria Fornaro) 2008-2009 – 12 mesi	3,4 – 39,2
Taranto (Rione Tamburi) 2008-2009 – 12 mesi	9,91 – 47,8
Talsano (TA) 2008-2009 – 7 mesi	1,5 – 10,74
Taranto (Borgo) 2009 – 4 mesi	5,2 – 8,8
Porto Marghera (VE) 2003 – anno solare	0,8 – 13,2
Reggio Emilia 2005 – anno solare	0,4 – 6,3
Mantova 2000 – stagione fredda	2,7 – 5,1
Mantova 2001 – stagione calda	1,2 – 4,7
Forlì 2003-2004 – stagione calda	0,5 – 2,7
Forlì 2003-2004 – stagione fredda	0,6 – 2,9

Tabella 14. Valori ricavati dagli atti della giornata di studio

- Deposizioni atmosferiche di PCDD/F in zona in cui vi è presenza di inceneritore

Località	Sito urbano/industriale Deposizione di PCDD/F pg TE/m ² d ,min-max	Sito rurale Deposizione di PCDD/F pg TE/m ² d, min-max
Mantova 2000 (ago-set)	1,2 – 4,7	1,3
Mantova 2001 (dic-gen)	2,7 – 5,1	2,7
San Nicola di Melfi 2002 (lug-set)	1,7 – 2,1	1,2 – 1,6
San Nicola di Melfi 2002 (dic-feb)	1,6 – 2,0	2,7

Tabella 15. valori di PCDD/F in siti con inceneritore

- Dal controllo delle emissioni al monitoraggio ambientale – Riflessioni ed esperienze a confronto.
Gruppo HERA, 2012

Concentrazioni di PCDD/F rilevate nelle deposizioni in siti italiani	pg I-TE/m ² d
Area rurale (Mantova)	1.28-2.71
Area urbana/industriale con inceneritore (Mantova)	2.10-5.13
Area industriale (P. Marghera)	15-2767
Area urbana con inceneritori (Regione Veneto, Adige, Po)	10-337
Area urbana con inceneritore (Rimini)	0.75-3.7
Area urbana con inceneritore (San Nicola di Melfi)	4.47-2.33

Tabella 16. valori ricavati da resoconto di Hera

7. Presentazione dei risultati

7.1 Elaborazione dei dati

Nelle tabelle da 17 a 19 vengono riportati i valori di diossine, furani e PCB rilevati presso le stazioni di Noventa Padovana e di Padova-Vigili del Fuoco espressi in concentrazione, durante le campagne di monitoraggio effettuate negli anni 2014 e 2015.

Alla fine di ciascuna tabella vengono invece riportati i risultati delle analisi dopo l'applicazione dei Sistemi I-TE per le diossine e furani, e WHO-TE per i policlorobifenili, formulando così la concentrazione dei vari inquinanti nella matrice acqua in termini di tossicità equivalente.

I fattori di tossicità fanno riferimento a quelli riportati nelle Tabelle 5 e 6.

Nella valutazione di una somma pesata dove molti degli addendi sono inferiori al limite di rilevabilità risulta critica la scelta di quale valore ipotetico attribuire.

Esistono attualmente due convenzioni in uso per la sostituzione dei dati mancanti (<QL):

- -lower bound: sostituzione del valore con 0;
- -upper bound : sostituzione del valore con il limite quantificazione.

Quando la percentuale dei dati censurati è importante, i due approcci danno valori di tossicità equivalente significativamente diversi, tanto da portare a interpretazioni molto differenti dei risultati.

Visto il grande numero di congeneri risultati inferiori al limite di rilevabilità strumentale, si è scelto di eseguire la somma pesata dei singoli congeneri seguendo entrambe le metodologie, al fine di valutare se i risultati ottenuti sono abbastanza prossimi da fornire un'indicazione univoca o se è necessario approfondire lo studio utilizzando metodologie di quantificazione più accurate:

1° metodo: non si considera il contributo dei congeneri risultati inferiori al limite di rilevabilità strumentale, ponendo a zero la relativa concentrazione.

2° metodo: si assume la concentrazione dei congeneri risultati inferiori al limite di rilevabilità strumentale, pari al limite stesso.

	SITO 1 - Noventa P.na -2014					
	26/02/2014 27/03/2014	10/07/2014* 31/07/2014	20/08/2014 11/09/2014	08/10/2014 30/10/2014	12/11/2014 03/12/2014	19/12/2014 14/01/2015
Volume campione (ml)	4200	4500	4200	1380	6400	880
PCDD (pg/m ² d)						
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	2.66	-	-	-	6.98	2.87
1,2,3,4,6,7,8,9 OCDD	15.58	-	-	-	20.73	-
PCDF (pg/m ² d)						
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	-	-	-	-	3.92	-
1,2,3,4,7,8,9 HpCDF	-	-	-	-	-	-
1,2,3,4,6,7,8,9 OCDF	5.32	-	-	-	-	-
TEQ pg I-TE/m2d (valori < limite di rilevabilità = 0)	0.048	0	0	0	0.130	0.029
TEQ pg I-TE/m2d (valori < limite di rilevabilità = valore rilev.)	4.775	6.575	6.276	6.276	6.632	5.313
PCB-DL (pg/m ² d)						
PCB 77	10		14	13	16	12
PCB 81	-		-	-	-	-
PCB 105	51		55	103	87	39
PCB 114	-		-	-	-	-
PCB 118	108		134	235	176	93
PCB 123	-		-	-	-	-
PCB 126	-		-	-	-	-
PCB 156	21		21	28	25	14
PCB 157	-		-	-	-	-
PCB 167	4		9	13	9	-
PCB 169	-		-	-	-	-
PCB 189	-		-	-	-	-
TEQ pg WHO-TE /m2d (valori < limite di rilevabilità = 0)	0.028		0.031	0.049	0.040	0.022
TEQ pg WHO-TE /m2d (valori < limite di rilevabilità = valore rilev.)	0.451		0.589	0.607	0.625	0.494

Tabella 17. Concentrazioni medie e Teq - Campagna 2014 – Sito 1(* le misure del periodo non sono state effettuate)

	SITO 1 - Noventa P.na – 2015					
	04/02/2015- 04/03/2015	24/03/2015- 23/04/2015	29/05/2015- 24/06/2015	31/07/2015- 28/08/2015	13/10/2015- 10/11/2015	01/12/2015- 15/01/2016
Volume campione (ml)	3000	3060	2740	1900	1800	1830
PCDD (pg/m²d)						
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	3.00	-	-	-	-	8.69
1,2,3,4,6,7,8,9 OCDD	9.40	-	-	-	7.02	19.53
PCDF (pg/m²d)						
2,3,7,8 TCDF	-	-	-	-	-	1.86
1,2,3,7,8 PeCDF	-	-	-	-	-	1.68
2,3,4,7,8 PeCDF	-	-	-	-	-	1.86
1,2,3,4,7,8 HxCDF	-	-	-	-	-	2.52
1,2,3,6,7,8 HxCDF	-	-	-	-	-	1.68
1,2,3,7,8,9 HxCDF	-	-	-	-	-	2.76
2,3,4,6,7,8 HxCDF	-	-	-	-	-	-
1,2,3,4,6,7,8 HpCDF	3.63	-	-	-	-	5.45
1,2,3,4,7,8,9 HpCDF	-	-	-	-	-	-
1,2,3,4,6,7,8,9 OCDF	-	-	-	-	-	8.09
TEQ pg I-TE/m2d (valori < limite di rilevabilità = 0)	0.076	0	0	0	0.007	2.062
TEQ pg I-TE/m2d (valori < limite di rilevabilità = valore rilev.)	4.784	4.454	5.114	4.761	4.763	3.832
PCB-DL (pg/m²d)						
PCB 77	18	12	13	14	12	14
PCB 81	-	-	-	-	-	-
PCB 105	73	52	43	44	-	57
PCB 114	-	9	-	-	-	-
PCB 118	169	125	110	123	-	129
PCB 123	-	-	-	-	-	-
PCB 126	-	-	-	-	-	-
PCB 156	25	17	15	15	-	28
PCB 157	6	-	-	-	-	7
PCB 167	13	8	-	8	-	10
PCB 169	-	-	-	-	-	-
PCB 189	-	-	-	-	-	-
TEQ pg WHO-TE /m2d (valori < limite di rilevabilità = 0)	0.041	0.032	0.024	0.026	0.001	0.038
TEQ pg WHO-TE /m2d (valori < limite di rilevabilità = valore rilev.)	0.463	0.426	0.479	0.449	0.427	0.303

Tabella 18. Concentrazioni medie e TEQ - Campagna 2015 – Sito 1

	SITO 2 – Vigili del Fuoco 2014 -					
	26/02/2014 27/03/2014	10/07/2014* 31/07/2014	20/08/2014 11/09/2014	08/10/2014 30/10/2014	12/11/2014 03/12/2014	19/12/2014 14/01/2015
Volume campione (ml)	3450	6000	4000	1620	5200	680
PCDD (pg/m ² d)						
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	3.23	-	-	-	4.74	3.53
1,2,3,4,6,7,8,9 OCDD	8.46	-	-	7.04	15.22	7.32
PCDF (pg/m ² d)						
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	3.42	6.01	-	-	4.62	2.85
1,2,3,4,7,8,9 HpCDF	-	-	-	-	-	-
1,2,3,4,6,7,8,9 OCDF	-	-	-	-	-	-
TEQ pg I-TE/m2d (valori < limite di rilevabilità = 0)	0.075	0.050	0	0.007	0.109	0.071
TEQ pg I-TE/m2d (valori < limite di rilevabilità = valore rilev.)	4.784	6.592	6.276	6.277	6.611	5.323
PCB-DL (pg/m ² d)						
PCB 77	16		26	13	14	11
PCB 81	-		-	-	-	-
PCB 105	82		69	54	59	51
PCB 114	-		-	-	-	-
PCB 118	155		147	110	155	99
PCB 123	-		8	-	-	-
PCB 126	-		-	-	-	-
PCB 156	29		16	18	21	13
PCB 157	-		-	-	-	-
PCB 167	13		9	9	7	-
PCB 169	-		-	-	-	-
PCB 189	-		-	-	-	-
TEQ pg WHO-TE /m2d (valori < limite di rilevabilità = 0)	0.040		0.033	0.027	0.033	0.022
TEQ pg WHO-TE /m2d (valori < limite di rilevabilità = valore rilev.)	0.463		0.590	0.584	0.618	0.494

Tabella 19. Concentrazioni medie e Teq - Campagna 2014 – Sito 2 (* le misure del periodo non sono state effettuate)

	SITO 2 – Vigili del Fuoco 2015 -					
	04/02/2015- 04/03/2015	24/03/2015- 23/04/2015	29/05/2015- 24/06/2015	31/07/2015- 28/08/2015	13/10/2015- 10/11/2015	01/12/2015- 15/01/2016
Volume campione (ml)	1760	2360	1840	1450	1560	1920
PCDD (pg/m ² d)						
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	3.37	-	2.77	-	-	5.39
1,2,3,4,6,7,8,9 OCDD	11.78	5.89	8.43	6.15	7.04	19.47
PCDF (pg/m ² d)						
2,3,7,8 TCDF	0.54	-	-	-	-	1.26
1,2,3,7,8 PeCDF	-	-	-	-	-	1.92
2,3,4,7,8 PeCDF	-	-	-	-	-	3.00
1,2,3,4,7,8 HxCDF	-	-	-	-	-	2.88
1,2,3,6,7,8 HxCDF	-	-	-	-	-	2.64
1,2,3,7,8,9 HxCDF	-	-	-	-	-	2.46
2,3,4,6,7,8 HxCDF	-	-	-	-	-	-
1,2,3,4,6,7,8 HpCDF	2.7	-	-	-	-	5.15
1,2,3,4,7,8,9 HpCDF	-	-	-	-	-	-
1,2,3,4,6,7,8,9 OCDF	-	-	-	-	-	5.57
TEQ pg I-TE/m2d (valori < limite di rilevabilità = 0)	0.125	0.006	0.036	0.006	0.007	2.647
TEQ pg I-TE/m2d (valori < limite di rilevabilità = valore rilev.)	4.786	4.455	5.119	4.762	4.763	4.291
PCB-DL (pg/m ² d)						
PCB 77	14	16	8	8	14	19
PCB 81	-	-	-	-	-	-
PCB 105	60	110	57	27	54	75
PCB 114	6	8	-	5	-	-
PCB 118	122	225	81	70	139	146
PCB 123	-	-	-	-	-	-
PCB 126	-	-	-	-	-	3
PCB 156	20	43	13	8	-	25
PCB 157	4	6	-	-	-	8
PCB 167	7	19	8	-	-	9
PCB 169	-	-	-	-	-	-
PCB 189	-	64	-	-	-	-
TEQ pg WHO-TE /m2d (valori < limite di rilevabilità = 0)	0.034	0.070	0.021	0.017	0.021	0.340
TEQ pg WHO-TE /m2d (valori < limite di rilevabilità = valore rilev.)	0.454	0.462	0.476	0.438	0.446	0.366

Tabella 20. Concentrazioni medie e Teq - Campagna 2015 – Sito 2

Al fine di poter confrontare le analisi di questi monitoraggi con le linee guida proposte da alcuni Paesi europei, i risultati delle elaborazioni sono stati riassunti in Tabella 21 e 22; le concentrazioni sono espresse in pg I-TE/m²·d (per PCDD/F) e in pg WHO-TE/m²·d (per PCB-DL), dove m² rappresenta la superficie libera di raccolta dell'imbuto di vetro (pari a 0.036 m²), e d i giorni complessivi di durata di ciascuna campagna (vedi Tabelle 1 e 2).

PCDD/F	CAMPAGNE 2014						
	26/02/2014 27/03/2014	10/07/2014 31/07/2014	20/08/2014 11/09/2014	08/10/2014 30/10/2014	12/11/2014 03/12/2014	19/12/2014 14/01/2015	MEDIA ANNUALE
	Noventa P.na						
TEQ pg I-TE/m ² d (valori < limite di rilevabilità = 0)	0.048	0	0	0	0.130	0.029	0.035
TEQ pg I-TE/m ² d (valori < limite di rilevabilità = valore rilev.)	4.775	6.575	6.276	6.276	6.632	5.313	5.975
PD - Vigili del fuoco							
TEQ pg I-TE/m ² d (valori < limite di rilevabilità = 0)	0.075	0.050	0	0.007	0.109	0.071	0.052
TEQ pg I-TE/m ² d (valori < limite di rilevabilità = valore rilev.)	4.784	6.592	6.276	6.277	6.611	5.323	5.977
CAMPAGNE 2015							
	04/02/2015 04/03/2015	24/03/2015 23/04/2015	29/05/2015 24/06/2015	31/07/2015 28/08/2015	13/10/2015 10/11/2015	01/12/2015 15/01/2016	MEDIA ANNUALE
Noventa P.na							
TEQ pg I-TE/m ² d (valori < limite di rilevabilità = 0)	0.076	0	0	0	0.007	2.062	0.358
TEQ pg I-TE/m ² d (valori < limite di rilevabilità = valore rilev.)	4.784	4.454	5.114	4.761	4.763	3.832	4.618
PD - Vigili del fuoco							
TEQ pg I-TE/m ² d (valori < limite di rilevabilità = 0)	0.125	0.006	0.036	0.006	0.007	2.647	0.471
TEQ pg I-TE/m ² d (valori < limite di rilevabilità = valore rilev.)	4.786	4.455	5.119	4.762	4.763	4.291	4.696

Tabella 21. Risultati TEQ PCDD/F assumendo valore = 0 o = limite di rilevabilità per i congeneri al di sotto del limite di rilevabilità

PCB	CAMPAGNE 2014						
	26/02/2014 27/03/2014	10/07/2014 31/07/2014	20/08/2014 11/09/2014	08/10/2014 30/10/2014	12/11/2014 03/12/2014	19/12/2014 14/01/2015	MEDIA ANNUALE
	Noventa P.na						
TEQ pg WHO-TE /m2d (valori < limite di rilevabilità = 0)	0.028	-	0.031	0.049	0.040	0.022	0.034
TEQ pg WHO-TE /m2d (valori < limite di rilevabilità = valore rilev.)	0.451	-	0.589	0.607	0.625	0.494	0.553
PD - Vigili del fuoco							
TEQ pg WHO-TE /m2d (valori < limite di rilevabilità = 0)	0.040	-	0.033	0.027	0.033	0.022	0.031
TEQ pg WHO-TE /m2d (valori < limite di rilevabilità = valore rilev.)	0.463	-	0.590	0.584	0.618	0.494	0.550
CAMPAGNE 2015							
	04/02/2015 04/03/2015	24/03/2015 23/04/2015	29/05/2015 24/06/2015	31/07/2015 28/08/2015	13/10/2015 10/11/2015	01/12/2015 15/01/2016	MEDIA ANNUALE
Noventa P.na							
TEQ pg WHO-TE /m2d (valori < limite di rilevabilità = 0)	0.041	0.032	0.024	0.026	0.001	0.038	0.027
TEQ pg WHO-TE /m2d (valori < limite di rilevabilità = valore rilev.)	0.463	0.426	0.479	0.449	0.427	0.303	0.424
PD - Vigili del fuoco							
TEQ pg WHO-TE /m2d (valori < limite di rilevabilità = 0)	0.034	0.070	0.021	0.017	0.021	0.340	0.084
TEQ pg WHO-TE /m2d (valori < limite di rilevabilità = valore rilev.)	0.454	0.462	0.476	0.438	0.446	0.366	0.440

Tabella 22. Risultati TEQ PCB assumendo valore = 0 o = limite di rilevabilità per i congeneri al di sotto del limite di rilevabilità

Prendendo a riferimento il valore limite guida più cautelativo proposto a livello europeo per le deposizioni atmosferiche, cioè quello di 4 pg I-TE/m²d come media annuale proposto nel 2004 dalla Germania per PCCD e PCDF, si può affermare che sia per il SITO 1 (Noventa Padovana) che per il SITO 2 (Padova – Vigili del fuoco) la media annuale calcolata risulta:

- al di sotto del valore guida se si considerano solo gli inquinanti rilevati dalle analisi;
- al di sopra del valore guida se si considerano tutti gli inquinanti, ponendo i valori di quei congeneri inferiori al limite di rilevabilità pari al valore stesso del limite.

I valori risultano essere al di sotto del valore guida, anche ponendo i valori dei congeneri inferiori al limite di rilevabilità pari a metà del valore limite di rilevabilità.

Si ricorda invece che per i PCB non sono ancora reperibili in letteratura dei valori limite o dei valori guida.

Viene riproposto come esempio il grafico proposto nella precedente relazione relativa ai campionamenti dell'anno 2014.

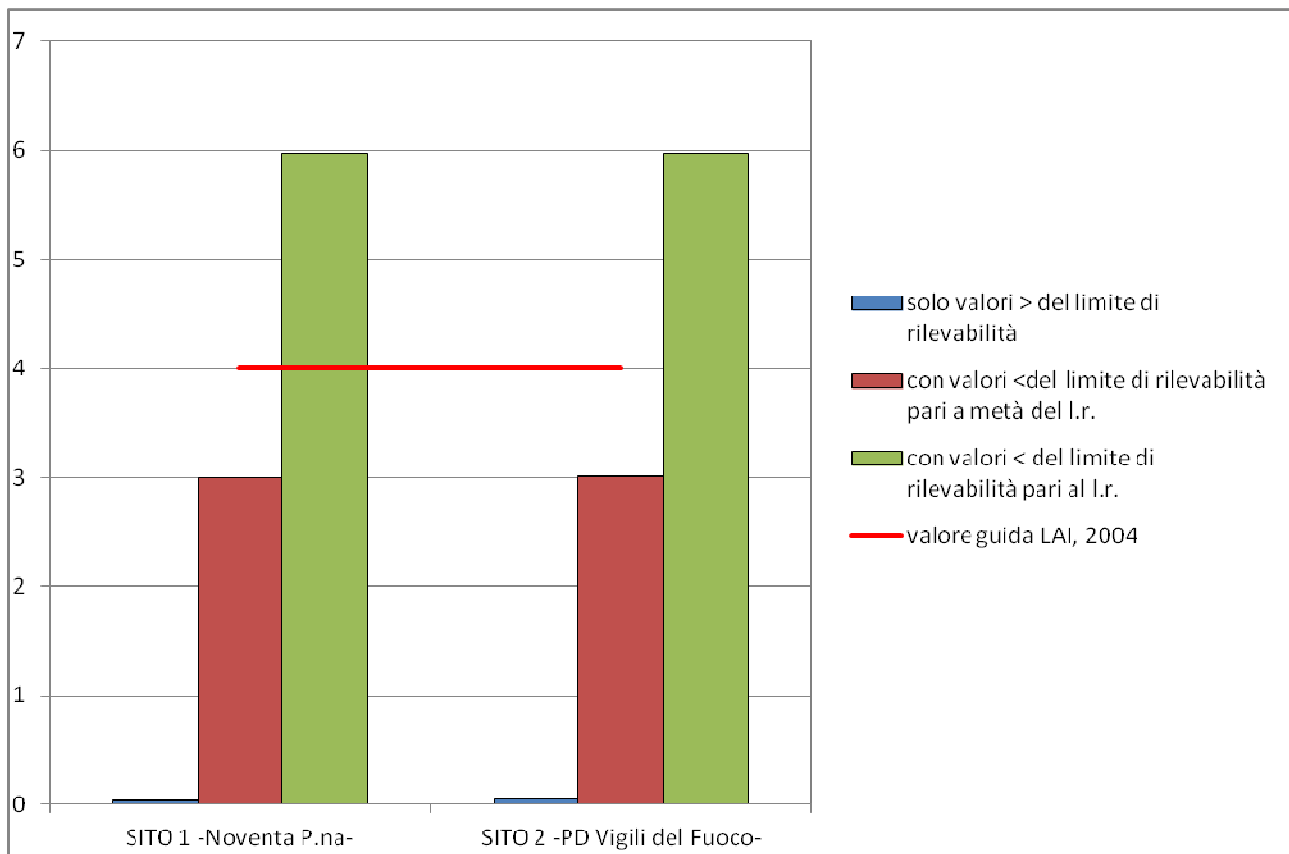


Figura 5. Confronto Indice I-TE con diverse ipotesi per i congeneri inferiori al limite di rilevabilità.

7.2 ANALISI DEI CONGENERI RILEVATI

7.2.1 PCDD e PCDF

Nei grafici che seguono è possibile visualizzare, per campagna di campionamento, le concentrazioni dei singoli congeneri espressi in pg presso i siti di monitoraggio di Noventa Padovana (Sito 1) e di Padova-Vigili del Fuoco (Sito 2).

La tossicità equivalente (TEQ) risultante con la metodica I-TE viene invece rappresentata mettendo direttamente a confronto il Sito 1 con il Sito 2 ed espressa in $\text{pg}/\text{m}^2 \text{ d}$.

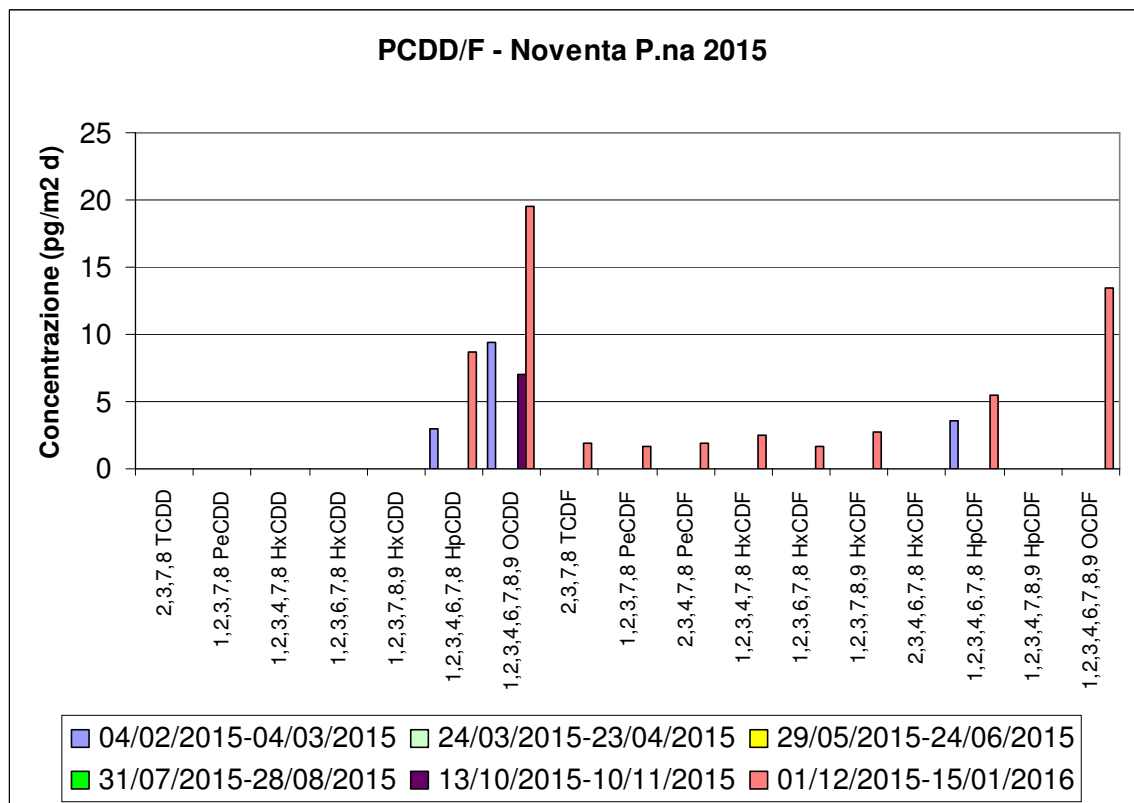
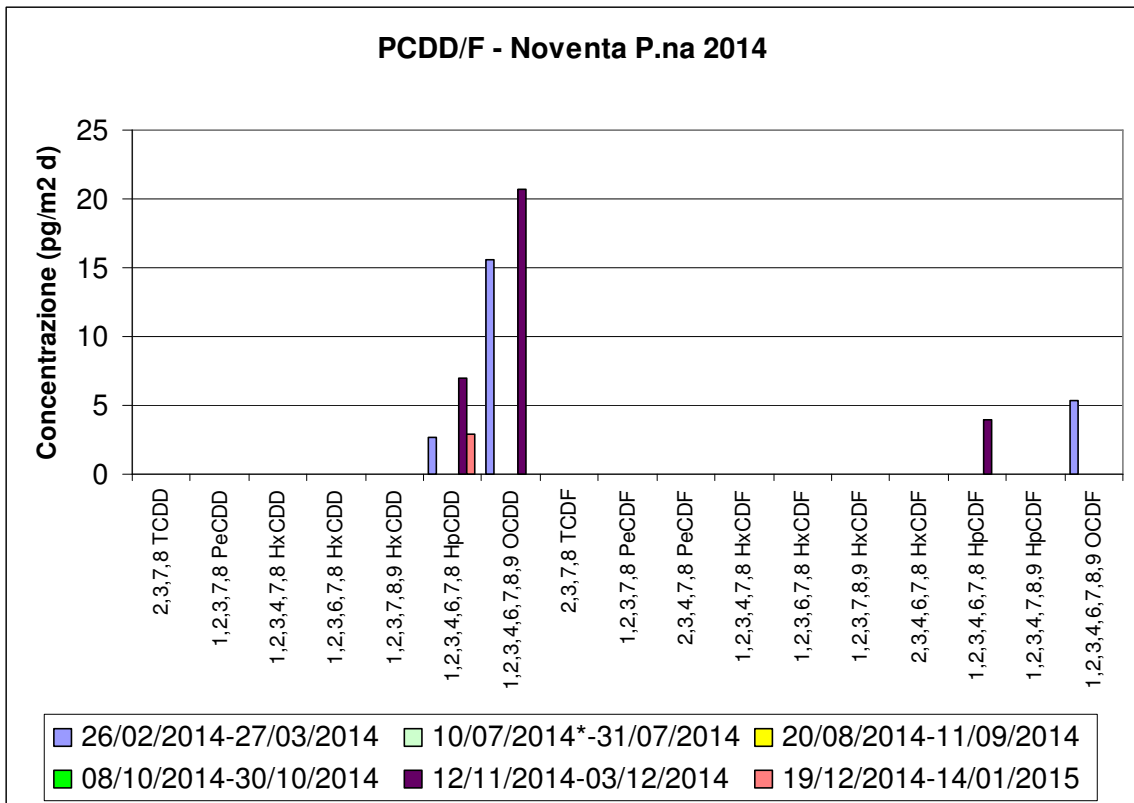


Figura 6. Concentrazione dei singoli congeneri PCDD/F nelle campagne di monitoraggio 2014 e 2015, per il Sito 1.

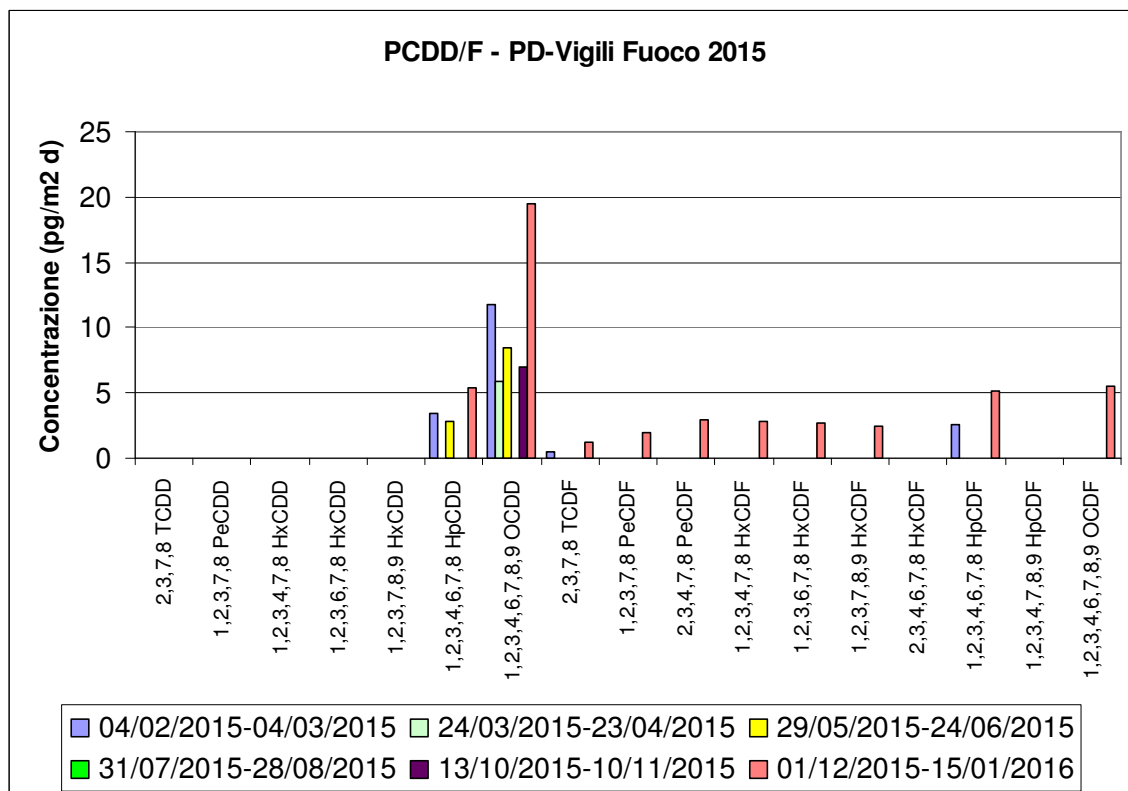
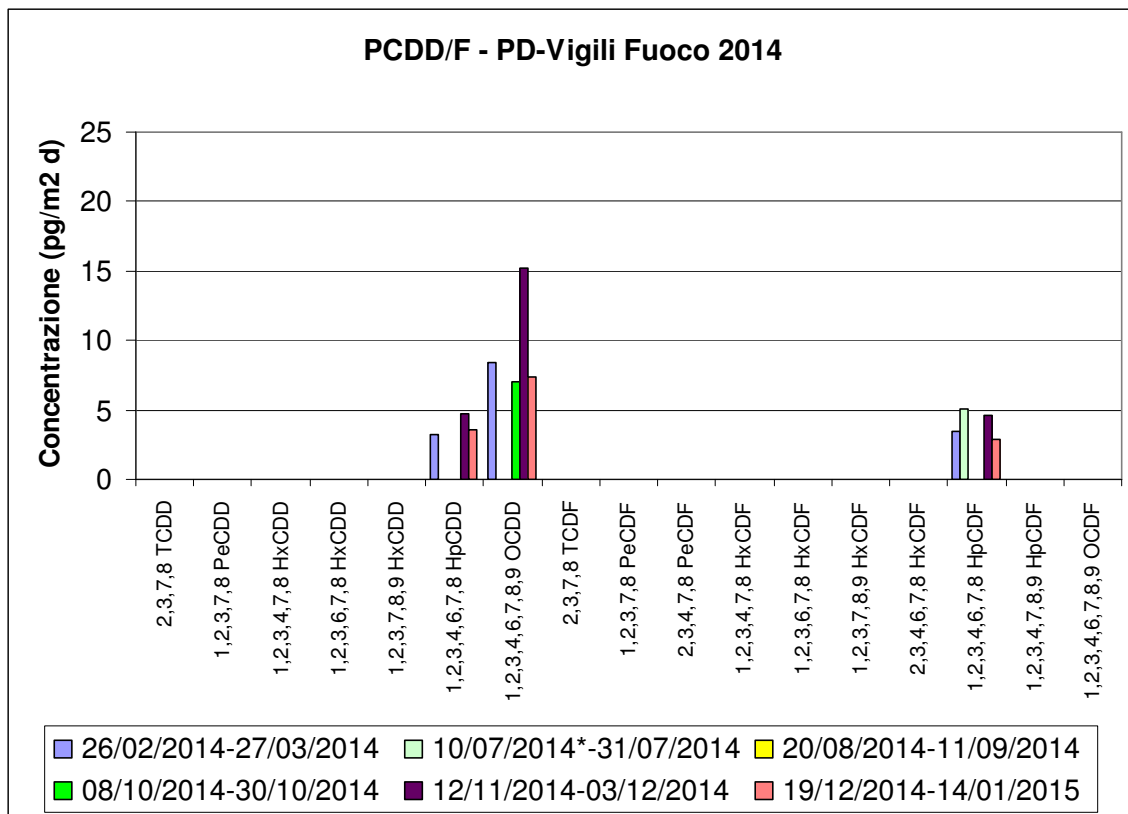


Figura 7. Concentrazione dei singoli congeneri PCDD/F nelle campagne di monitoraggio 2014 e 2015, per il Sito 2.

La tossicità equivalente (TEQ) risultante viene invece rappresentata mettendo direttamente a confronto il Sito 1 con il Sito 2.

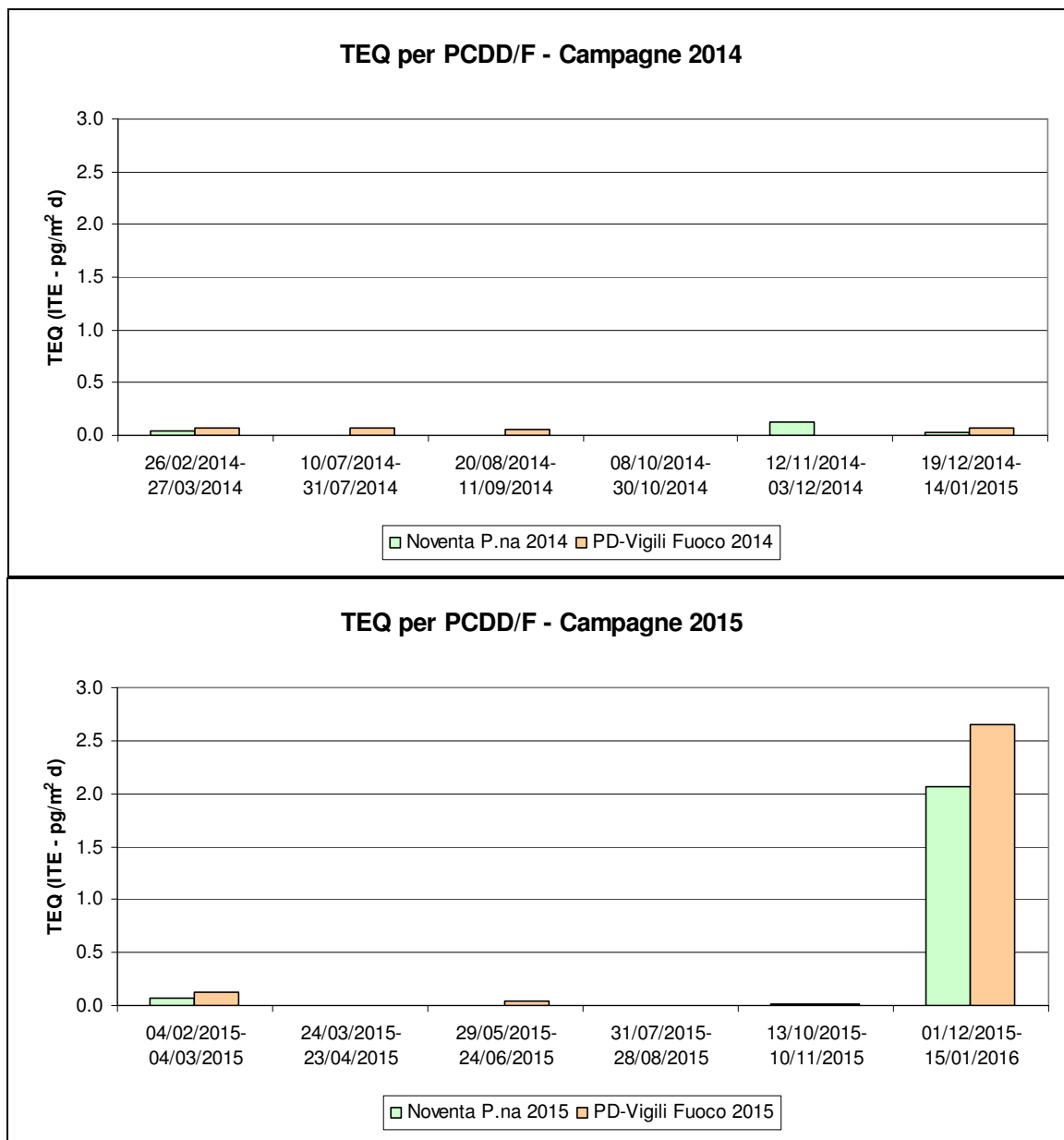


Figura 8. Andamento della I-TEQ di PCDD/F nelle campagne di monitoraggio 2014 e 2015. Confronto tra Sito 1 e Sito 2.

7.2.2 PCB

Nei grafici che seguono è possibile visualizzare, per campagna di campionamento, le concentrazioni dei singoli congeneri espressi in ng presso i siti di monitoraggio di Noventa Padovana (Sito 1) e di Padova-Vigili del Fuoco (Sito 2).

La tossicità equivalente (TEQ) risultante con la metodica WHO-TE viene invece rappresentata mettendo direttamente a confronto il Sito 1 con il Sito 2 ed espressa in pg/m² d.

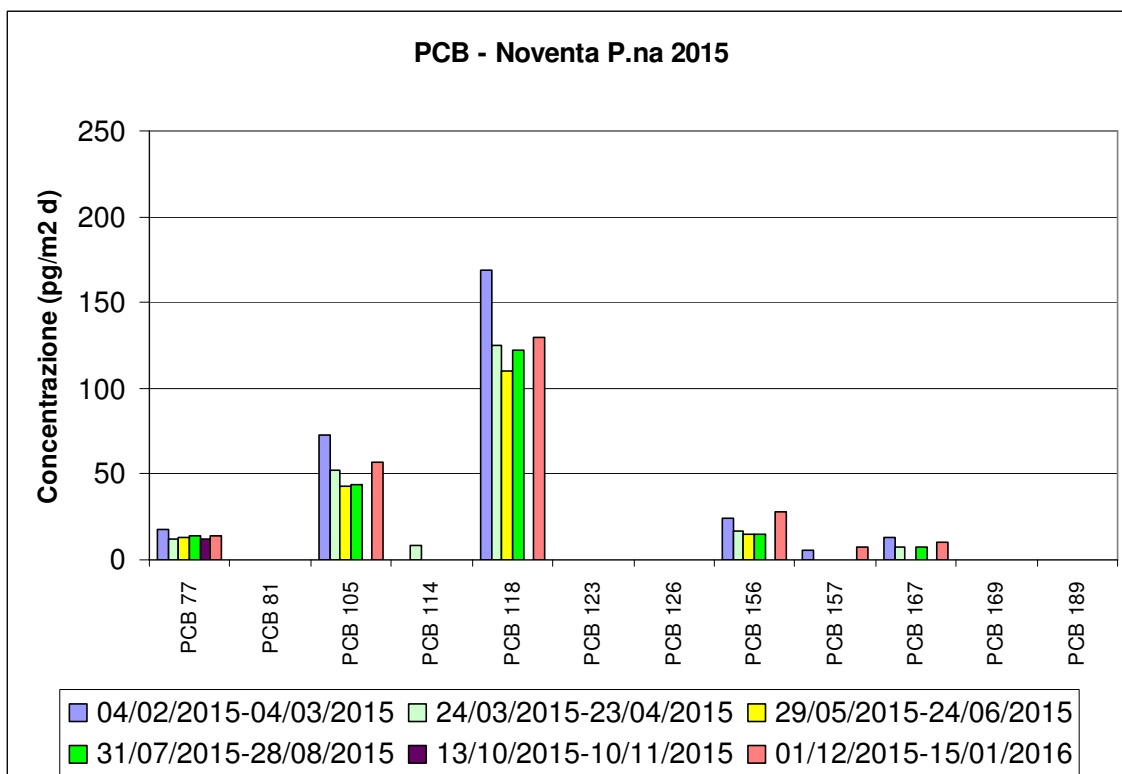
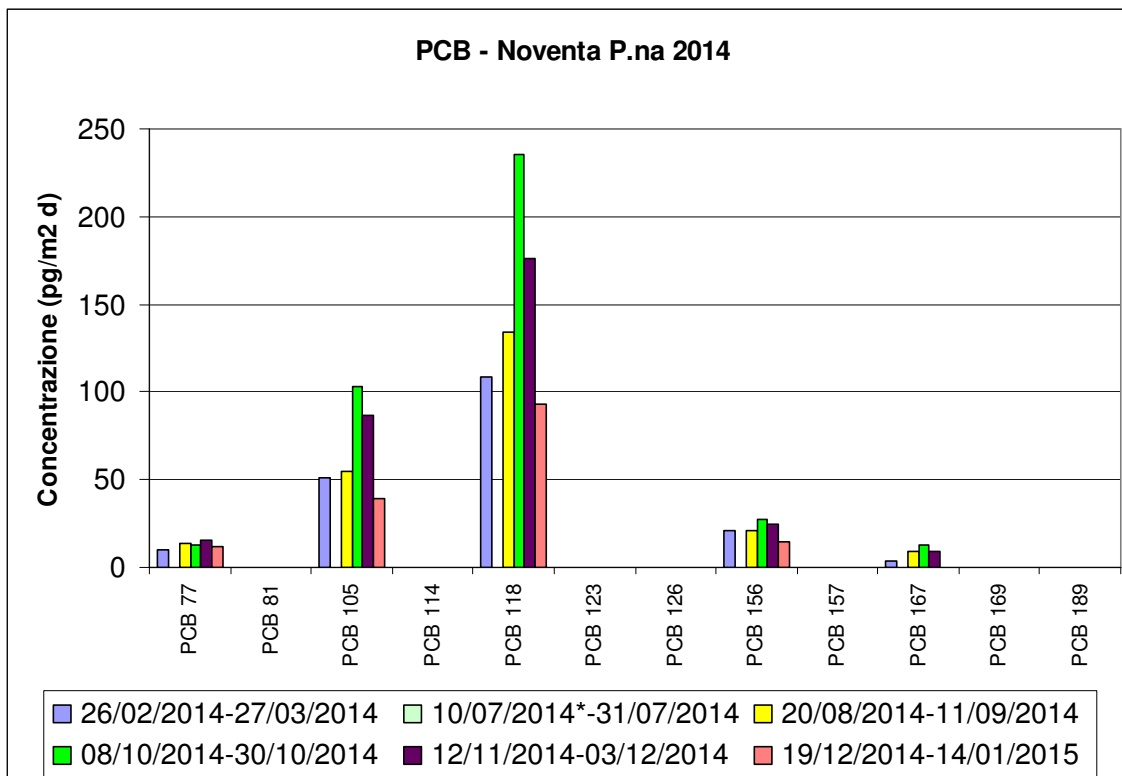


Figura 9. Concentrazione dei singoli congeneri PCB nelle campagne di monitoraggio 2014 e 2015, per il Sito 1 (*in questo periodo i PCB non sono stati monitorati).

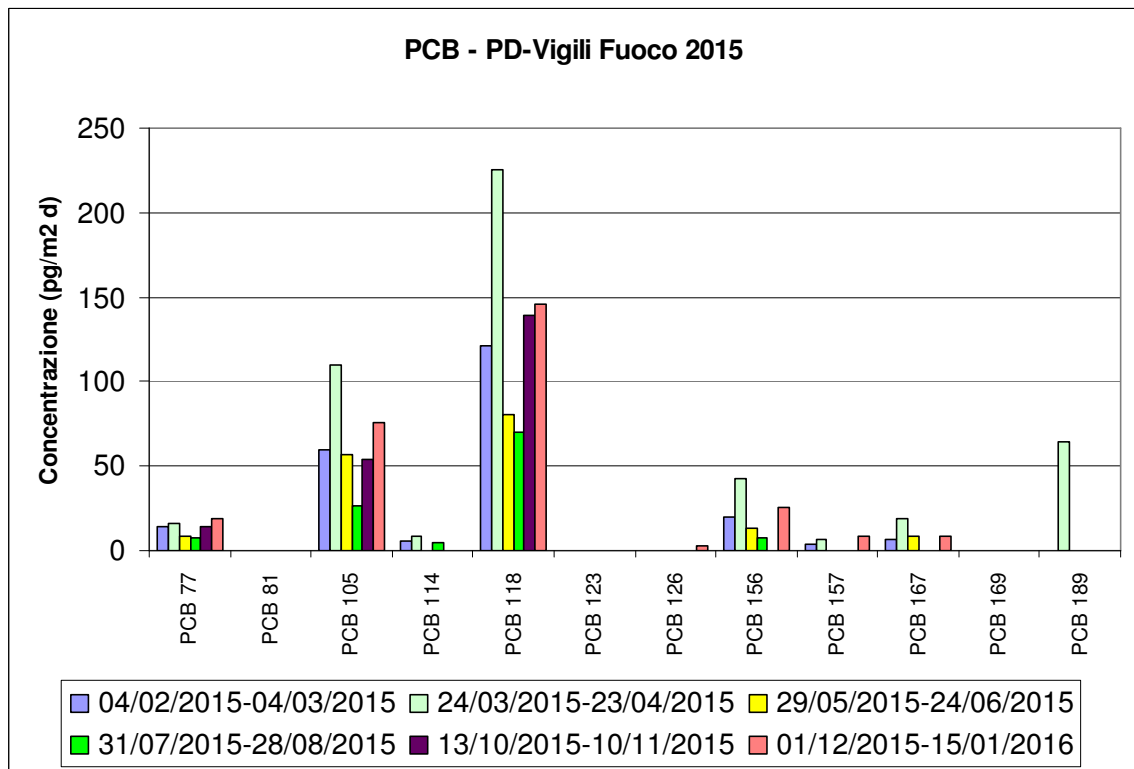
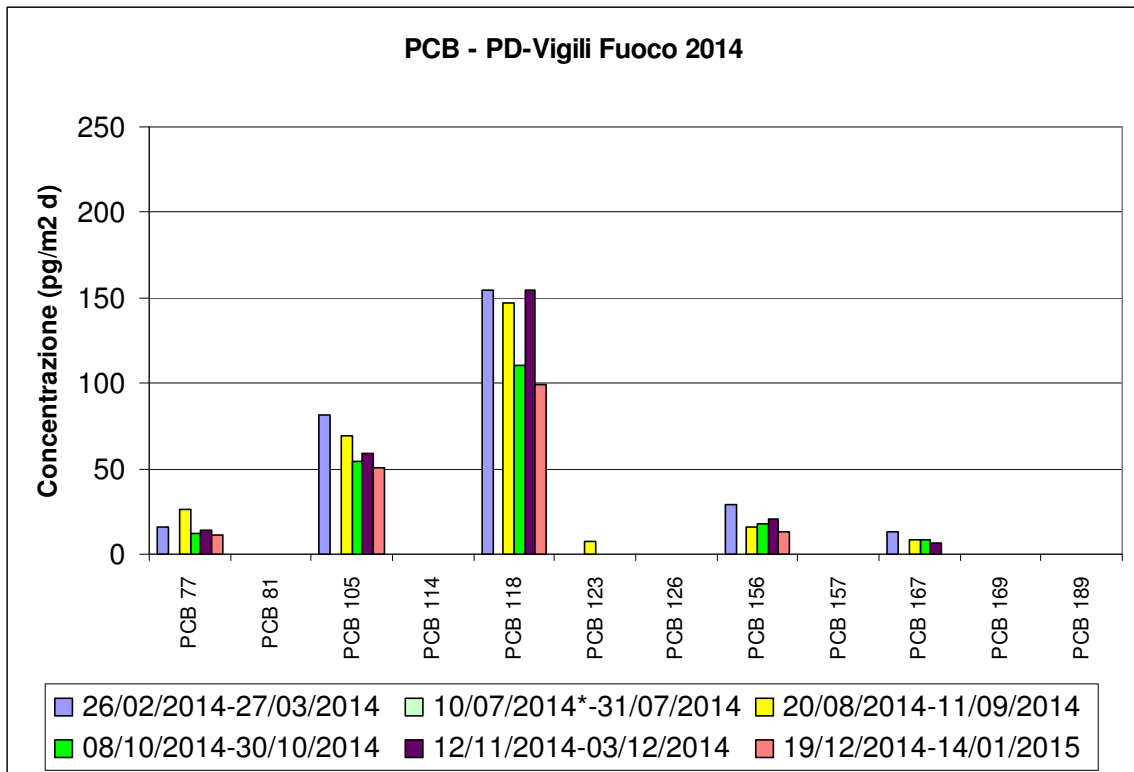


Figura 10. Concentrazione dei singoli congeneri PCB nelle campagne di monitoraggio 2014 e 2015, per il Sito 2.

La tossicità equivalente (TEQ) risultante viene invece rappresentata mettendo direttamente a confronto il Sito 1 con il Sito 2.

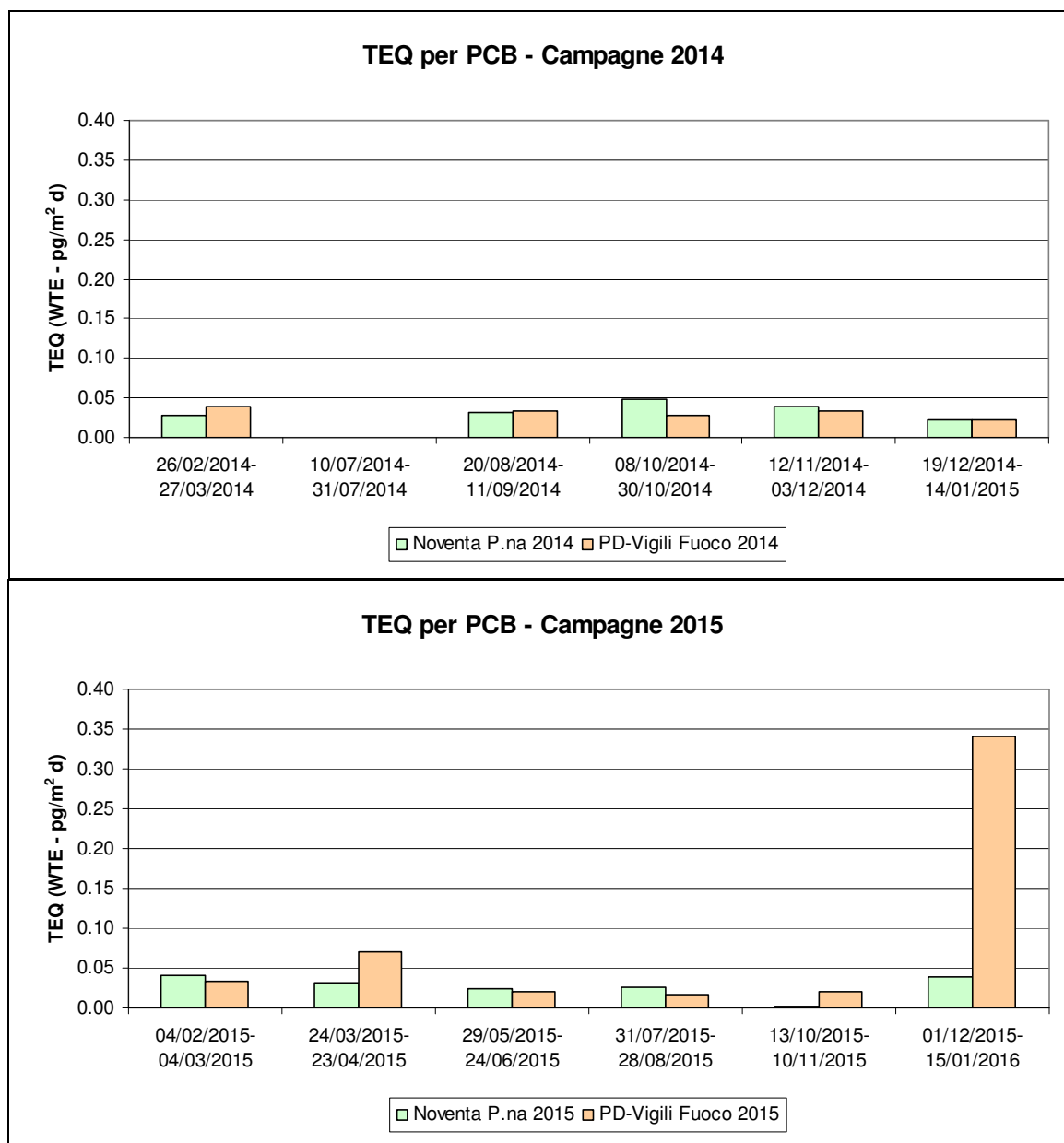


Figura 11. Andamento della TEQ di PCB nelle campagne di monitoraggio 2014 e 2015. Confronto tra Sito 1 e Sito 2.

7.2.3 Analisi dei risultati in funzione della stagionalità

Si presentano i risultati ottenuti evidenziando la distinzione tra campionamenti effettuati nel periodo dell'anno "invernale" e in quello "estivo".

La distinzione e il raggruppamento dei risultati dei singoli campionamenti sono stati effettuati considerando come elemento di selezione l'ipotesi del funzionamento o meno degli impianti di riscaldamento.

Noventa Padovana								
(pg/m ² d)	Media est. 2014	Media est. 2015	Media est. 14/15	Media inv. 2014	Media inv. 2015	Media inv. 14/15	Media 2014	Media 2015
Teq PCDD/F ITEQ low	0	0	0	0.052	0.715	0.384	0.035	0.358
Teq PCB WTE low	0.031	0.027	0.029	0.035	0.027	0.031	0.034	0.027
Vigili Fuoco								
(pg/m ² d)	Media est. 2014	Media est. 2015	Media est. 14/15	Media inv. 2014	Media inv. 2015	Media inv. 14/15	Media 2014	Media 2015
Teq PCDD/F ITEQ low	0.025	0.016	0.021	0.066	0.926	0.496	0.052	0.471
Teq PCB WTE low	0.033	0.036	0.313	0.031	0.132	0.082	0.031	0.084

Tabella 23. Medie per singoli periodi per sito 1 e sito 2 assumendo le concentrazioni dei congeneri < limite di rilevabilità = 0

Si può osservare nei due siti un andamento stagionale:

- per i PCDD/F si osserva che le deposizioni rilevate sono nulle nel periodo estivo nel sito di Noventa Padovana mentre si attestano su valori rilevati di 1-2 centesimi di pg/m² d nel sito relativo alla sede dei Vigili del Fuoco a Padova; nel periodo invernale le deposizioni rilevate aumentano in entrambe i siti e si attestano su valori almeno doppi di quelli del periodo estivo;
- per i PCB si osserva che le deposizioni rilevate nel sito di Noventa Padovana non mostrano sensibili variazioni; nel sito relativo alla sede dei vigili del fuoco non si possono evidenziare aumenti evidenti tra i due periodi.

Per entrambe le valutazioni si deve tener conto che il dato medio relativo all'anno 2015 è influenzato dal risultato particolarmente elevato ottenuto nell'ultimo campionamento considerato ed effettuato a cavallo tra gli anni 2015 e 2016.

Dall'analisi dei valori si può osservare che i valori di PCDD/F nei campioni di deposizioni effettuati è influenzato nel periodo invernale dall'utilizzo degli impianti di riscaldamento; gli stessi non sembrano influenzare in maniera evidente i valori di PCB che non evidenziano sensibili variazioni tra periodo invernale ed estivo.

La caratteristica di stagionalità di PCDD/F, sembra evidenziare che il contributo dovuto alle emissioni del termovalorizzatore, che si ipotizza abbiano caratteristiche di continuità, non siano individuabili, in particolare durante il periodo invernale.

7.2.3 Impronta diossine e PCB

Le reazioni che portano alla formazione di PCDD/F (210 congeneri) possono favorire la formazione di alcuni congeneri rispetto ad altri; la distribuzione e l'abbondanza relativa di tali congeneri, che prende il nome di "*impronta digitale*" (o *fingerprinting*), risulta infatti caratteristica dello specifico processo da cui hanno avuto origine.

L'impronta digitale ha così l'obiettivo di caratterizzare la specifica composizione relativa di un campione di composti al fine di dedurre, per quanto possibile, informazioni utili per individuare il tipo di sorgente e/o sito di campionamento.

I profili di seguito riportati costituiscono una rappresentazione grafica ad istogrammi delle percentuali relative dei singoli congeneri di diossine e furani rispetto al totale.

I grafici che seguono riportano per il SITO 1 e il SITO 2 l'impronta digitale della diossina, cioè il contributo percentuale dei singoli composti (congeneri) rispetto alla concentrazione totale (sommatoria) del campione rilevato in aria ambiente per ciascuna campagna di monitoraggio.

Per effettuare un confronto sono stati utilizzati i risultati di un monitoraggio con campionario ad alto volume effettuato in tre periodi distinti del 2015 presso la centralina di monitoraggio per la qualità dell'aria di Mandria (le finalità, i dettagli e i risultati sono stati pubblicati dal Servizio Osservatorio Aria di ARPAV nel documento "Relazione Regionale Qualità dell'Aria – anno 2015") e i risultati delle analisi a camino effettuate da ARPAV presso le tre linee del termovalorizzatore nel corso degli ultimi 5 anni.

Le modalità di campionamento sono diverse ma si propone un confronto delle impronte per valutare l'importanza dei singoli congeneri nei diversi monitoraggi.

Il monitoraggio effettuato presso la stazione di Mandria fornisce un'indicazione dell'impronta rilevata presso un sito lontano dalla zona interessata dal termovalorizzatore e rappresentativa della qualità dell'aria di background urbano.

Si considerano le percentuali relative alle concentrazioni medie dei singoli congeneri raggruppati tra periodo invernale e periodo estivo relativamente al monitoraggio effettuato nel 2015 presso la stazione.

Le analisi a camino possono fornire una caratterizzazione più specifica dell'impronta dell'emissione del termovalorizzatore.

Si considerano le percentuali relative alle concentrazioni medie dei singoli congeneri dei controlli relativi alle singole linee del termovalorizzatore; in questo caso non vi è distinzione tra periodo invernale o estivo ma si presume una continuità nel corso dell'anno dell'attività e comunque una certa variabilità nelle emissioni giornaliere.

Il monitoraggio con deposimetri effettuato presso la posizione di Noventa Padovana dovrebbe fornire indicazioni di un sito non interessato dall'emissione del termovalorizzatore San Lazzaro.

Il monitoraggio con deposimetri effettuato presso la posizione della sede dei Vigili del Fuoco è rappresentativa della zona maggiormente interessata dalle ricadute secondo le stime dei modelli di ricaduta.

Al fine di un confronto su lungo termine si confrontano le percentuali relative alle concentrazioni medie dei singoli congeneri raggruppati tra periodo invernale e periodo estivo relativamente all'anno 2014 e all'anno 2015 per i deposimetri situati a Noventa Padovana e a Padova presso la sede dei Vigili del Fuoco, relativizzate in funzione della concentrazione totale.

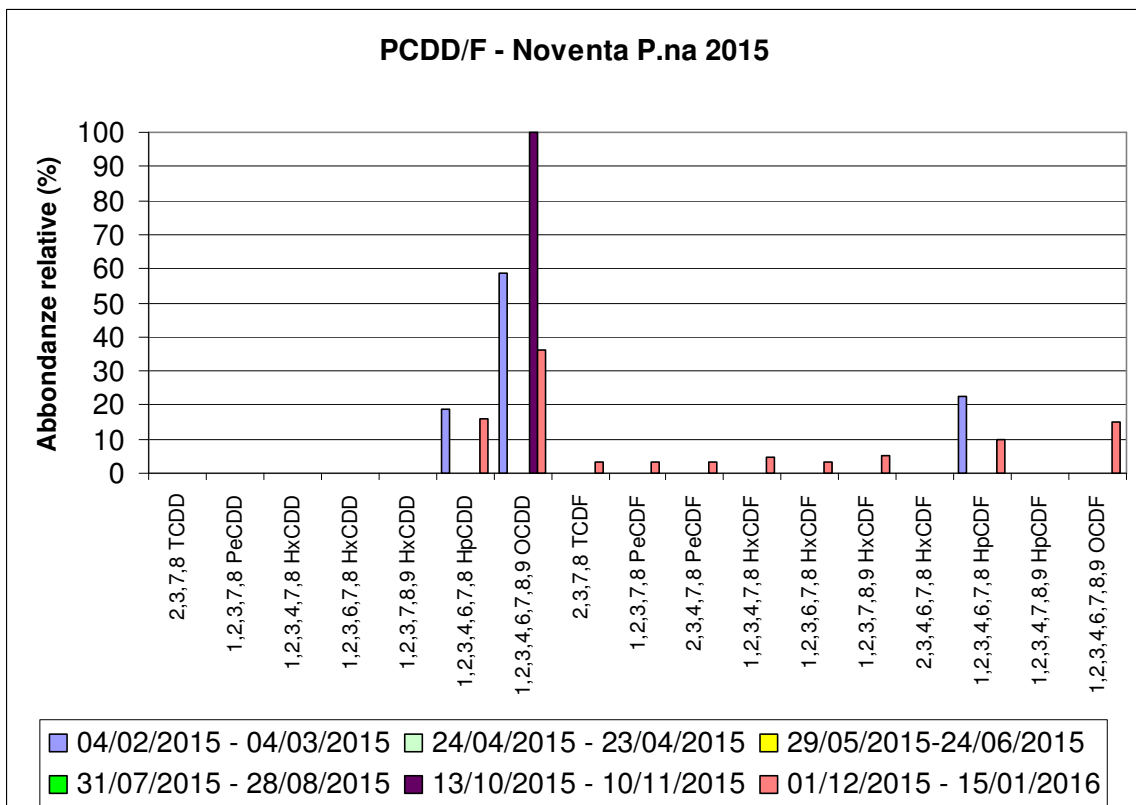
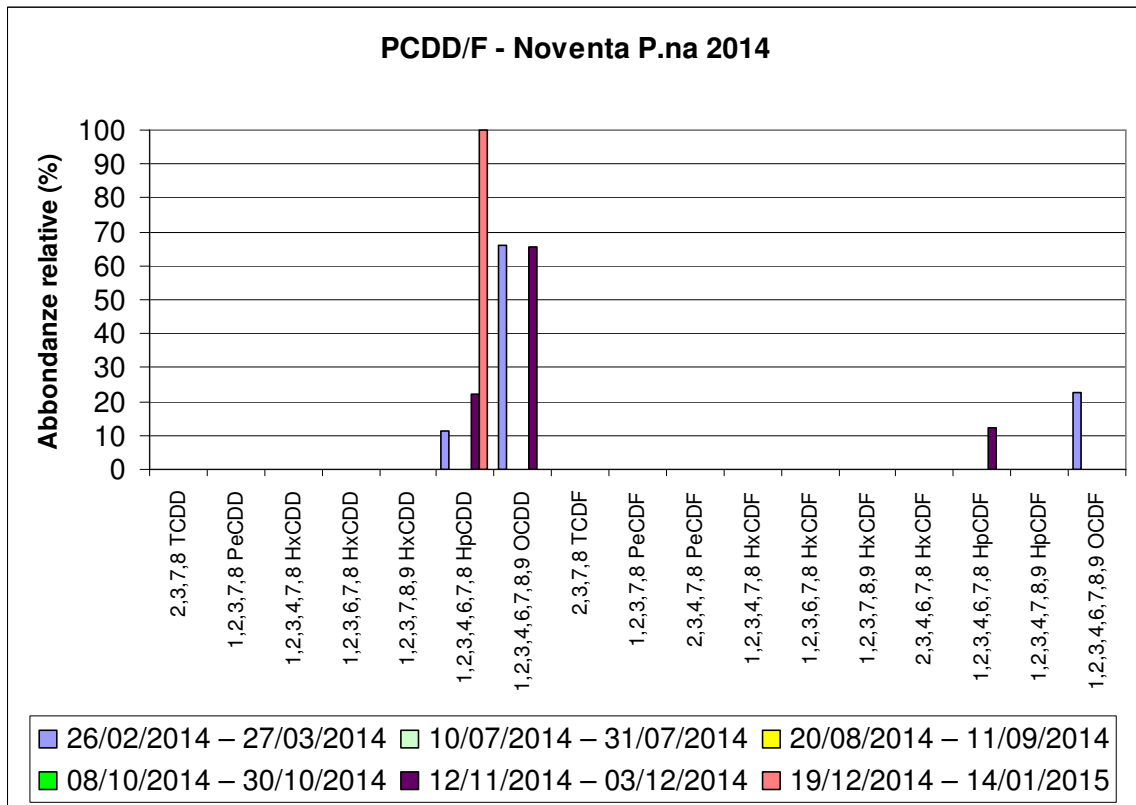


Figura 12. Distribuzione delle abbondanze relative dei congeneri di diossine e furani – campagne sito I

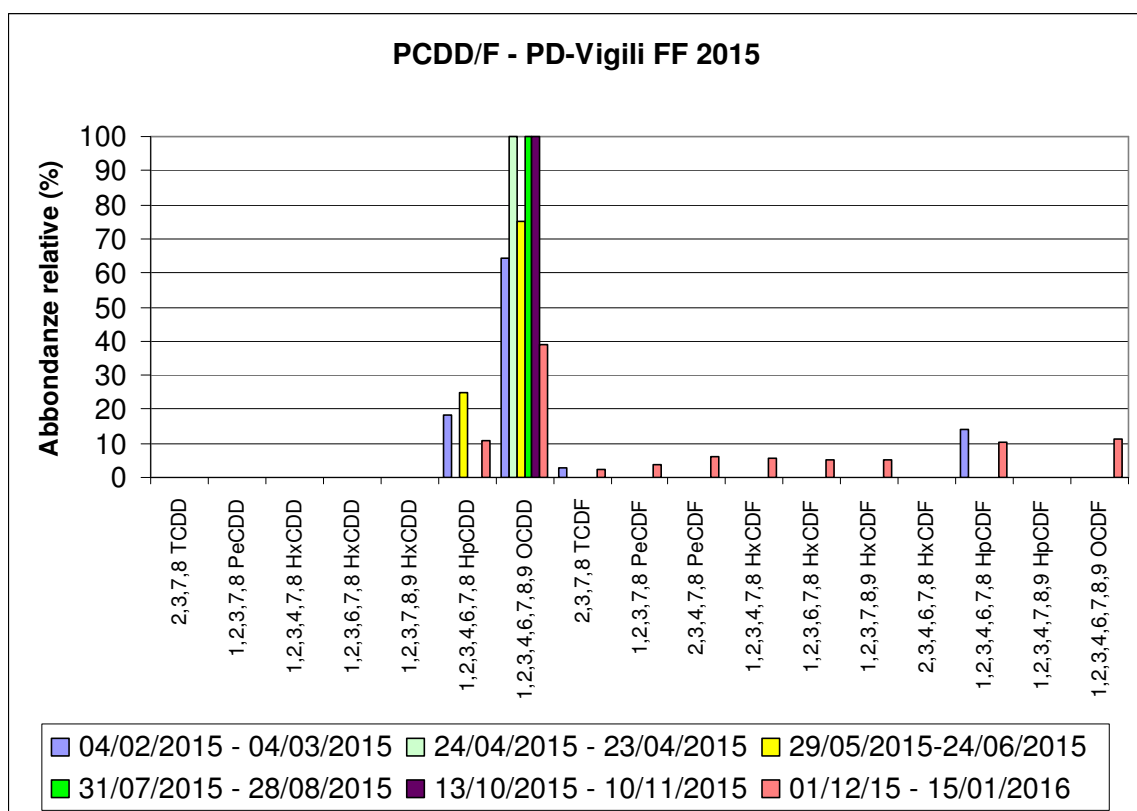
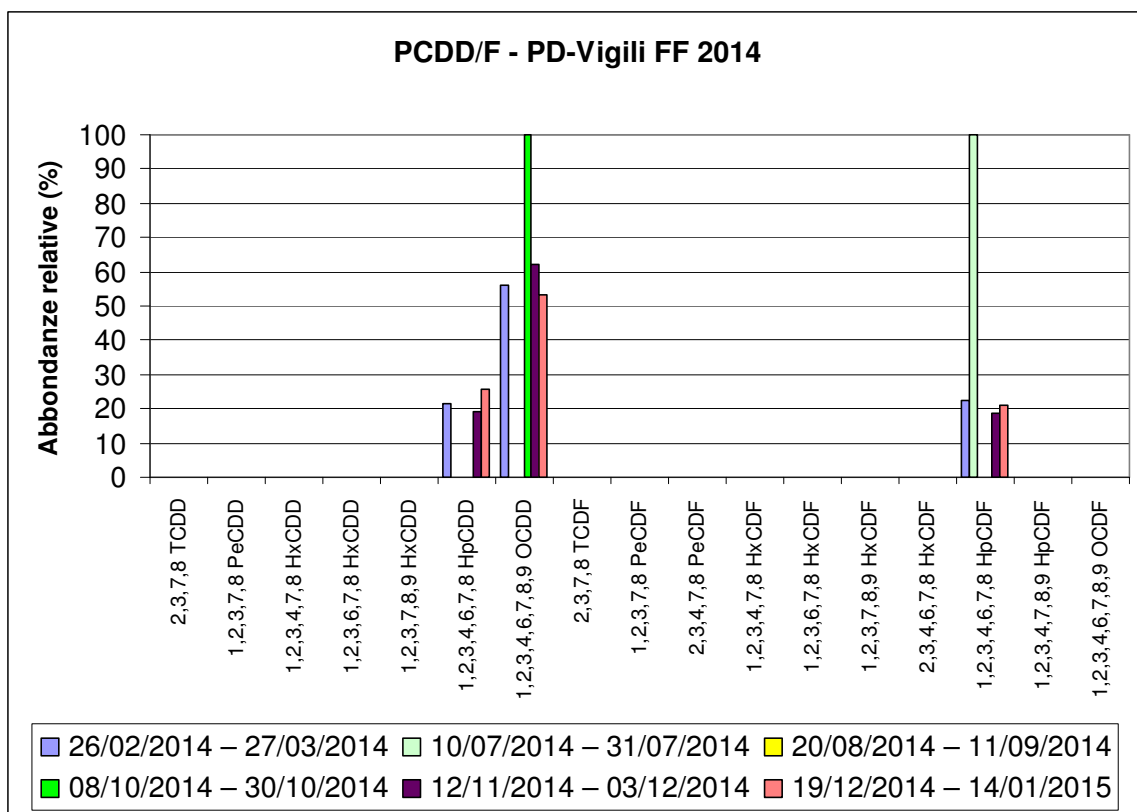


Figura 13. Distribuzione delle abbondanze relative dei congeneri di diossine e furani – campagne sito2

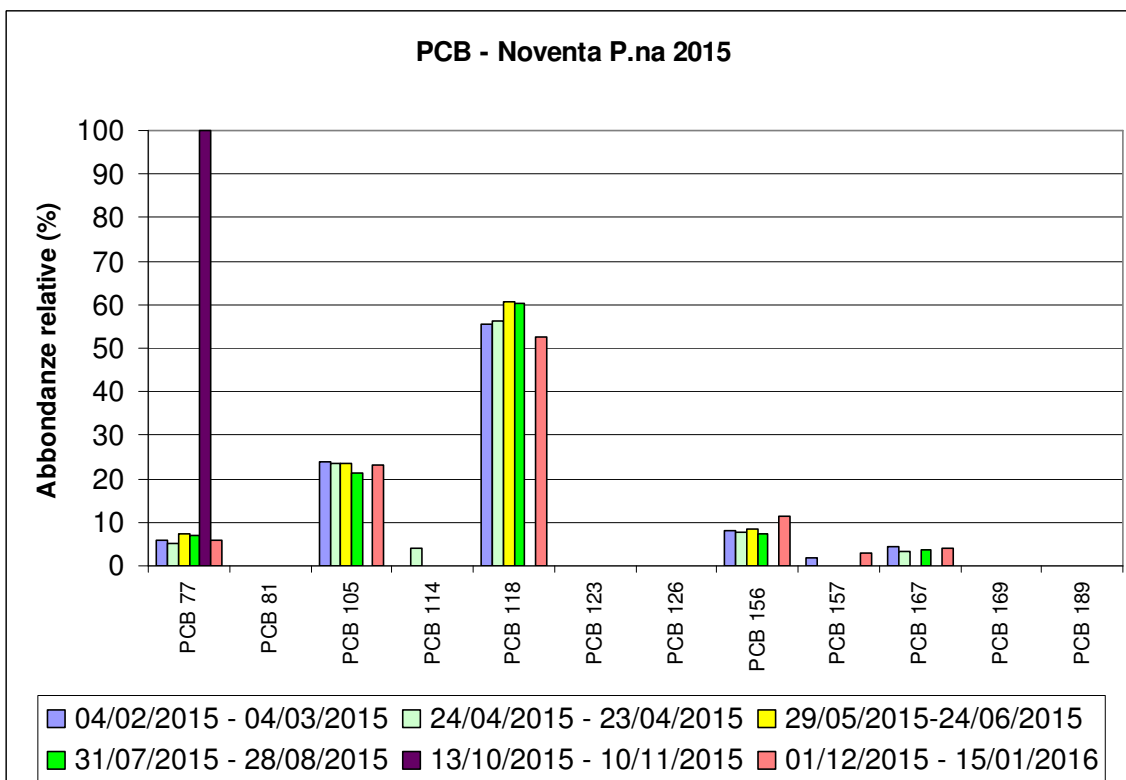
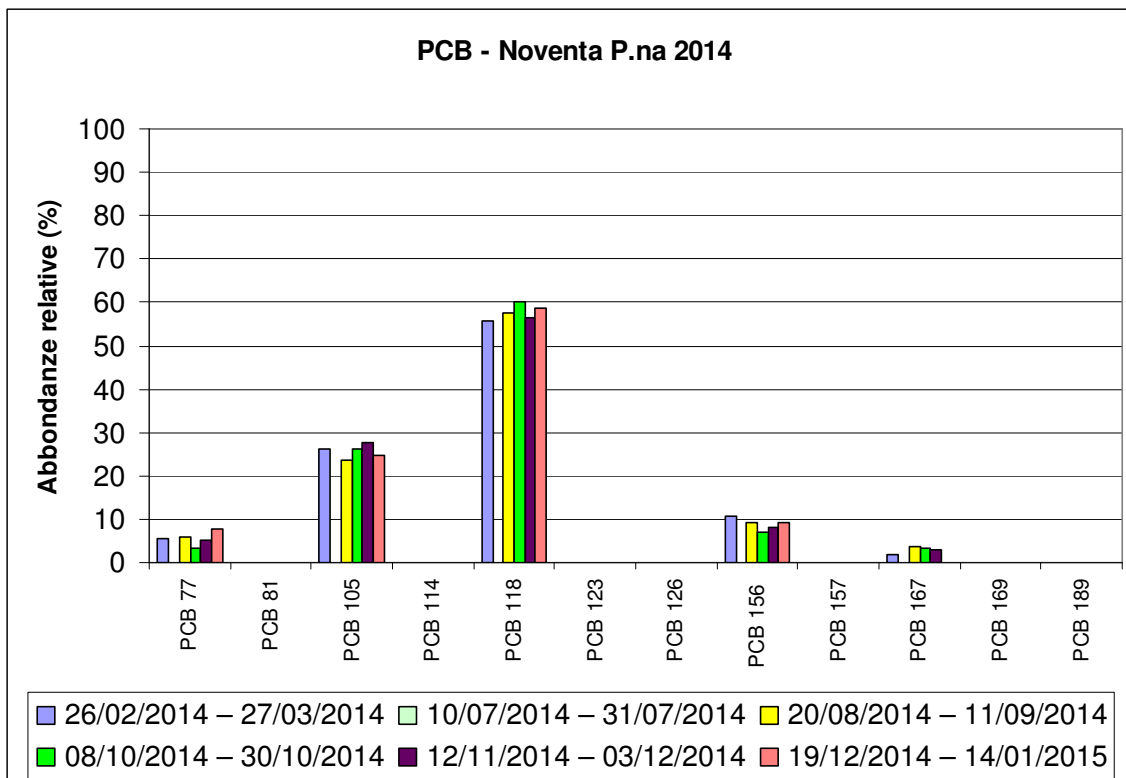


Figura 14. Distribuzione delle abbondanze relative dei congeneri PCB – campagne sito1

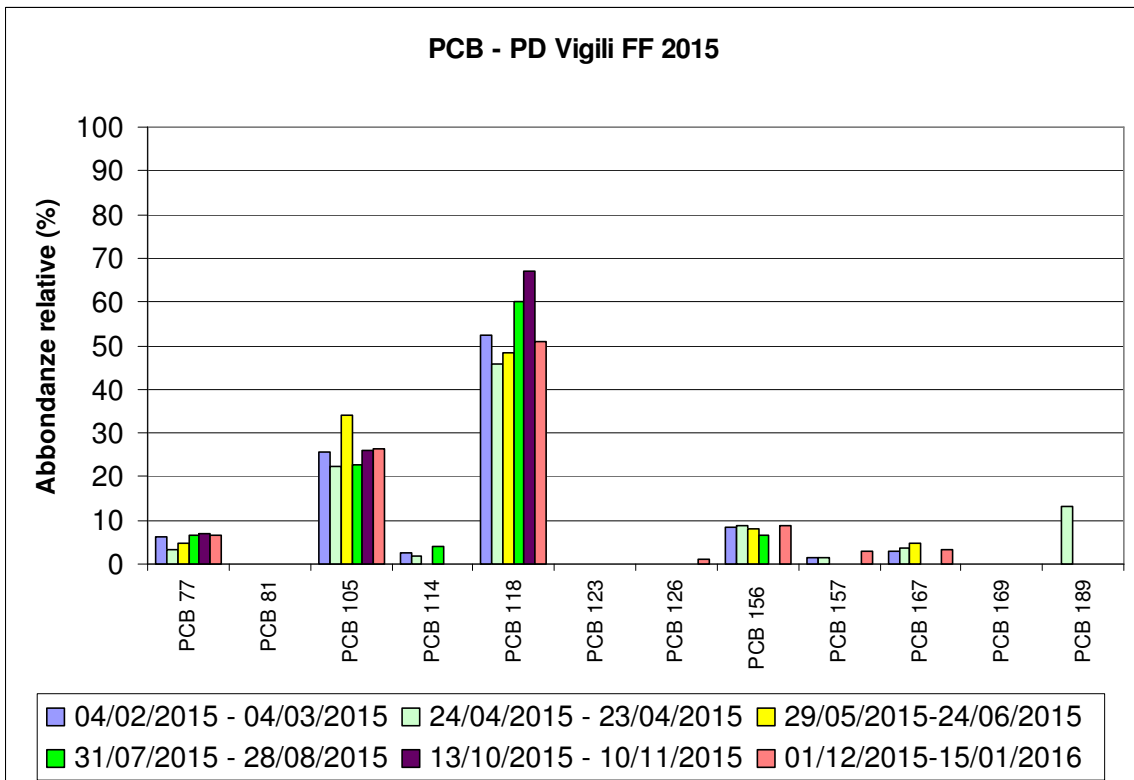
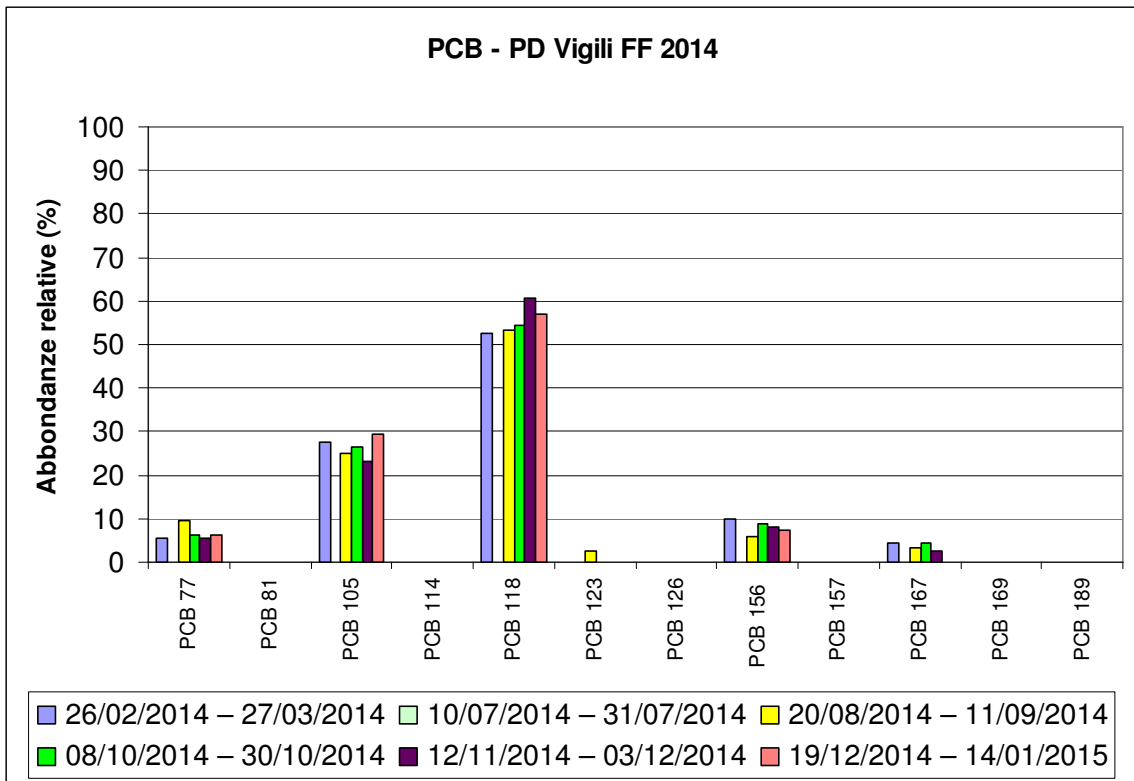


Figura 15. Distribuzione delle abbondanze relative dei congeneri PCB – campagne sito2

In merito al confronto di PCDD/F si osserva la prevalenza dei congeneri HpCDD, OCDD, HpCDF e OCDF.

Il contributo dei quattro congeneri risulta essere abbastanza uguale per quanto riguarda l'emissione a camino e con abbondanze relative intorno al 15-20%.

Nel confronto dei periodi freddi si osserva una maggiore importanza delle componenti HpCDD e OCDD sia nei siti di Noventa Padovana e dei vigili del fuoco, sia presso la centralina di Mandria.

Ciò sembra confermare che il contributo prevalente che si osserva nel periodo di invernale è dovuto agli impianti di riscaldamento.

Relativamente ai congeneri di PCB si osserva una prevalenza dei congeneri PCB 105 e 118 e in maniera inferiore di PCB 156 nel periodo invernale.

Nel confronto relativo al periodo estivo, pur rilevando una diminuzione delle concentrazioni misurate nei deposimetri, si osserva l'importanza dei medesimi congeneri di PCB per entrambi i siti dove erano installati i deposimetri.

Essendo simili le percentuali dei singoli congeneri nei due siti con deposimetri non si può attribuire il risultato alle sole emissioni del termovalorizzatore, quanto piuttosto alla presenza generica dell'area industriale.

Relativamente al confronto di PCDD/F in periodo estivo le concentrazioni rilevate con deposimetri sono spesso inferiori ai limiti di rilevabilità e non forniscono indicazioni omogenee, mentre si ipotizza un funzionamento abbastanza continuo del termovalorizzatore.

Non è possibile perciò evidenziare un contributo rilevante delle emissioni del termovalorizzatore.

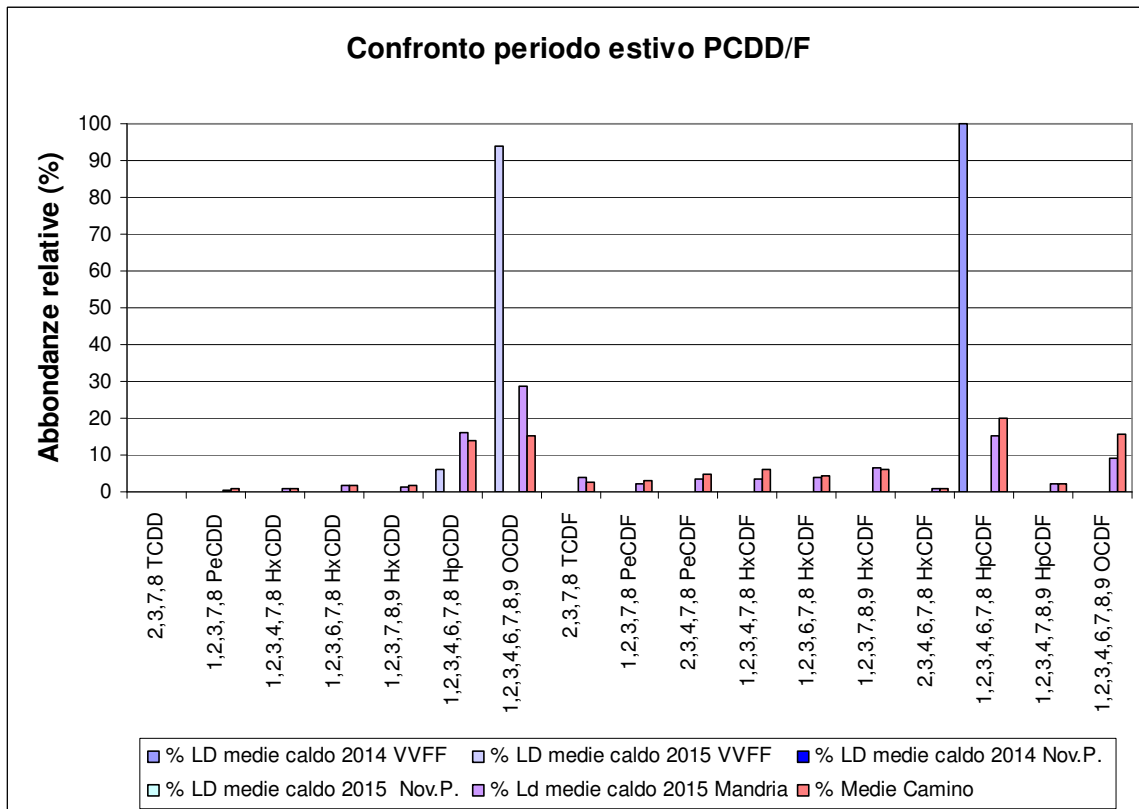
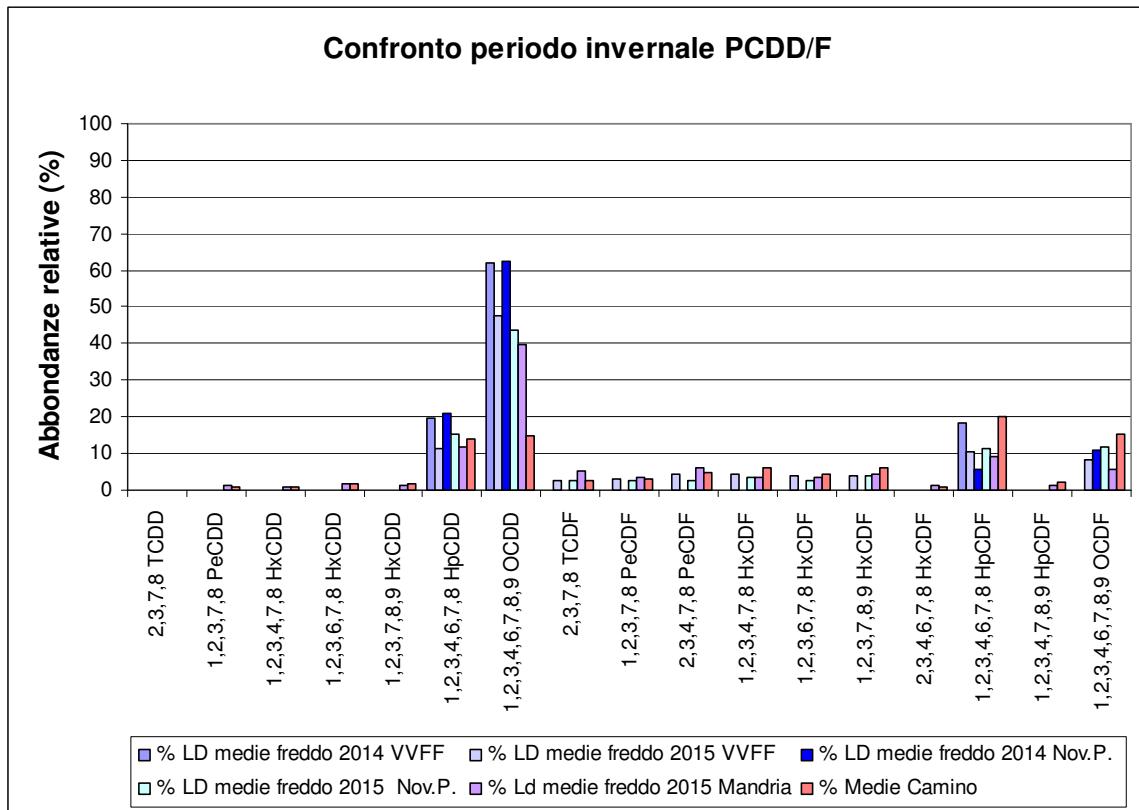


Figura 16. Confronto impronte PCDD/F per periodo invernale e per periodo estivo

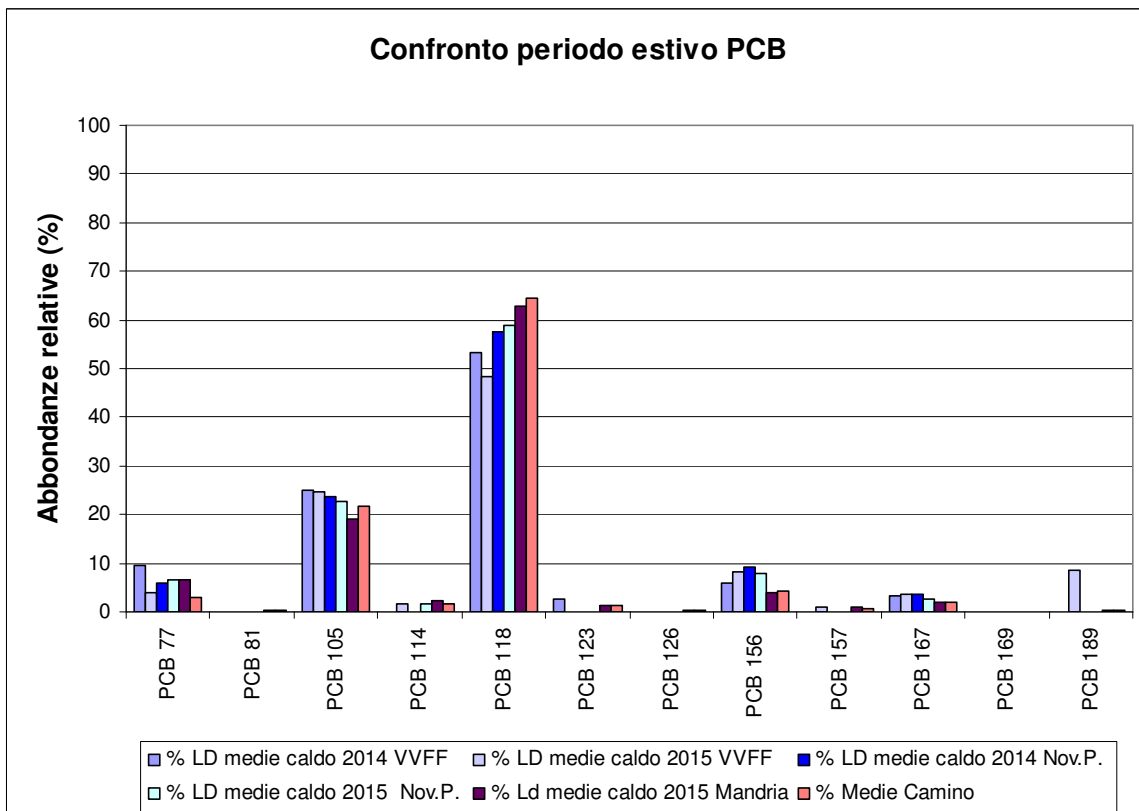
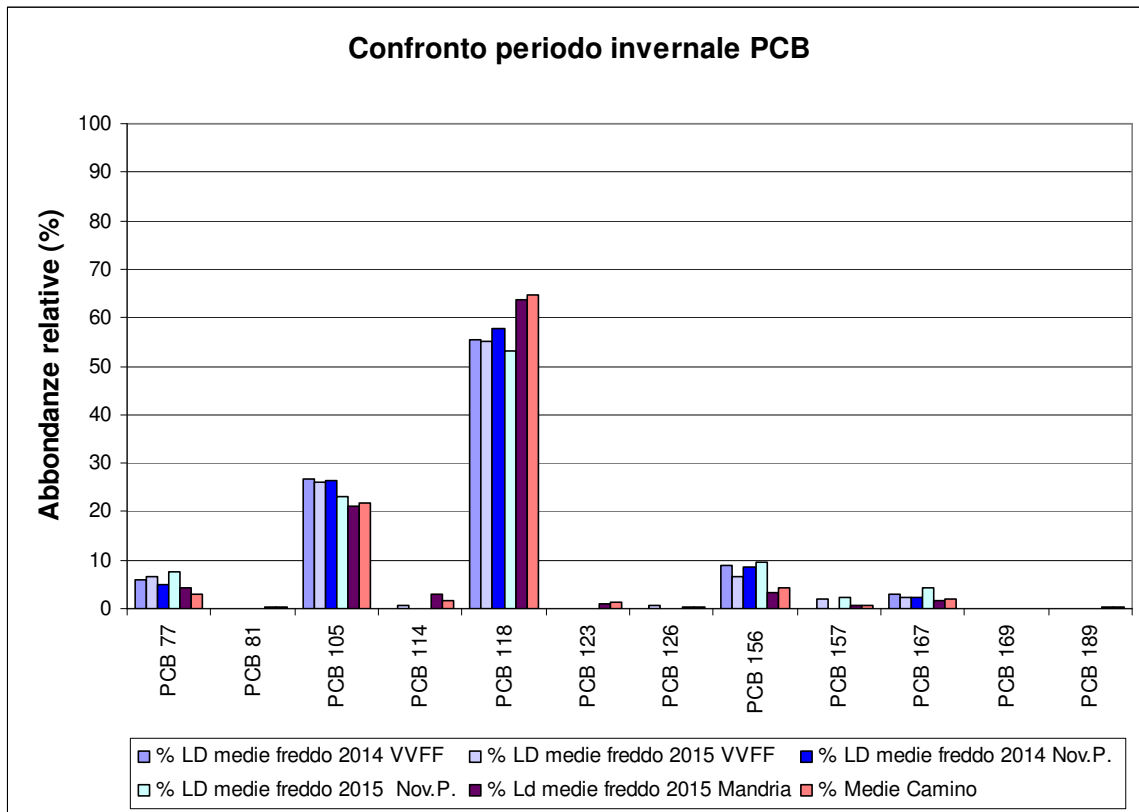


Figura 17. Confronto impronte PCB per periodo invernale e per periodo estivo

8. Considerazioni finali

La stima delle deposizioni totali è uno strumento particolarmente adatto per misurare la concentrazione ambientale di inquinanti organici persistenti (POPs). Tuttavia non essendoci attualmente in Italia limiti di legge o valori guida nazionali, risulta complessa la valutazione di questi dati ambientali, in un'ottica di gestione dei controlli e costruzione delle decisioni.

In assenza di indicazioni per valutare i dati, l'unica cosa possibile è pertanto fare riferimento a valori misurati in aree analoghe, a dati di letteratura scientifica e valori guida utilizzati in altri Paesi. Analizzando invece i soli risultati dei monitoraggi realizzati in questo studio, emergono le seguenti considerazioni.

La quantità e la varietà di congeneri di diossine e furani raccolti nella stagione calda è sempre inferiore rispetto la stagione fredda. E' importante notare, in tutti i campioni, l'assenza della TCDD (TetraCloroDibenzoDiossina), il congenere più tossico.

In entrambe le stazioni il congenere OCDD prevale sempre sul congenere OCDF, situazione tipica delle impronte relative a generici processi di combustione.

Tutti i campioni sottoposti ad analisi hanno evidenziato un alto numero di dati "censurati" cioè con concentrazione inferiore al limite di rilevabilità/quantificazione (soprattutto per i congeneri di PCDD e PCDF).

Nel calcolo della Tossicità Equivalente, i risultati ottenuti con i due diversi approcci (upper bound e lower bound) nella somma pesata di addendi con valore quantificato e di addendi con valore inferiore al limite di rilevabilità, sono sempre ampiamente diversi tra loro.

Per diossine e furani, con il metodo upper bound si ottengono risultati dell'ordine dell'unità di misura, mentre con l'approccio lower bound si ottengono risultati dell'ordine dei centesimi della medesima unità di misura; il limite di riferimento utilizzato è dell'ordine dell'unità di misura.

Per PCB con il metodo upper bound si ottengono risultati dell'ordine dei decimi dell'unità di misura mentre con il metodo lower bound si ottengono risultati dell'ordine dei centesimi dell'unità di misura; il numero massimo di addendi quantificati è pari a 5 su una somma di 12.

Si deve perciò concludere che la metodologia di campionamento utilizzata non è sufficiente a fornire un dato attendibile della deposizione di inquinanti in termini di Tossicità Equivalente a causa delle concentrazioni campionate dei singoli congeneri troppo esigue per i sistemi di analisi disponibili.

Per ottenere un risultato attendibile è opportuno perciò studiare metodologie di campionamento che possano portare a quantità di materiale depositato superiore al limite di rilevabilità dei sistemi di analisi a disposizione, per la maggioranza o la totalità dei singoli congeneri di diossine, furani e PCB.

Risulta abbastanza anomalo il campionamento effettuato con deposimetri relativo al periodo dicembre 2015/gennaio 2016, che sembra dovuto alle sfavorevoli condizioni atmosferiche.

Si evidenzia che il periodo di campionamento di dicembre 2015/gennaio 2016 è sensibilmente maggiore dei precedenti: la coincidenza del periodo di campionamento più lungo e della particolare abbondanza degli inquinanti rilevati ha permesso di rilevare un numero maggiore di congeneri con valori superiori al limite di rilevabilità strumentale dell'analisi e si osserva che il divario dei valori di calcolo della tossicità equivalente (Teq) con le metodologie upper bound e lower bound si restringe.

Nel confronto con le impronte relative alle analisi a camino del termovalorizzatore e al monitoraggio con diversa metodologia di campionamento presso la centralina per la qualità dell'aria di Mandria, non si può evidenziare un contributo significativo relativo alle emissioni del termovalorizzatore; in particolare durante il periodo invernale risulta predominante il contributo dovuto agli impianti di riscaldamento.

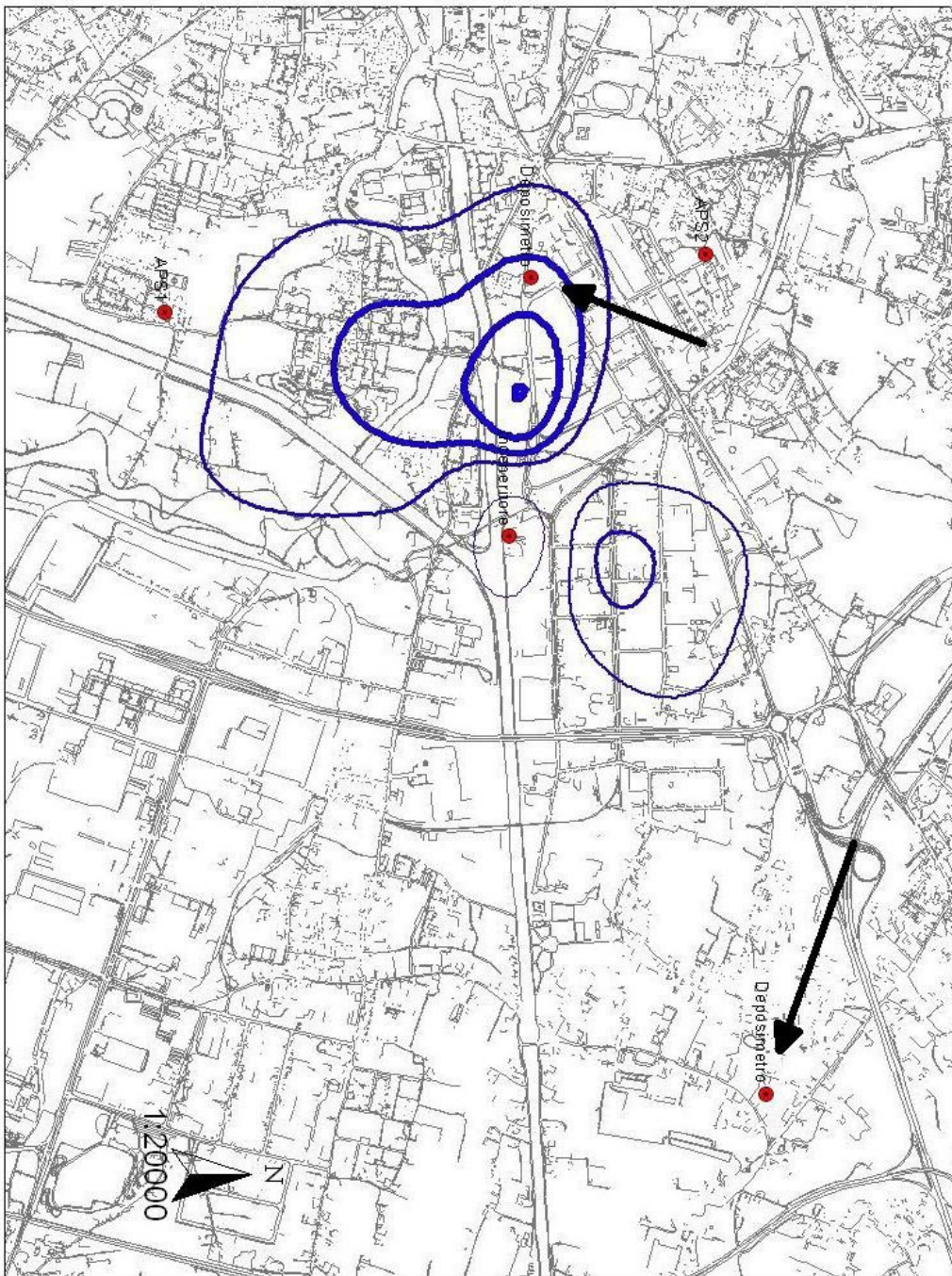
Il presente documento è da intendersi sostitutivo del precedente rapporto relativo al solo anno 2014.

Riferimenti bibliografici

1. *Microinquinanti organici in Provincia di Venezia. Livelli in aria ambiente ed emissioni in atmosfera.* Biancotto R., Vianello L., Zemello C., ARPAV, 2009.
2. *Campagna di Monitoraggio della Qualità dell'aria con approfondimento sui livelli dei microinquinanti organici in aria ambiente.* Biancotto R., Vianello L., Zemello C., ARPAV, 2010.
3. *Diossine, furani e PCB diossina-simili in Provincia di Treviso – Una prima valutazione conoscitiva sui livelli in aria ambiente di alcuni microinquinanti organici persistenti.* Rosa M., Bressan M., Iuzzolino C., Pick G., Steffan F., ARPAV, 2014.
4. *Misurazione delle deposizioni atmosferiche in ambiente rurale: utilizzo di campionatori deposimetrici ed interpretazione del dato ambientale e sanitario.* Esposito V., Maffei A., Assennato G., ARPA Puglia, 2012.
5. *Impatto delle deposizioni atmosferiche totali di POPs sull'ambiente e gli alimenti in prossimità di sorgenti industriali.* Esposito V., ARPA Puglia, 2014.
6. *Le deposizioni al suolo.* Settimo G., ISS, 2014.
7. *Diossine, Furani e Policlorobifenili. Indagine ambientale nella Regione Campania.* ISPRA, 2012.
8. *Microinquinanti organici ed inorganici nel comune di Mantova: studio dei livelli ambientali.* Viviano G., Mazzoli P., Settimo G., Rapporto ISTISAN 06/43, ISS 2006.
9. *Diossine Furani e PCB.* Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici APAT, 2006.
10. *Metodi per la determinazione di arsenico, cadmio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici nelle deposizioni atmosferiche.* Menichini E., Settimo G., Viviano G., Istituto Superiore di Sanità, 2006.
11. *Bewertung von Schadstoffen , für die keine Immissionswerte festgelegt sind.* Bericht des Landerausschusses für Immissionsschutz (LAI), 2004.
12. *Deposition of dioxins in Flanders (Belgium) and a proposition for guide values.* Van Lieshoue L. et al., 2001.
13. *Proposal for environmental guideline values for atmospheric deposition of dioxins and PCBs. Final report.* Cornelis C., De Brouwere K., De Frè R., Goyvaerts M.P., Schoeters G., Swaans W., Van Holderbeke M., 2007.
14. *Threshold values for atmospheric deposition of dioxins and PCBs. First results of deposition of DL-PCB in Flanders (Belgium).* Desmedt M., Roekens E., De Frè R., Cornelis C., Van Holderbeke M., 2008.
15. *Assessment of the health risk of dioxins: re-evaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI). WHO Consultation.* WHO European Centre for Environmental and Health International Programme on Chemical Safety, 1998.
16. *Opinion of the Scientific Committee on Food on the Risk Assessment on Dioxins and Dioxin-like PCBs in Food.* European Commission – Scientific Committee on Food, 2001.
17. *Environmental Surveillance of Incinerators: 2006-2009. Data on Dioxin/Furan Atmospheric Deposition and Associated Thresholds.* Bodenan F., Michel P., Cary L., Leynet A., Piantone P., 2011.

Allegato

Modello di ricaduta degli inquinanti immessi in aria dall'inceneritore proposta nel documento "Valutazione modellistica del contributo dell'inceneritore ai livelli di inquinamento atmosferico" inviata il 06/12/2013 prot. ARPAV n. 0127172



Dipartimento ARPAV Provinciale di Padova
Servizio Stato dell'Ambiente
Via Ospedale Civile, 24
35121 Padova
Italy
Tel. +39 049 8227801
Fax +39 049 8227810
e-mail: dappd@arpa.veneto.it



ARPAV
Agenzia Regionale
per la Prevenzione e
Protezione Ambientale
del Veneto

Direzione Generale
Via Ospedale, 24
35121 Padova
Tel. +39 049 82 39301
Fax. +39 049 66 0966
e-mail urp@arpa.veneto.it
e-mail certificata: protocollo@pec.arpav.it
www.arpa.veneto.it