



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

# **IL MONITORAGGIO SAMANET DELLE DEPOSIZIONI ATMOSFERICHE NELLA LAGUNA DI VENEZIA**



## **ANNO 2014**

**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento** – San Polo 737 -30125- Venezia –Tel. 041794370/041794443- Fax 041794387- <http://magisacque.it>



MAGISTRATO ALLE ACQUE  
  
Laboratorio  
Centro Studi Microinquinanti Organici





**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

*Il Dirigente dell'Ufficio UTA*

*Francesco Sorrentino*

*Responsabile del progetto per UTA*

*Moreno Dalla Palma*

*Responsabile scientifico*

*Andrea Berton\**

*Coordinamento*

*Claudio Carrer\**

*Servizio Qualità per UTA*

*Mauro Grassi*

*Servizio Qualità*

*Michela Carlon\**

*Collaboratori per UTA*

*Vittorio Roccabella*

*Collaboratori*

*Fabio Aidone\*, Christian Badetti\*, Massimo Berti\*, Sebastiano Bertini\*, Maria Costantino\*, Luca Favaretto\*, Loretta Gallochio\* e Alessandro Gurato\*.*

*\*personale Thetis SpA in forza presso l'UfficioTecnico per l' Antinquinamento della Laguna di Venezia*

**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento** – San Polo 737 -30125- Venezia –Tel. 041794370/041794443- Fax 041794387- <http://magisacque.it>





**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

## Sommario

Introduzione .....	4
La rete di monitoraggio SAMANET .....	4
Attività di campionamento e misura 2014 .....	6
Analisi dati meteorologici .....	8
Deposizioni di inquinanti inorganici nella laguna di Venezia .....	9
Andamenti temporali delle deposizioni di microinquinanti inorganici .....	17
Deposizioni di microinquinanti organici persistenti nella laguna di Venezia .....	23
Diossine e Furani (PCDD – PCDF) .....	24
Policlorobifenili (PCB) .....	25
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) .....	27
Esaclorobenzene (HCB) .....	29
Poli Cloro Difenil Etere (PBDE) .....	30
Andamenti temporali delle deposizioni di microinquinanti organici .....	31
Considerazioni conclusive .....	32
Bibliografia .....	33



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

## **Introduzione**

Le deposizioni atmosferiche hanno un ruolo importante nella dinamica dei microinquinanti nell'ecosistema lagunare veneziano (Bettiol et al. 2005; Di Domenico et al. 1997; Guerzoni et al. 2005; Rossini et al. 2005<sup>(a,b)</sup>; Wenning et al. 2000). Ad esempio Marcomini et al (1999) hanno stimato che contribuiscono per un quarto al carico di diossine in laguna. In questo report vengono riportati i risultati del monitoraggio delle deposizioni atmosferiche rete SAMANET effettuato nel 2014.

## **La rete di monitoraggio SAMANET**

La rete per il monitoraggio è costituita da 10 stazioni (fig.1). Queste si trovano all'interno della laguna di Venezia in aree di bassofondo e sono distribuite in modo da rappresentare le diverse tipologie ambientali presenti: da siti industriali; aree urbane con diversi livelli di antropizzazione e zone di laguna aperta.

Le caratteristiche della rete Samanet per il monitoraggio delle deposizioni atmosferiche sono state ampiamente descritte nelle relazioni precedenti alle quali si rimanda per maggiori dettagli.



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**



**Figura 1.** Dislocazione delle stazioni della rete SAMANET di monitoraggio deposizioni atmosferiche in laguna di Venezia.



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

## Attività di campionamento e misura 2014

Il programma di campionamento prevede sei campagne con frequenza bimensile, che sono state svolte regolarmente. In tabella 1 sono riportate le date di campionamento e i giorni di esposizione

**Tabella 1- Campagne di misura nel 2014**

	INIZIO	FINE	GIORNI DI ESPOSIZIONE
1	17/02/2014	17/04/2014	59
2	17/04/2014	19/06/2014	63
3	19/06/2014	19/08/2014	61
4	19/08/2014	07/10/2014	49
5	07/10/2014	10/12/2014	64
6	10/12/2014	04/02/2015	56

Nel corso del 2014 sono stati rifiutati dal laboratorio 29 campioni rispettivamente: 16 per la frazione organica e 13 per quella inorganica (tab.2). Questa perdita di informazioni si ripercuote pesantemente nell'elaborazione dei risultati analitici. Il problema dei campioni persi a causa dell'inquinamento da deiezioni degli uccelli marini si sta acuendo. Ciò potrebbe esser dovuto all'aumento dell'avifauna presente in laguna di Venezia che utilizza le strutture delle coffe come posatoi. Purtroppo l'utilizzo di sistemi di dissuasione passivi sembra aver scarsa efficacia soprattutto nel lungo periodo.



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

**Tabella 2- Lista campioni raccolti durante le campagne di misura del 2014.**

CAMPAGNA		1	2	3	4	5	6
L1	metalli	√	X	√	√	X	X
	organici	√	X	X	X	√*	√*
L2	metalli	X	X	X	√	√	√
	organici	X	X	√	√	√	√
L3	metalli	√	√	√	√	X	√
	organici	√	√	√	√	X	√
L4	metalli	√	√	√	√	√	√
	organici	√	√	√	X	√	√
L5	metalli	X	√	X	X	X	√
	organici	√	√	X	√	√	√
L6	metalli	√	√	√	√	√	√
	organici	√	X	√	√	√	√
L7	metalli	√	√	√	√	√	√
	organici	√	√	X	X	√	√
L8	metalli	X	√	√	√	√	√
	organici	√	√	X	√	X	X
L9	metalli	√	√	√	√	√	√
	organici	√	√	√	√	√	√
L10	metalli	√	X	√	√	√	√
	organici	√	√	√	√	√	√

√ campione processato, √\*campione processato ma disponibili solo le determinazioni analitiche di PCDD/F e IPA, X campione non sottoposto ad analisi.

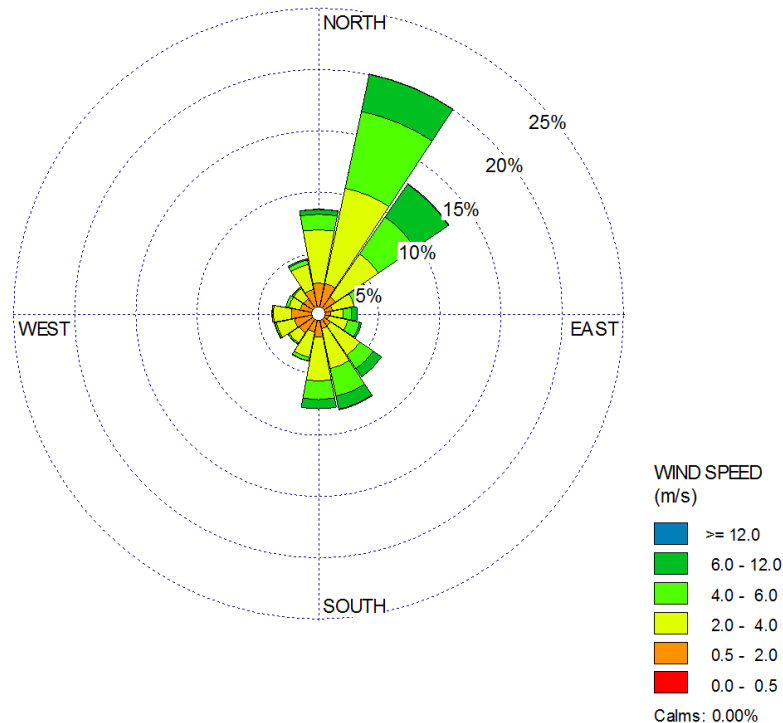


**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

## Analisi dati meteorologici

I tempi di esposizione dei bulk sono sempre molto lunghi ed i fenomeni di deposizione non sono direttamente correlabili alla condizione anemometriche, se non in un'ottica di condizioni medie.

La rosa dei venti del 2014 è ottenuta dai dati della stazione di San Giorgio dell'Istituto di Previsione e Segnalazione Maree del Comune di Venezia. La centralina meteo è stata recentemente installata sulla torretta ex radar del centro sportivo di eccellenza della compagna della vela nell'isola di San Giorgio. L'anemometro è posizionato ad un'altezza di 14 metri sul livello del medio mare. Quanto rilevato nel 2014 risulta in accordo con le condizioni tipiche dell'area (Carrera *et al*, 1995) ovvero il vento proviene principalmente dal quadrante nord-orientale e secondariamente da quello sud-orientale e le classi di venti più frequenti sono quelle comprese tra le calma di vento ed i sei m/s (fig.3).



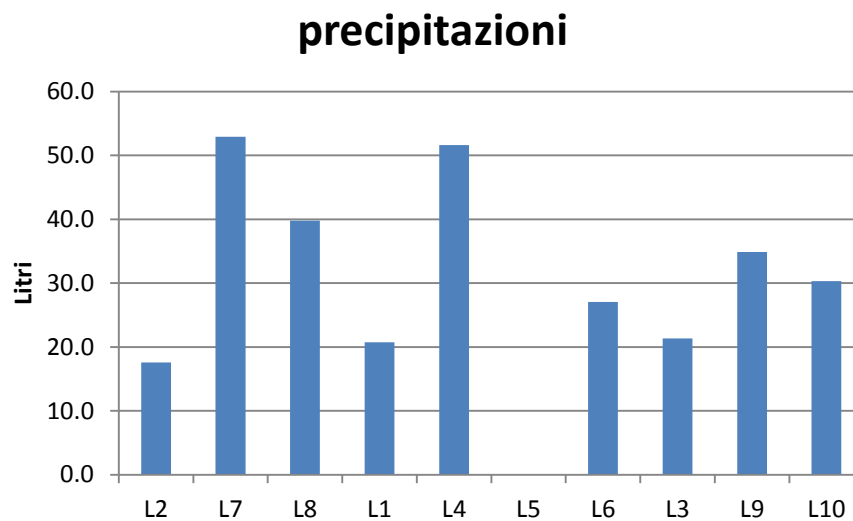
**Figura 2. Rosa dei venti dominanti in laguna di Venezia nel 2014, stazione di San Giorgio dell'ICPSM di Venezia.**





**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

Benché i deposimetri non siano in grado di fornire dati sulla piovosità, essi possono dare delle indicazioni in base al volume di acqua raccolto durante il periodo di esposizione. In figura 3 è riportata la sommatoria annuale delle precipitazioni raccolte nelle singole stazioni. In ascissa i siti sono ordinati con un criterio di distribuzione geografica in tre gruppi: Nord L8, L7 e L2; Centro L4, L6 e L1 e sud L3, L9 ed L10. La stazione L5 è stata esclusa dall'elaborazione in quanto scarsamente rappresentativa. La distribuzione che ne risulta è molto eterogenea descrivibile con situazioni microclimatiche. Ad esempio le stazioni L6 (Saccasessola) e L4 (Fondamenta nove) entrambe sono a ridosso del centro storico di Venezia, ma la prima ha raccolto un volume circa la metà della seconda.



**Figura 3. Sommatoria delle precipitazioni raccolte dai deposimetri nel 2014.**

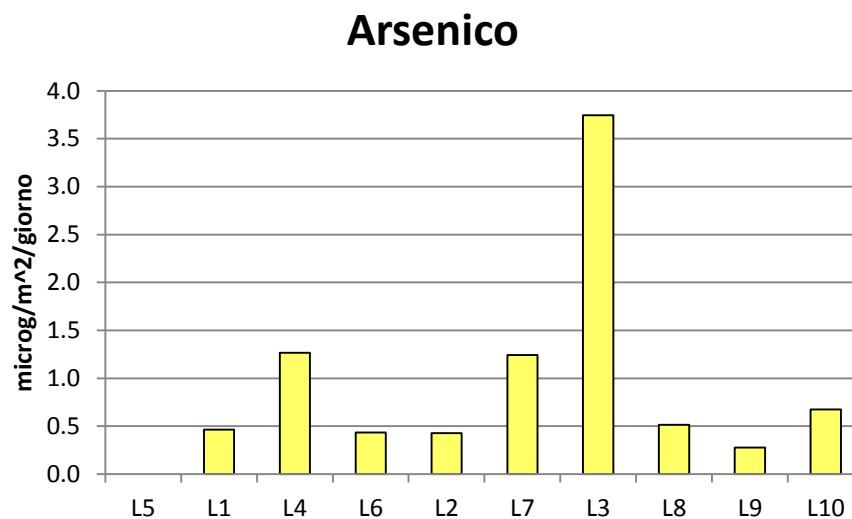
## **Deposizioni di inquinanti inorganici nella laguna di Venezia**

Il flusso di deposizione giornaliero medio ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$ ) è la media dei flussi rilevati nelle singole campagne di misura. Come suggerito dalla linea guida dell'ISPRA tutte le determinazioni al di sotto del limite di variabilità del metodo sono state poste pari al limite di detezione.



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

Dall'elaborazione sono state escluse le misure effettuate a L5 in quanto poco rappresentative. Per continuità con le relazioni precedenti nella rappresentazione grafica si è preferito mantenere quest'ultima in zona industriale come "riferimento", le altre stazioni sono state distribuite secondo un criterio di distanza crescente da L5. Tutti i valori medi di flusso sono riportati anche in forma tabellare (tab.2).



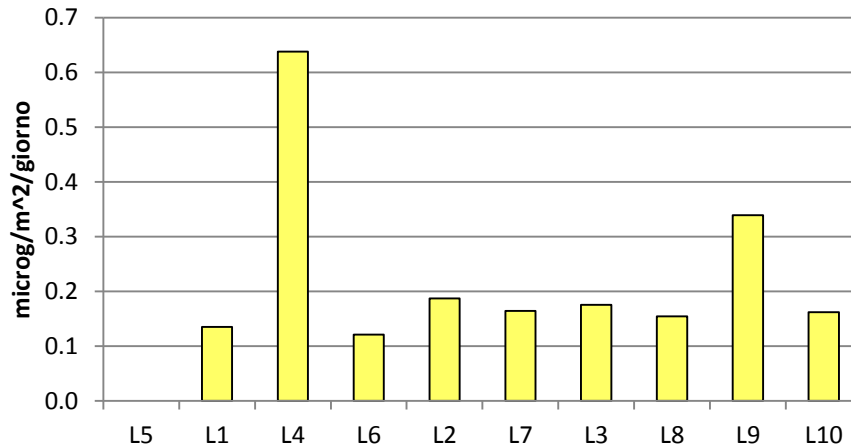
**Figura 4. Tassi medi giornalieri di deposizione di Arsenico nelle stazioni della rete SAMANET**

Il dato medio del flusso è spesso influenzato dalla presenza hotspot, ovvero da condizioni temporanee che raramente si ripetono nelle campagne seguenti e sono di difficile interpretazione. Ad esempio in L3 per l'arsenico (fig.4) nel ciclo di aprile-giugno è stato calcolato un flusso di 15  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{g}$ , eliminandolo dall'elaborazione il flusso medio sarebbe pari a 1  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{g}$ . Lo stesso vale anche per il rame (fig.14). In L9 per il mercurio (fig.8) è stato calcolato un flusso superiore a 5  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{g}$  nel ciclo di giugno-agosto, superiore di due ordini di grandezza a quanto misurato nelle altre campagne. Così per il nichel (fig.15) con 57  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{g}$  a giugno-agosto di mentre negli altri cicli è al massimo pari a 1.3  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{g}$ . Nel centro storico di Venezia la stazione L4 è caratterizzata da alti flussi di: cadmio (fig.5); piombo (fig.6) e antimonio (fig.7). Quest'ultimi elementi sono tuttora utilizzati nella produzione del vetro artistico di cui Murano è uno dei principali produttori.



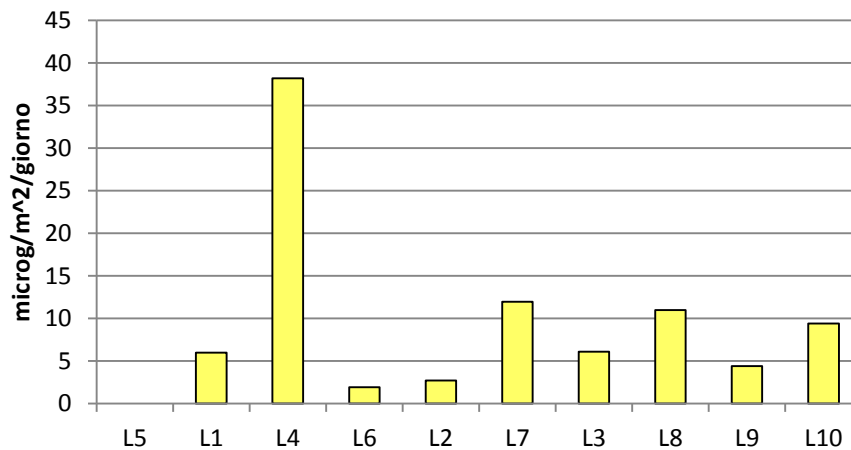
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

### Cadmio



**Figura 5. Tassi medi giornalieri di deposizione di Cadmio nelle stazioni della rete SAMANET.**

### Piombo

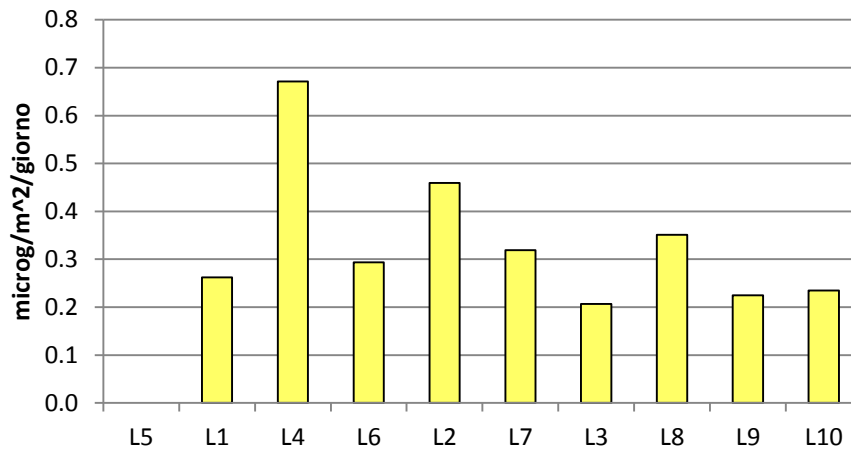


**Figura 6. Tassi medi giornalieri di deposizione di Piombo nelle stazioni della rete SAMANET**



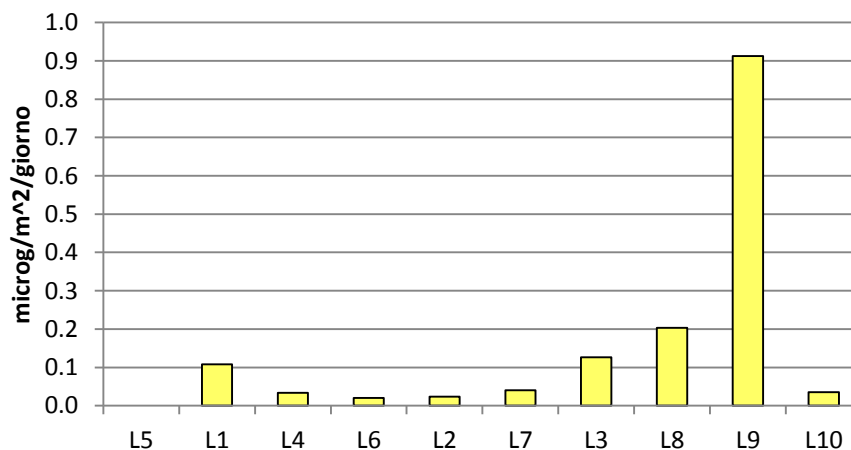
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

### Antimonio



**Figura 7. Tassi medi giornalieri di deposizione di Antimonio nelle stazioni della rete SAMANET**

### Mercurio

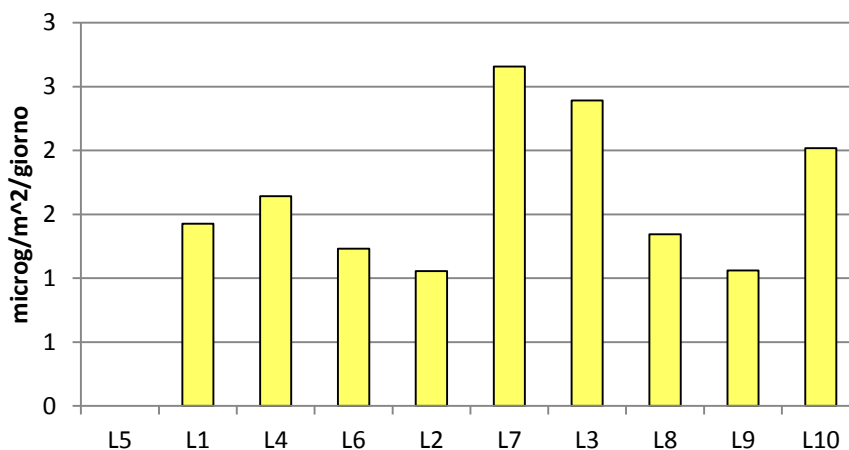


**Figura 8. Tassi medi giornalieri di deposizione di Mercurio nelle stazioni della rete SAMANET**



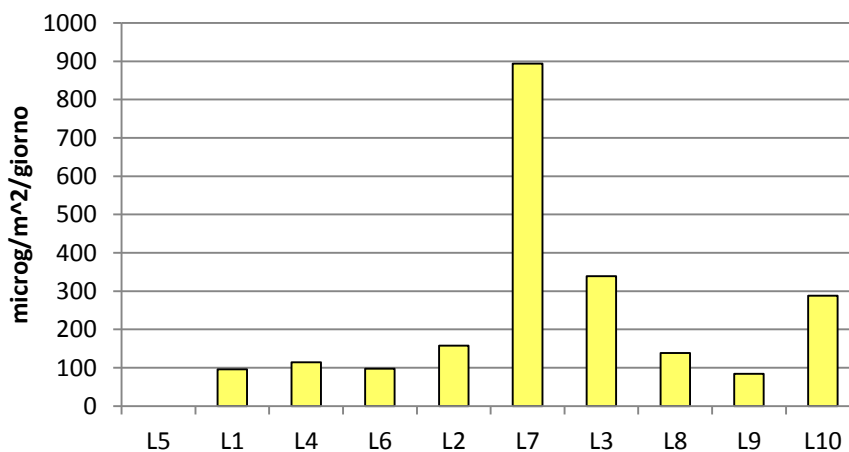
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

### Vanadio



**Figura 9.** Tassi medi giornalieri di deposizione di Vanadio nelle stazioni della rete SAMANET

### Ferro

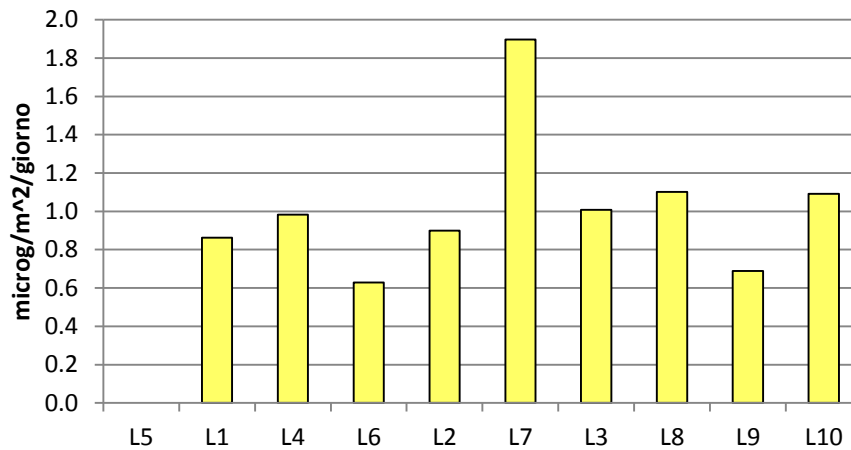


**Figura 10.** Tassi medi giornalieri di deposizione di Ferro nelle stazioni della rete SAMANET



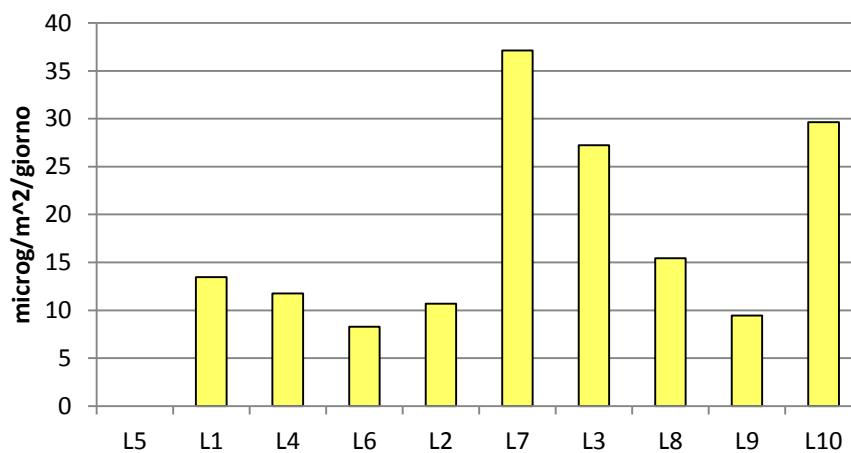
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

### Cromo



**Figura 11. Tassi medi giornalieri di deposizione di Cromo nelle stazioni della rete SAMANET**

### Manganese



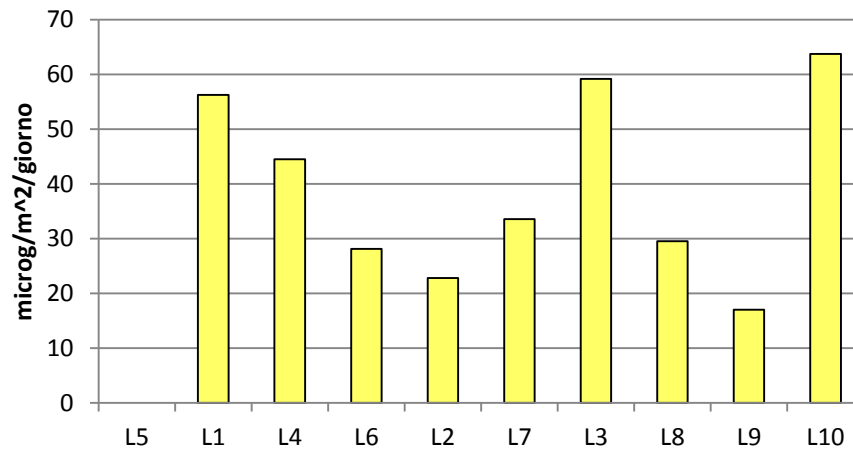
**Figura 12. Tassi medi giornalieri di deposizione di Manganese nelle stazioni della rete SAMANET**

In L7 i tassi medi di deposizione di ferro (fig.10), cromo (fig.11) e manganese (fig.12) sono fortemente influenzati dai flussi misurati nel sesto ciclo di misura.



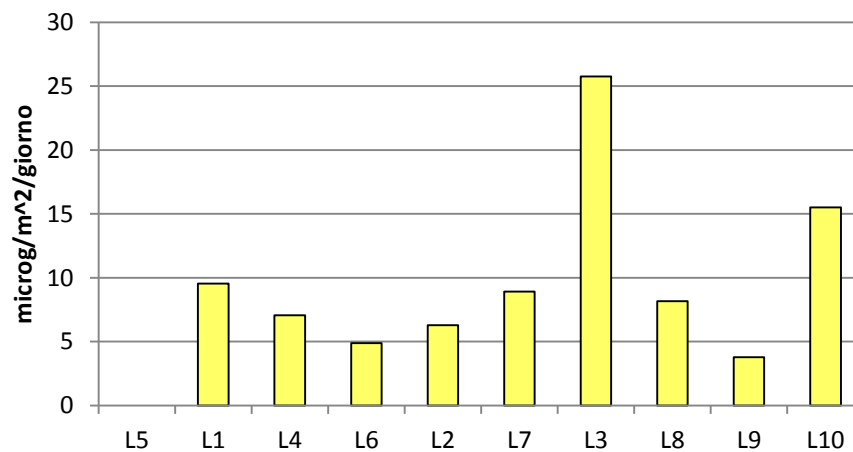
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

### Zinco



**Figura 13. Tassi medi giornalieri di deposizione di Zinco nelle stazioni della rete SAMANET**

### Rame

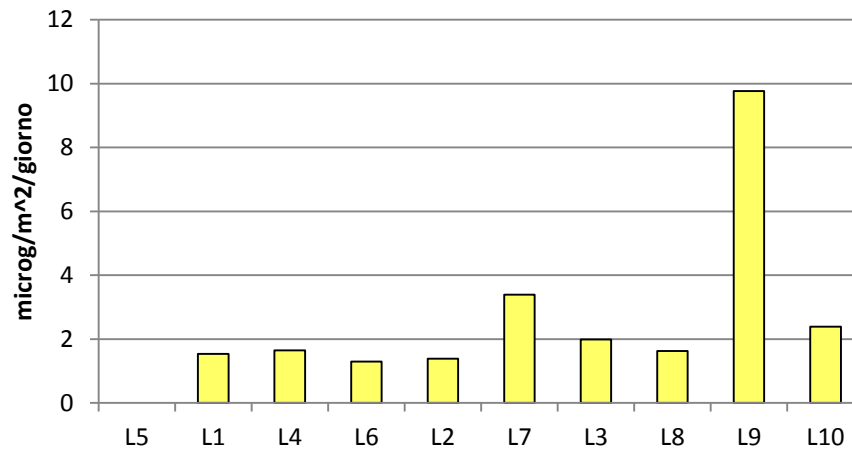


**Figura 14. Tassi medi giornalieri di deposizione di Rame nelle stazioni della rete SAMANET**



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

### Nichel



**Figura 15. Tassi medi giornalieri di deposizione di Nichel nelle stazioni della rete SAMANET**

Sia per il vanadio (fig.9) che per lo zinco (fig.13) la distribuzione dei flussi risulta eterogenea. Per il vanadio i flussi maggiori si hanno nelle stazioni L1, L3 e L10 e sono stati registrati soprattutto nei cicli di misura primaverili-estivi. Per lo zinco i flussi più alti si hanno in L7, L3 e L10 in particolare nei cicli autunno invernali.





**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

**Tabella 3- Tassi medi di deposizione, espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$ , nelle stazioni della rete SAMANET.**

stazione	As	Hg	Cd	Sb	Pb	Ni	Mg	V	Cr	Cu	Fe	Zn
L1	0.46	0.11	0.14	0.26	5.97	1.53	13.45	1.43	0.86	9.55	96.16	56.28
L2	0.43	0.02	0.19	0.46	2.68	1.39	10.70	1.06	0.90	6.29	158.10	22.79
L3	3.74	0.13	0.18	0.21	6.06	1.99	27.24	2.39	1.01	25.76	339.12	59.23
L4	1.27	0.03	0.64	0.67	38.19	1.64	11.74	1.64	0.98	7.05	114.32	44.53
L5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
L6	0.43	0.02	0.12	0.29	1.92	1.29	8.28	1.23	0.63	4.87	97.37	28.13
L7	1.24	0.04	0.16	0.32	11.94	3.39	37.12	2.66	1.90	8.91	893.60	33.58
L8	0.51	0.20	0.15	0.35	10.97	1.63	15.42	1.34	1.10	8.17	138.62	29.55
L9	0.28	0.91	0.34	0.22	4.39	9.77	9.46	1.06	0.69	3.79	84.45	17.00
L10	0.67	0.04	0.16	0.23	9.40	2.39	29.65	2.02	1.09	15.52	288.37	63.77

### **Andamenti temporali delle deposizioni di microinquinanti inorganici**

Modelli di regressione lineare sono stati applicati per verificare la presenza di andamenti temporali dei flussi delle deposizioni atmosferiche. L'analisi statistica è stata condotta a scala lagunare. L'indice di tendenza centrale utilizzato per l'elaborazione è la mediana, che in questo caso, risulta più rappresentativo della media in quanto il coefficiente di variazione è superiore al 50% (ARPAV, 2014). Di tutti i microinquinanti inorganici analizzati solamente arsenico, mercurio, cromo e zinco non evidenziano una tendenza significativa, mentre per tutti si ha una diminuzione significativa dei tassi di ricaduta nel tempo (tab.4 e figg 16-23)



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

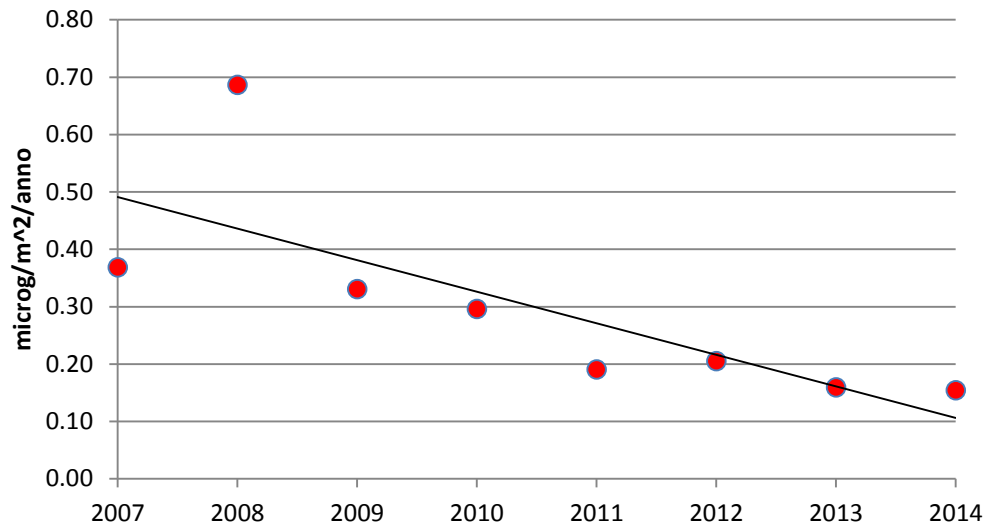
**Tabella 4- Risultati del modello di regressione lineare  $y = ax+b$  ,  $t$  e  $t_{\alpha(0.05, n-2)}$ . In grassetto sono riportate rette di regressione lineare risultate statisticamente significative.**

	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>t</b>	$t_{\alpha(0.05, n-2)}$
As	-0.06	123.6	-1.14	2.45
Hg	0.0002	-0.43	0.20	2.45
Cd	<b>-0.05</b>	<b>110.7</b>	<b>-2.90</b>	2.45
Sb	<b>-0.045</b>	<b>90.9</b>	<b>-5.76</b>	2.45
Pb	<b>-2.24</b>	<b>4538.4</b>	<b>-4.40</b>	2.45
Ni	<b>-0.49</b>	<b>993.2</b>	<b>-6.09</b>	2.45
Mn	<b>-1.37</b>	<b>2778.2</b>	<b>-5.45</b>	2.45
V	<b>-0.2</b>	<b>421.3</b>	<b>-4.37</b>	2.45
Cr	-0.05	117.4	-2.03	2.45
Cu	<b>-0.71</b>	<b>1445.3</b>	<b>-4.28</b>	2.45
Fe	<b>-18.76</b>	<b>37888.2</b>	<b>-3.47</b>	2.45
Zn	-0.66	1375.5	-1.4	2.45



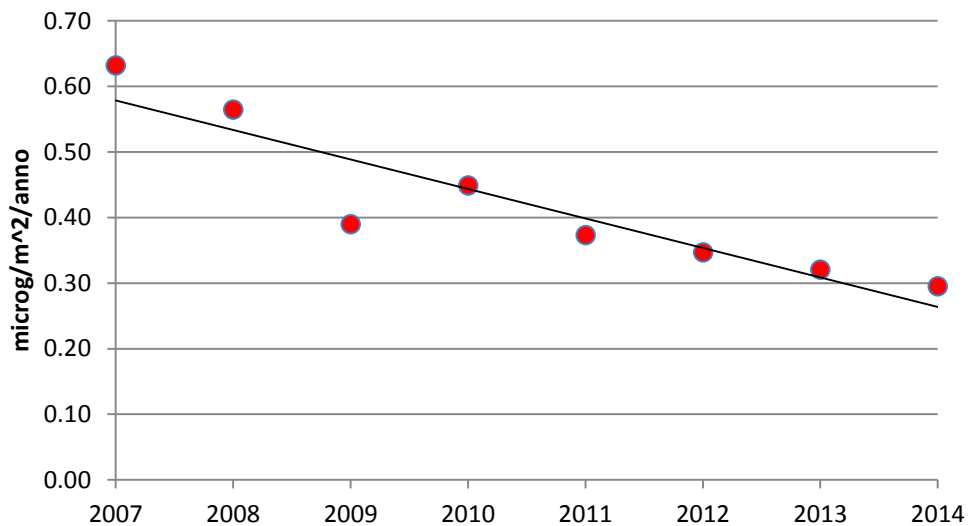
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

### Cadmio



**Figura 16. Cadmio: flussi mediani e linea di tendenza in laguna di Venezia**

### Antimonio

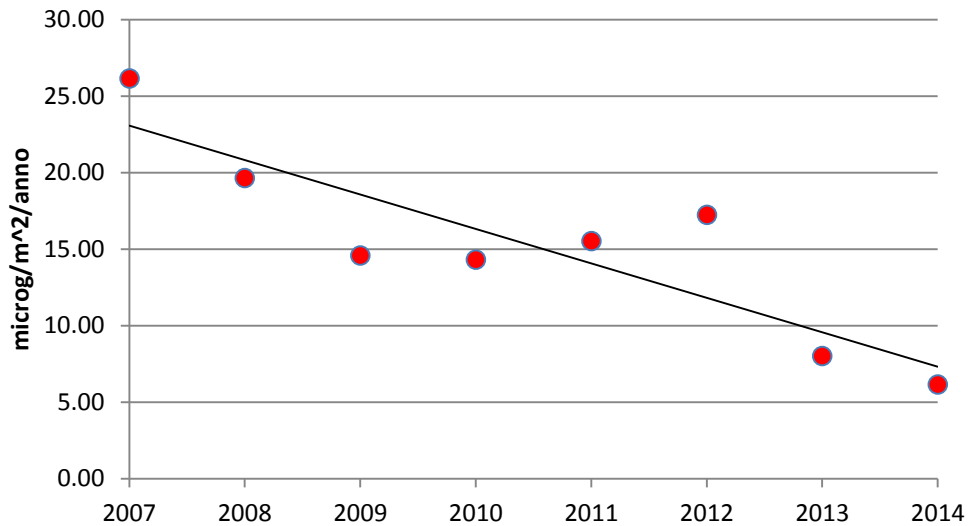


**Figura 17. Antimonio: flussi mediani e linea di tendenza in laguna di Venezia**



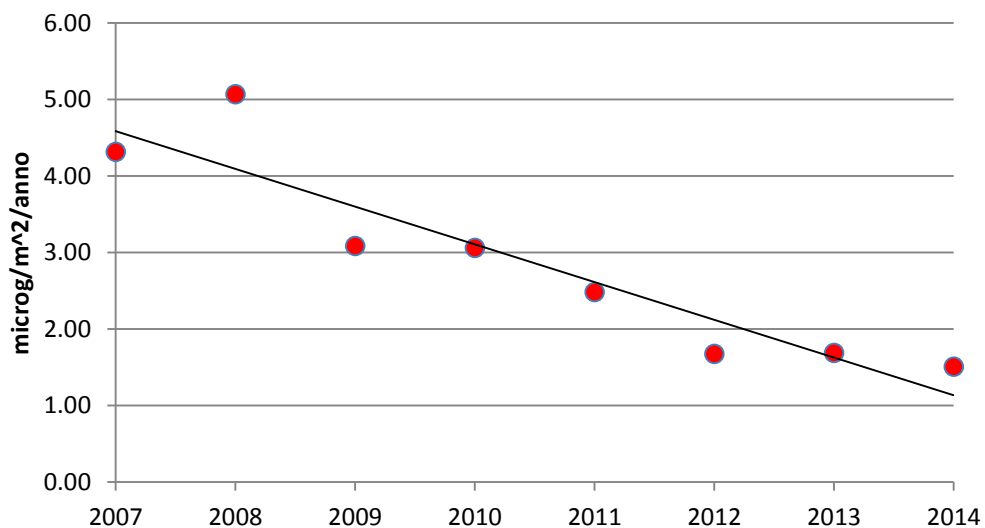
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

### Piombo



**Figura 18. Piombo: flussi mediani e linea di tendenza in laguna di Venezia**

### Nichel

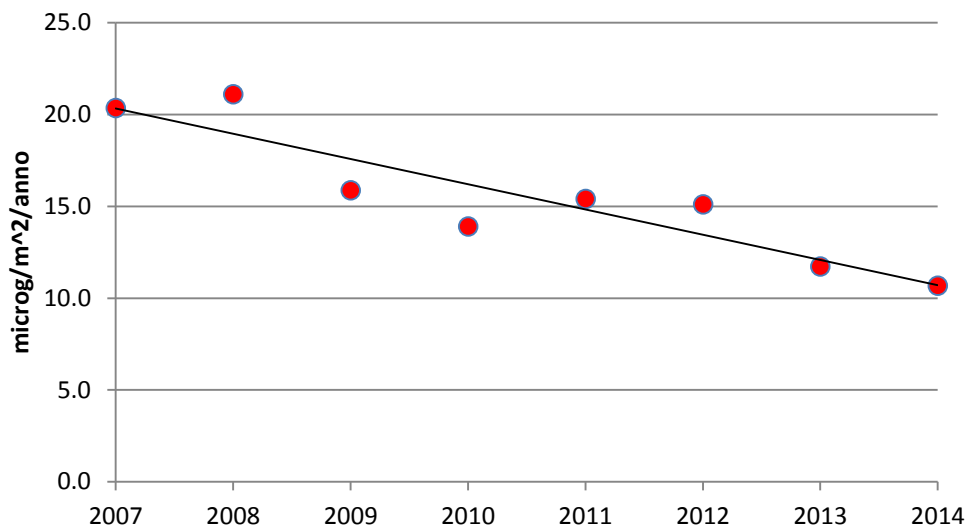


**Figura 19. Nichel: flussi mediani e linea di tendenza in laguna di Venezia**



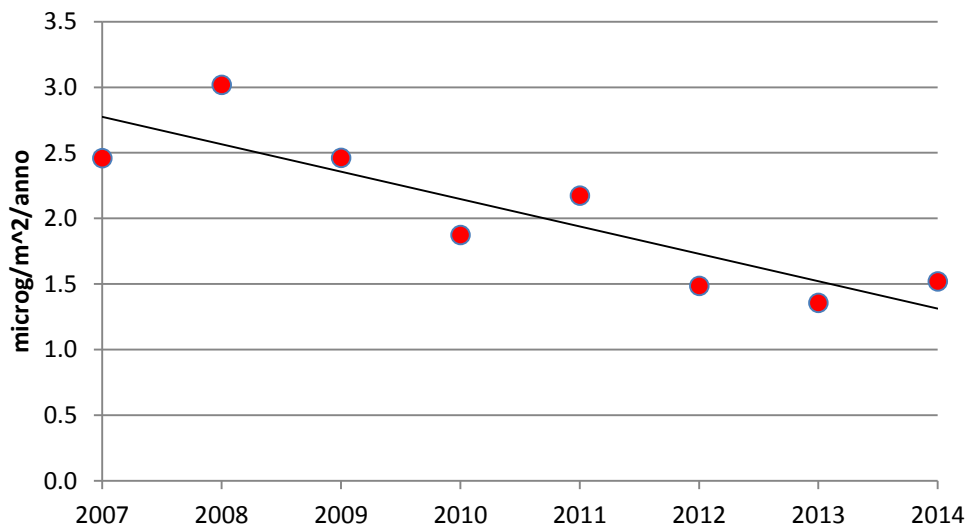
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

### Manganese



**Figura 20. Manganese: flussi mediani e linea di tendenza in laguna di Venezia**

### Vanadio

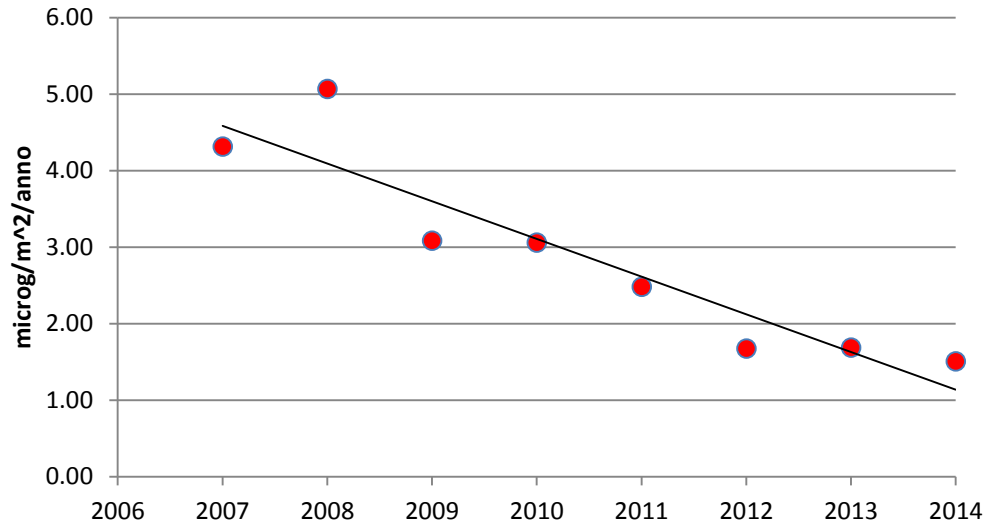


**Figura 21. Vanadio: flussi mediani e linea di tendenza in laguna di Venezia**



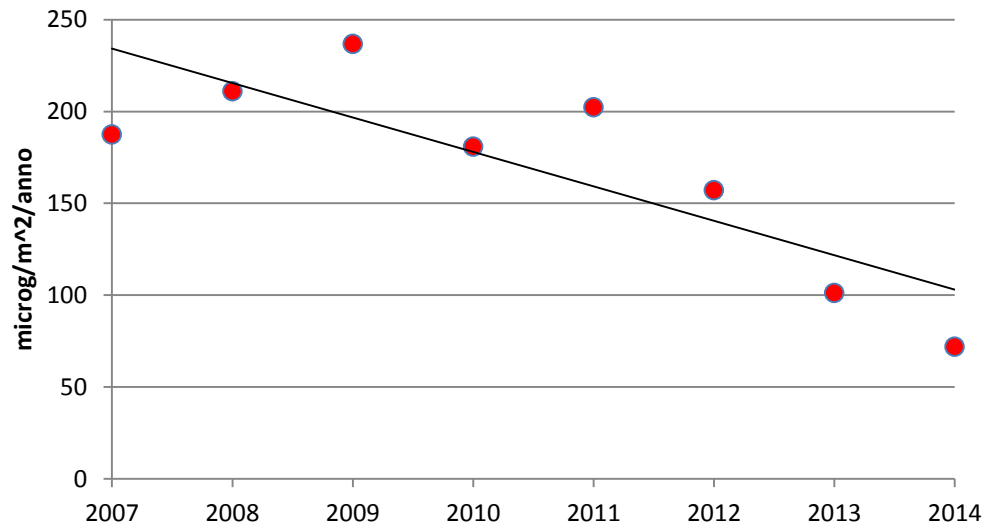
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

### Rame



**Figura 22. Rame: flussi mediani e linea di tendenza in laguna di Venezia**

### Ferro



**Figura 23. Ferro: flussi mediani e linea di tendenza in laguna di Venezia**



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

## **Deposizioni di microinquinanti organici persistenti nella laguna di Venezia**

Gli inquinanti organici persistenti (Persistent Organic Pollutants: POP) sono definiti come sostanze organiche che: posseggono caratteristiche tossiche; sono persistenti; subiscono processi di bioaccumulo; sono propensi al trasporto atmosferico transfrontaliero; sono in grado di causare gravi danni alla salute umana o all'ambiente sia vicino che lontano dalla fonte di emissione (Van der Gon et al. 2007). Il programma di monitoraggio prevede l'analisi di 79 composti raggruppati in cinque famiglie: diossine e furani (PCDD-PCDF); Policlorobifenili (PCB); Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA); Polibromodifeniletere (PBDE); Esaclorobenzene.

I flussi medi giornalieri di deposizione dei diversi microinquinanti organici sono stati calcolati come media dei flussi nelle diverse campagne di monitoraggio. Come per i microinquinanti inorganici, per le determinazioni analitiche inferiori al limite di rilevabilità del metodo è stato posto un valore pari al limite stesso. In tabella 5 sono riportati i flussi medi giornalieri del 2014. Dall'elaborazione sono state escluse le determinazioni di L8 e limitatamente ai PCB, HCB e PBDE in L1, in quanto poco rappresentative, circa il 70 % dei campioni raccolti non è stato analizzato a causa della contaminazione da guano o per problemi tecnici del laboratorio nel caso di L1. Per la rappresentazione grafica è stato assunto L5 come "riferimento" e le altre stazioni sono state distribuite secondo un criterio di distanza crescente da essa.



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

**Tabella 5- Tassi medi di deposizione del 2014 nelle stazioni della rete SAMANET. Le unità di misura sono: pgWHO-TE/m<sup>2</sup>/giorno per PCDD/F e PCBdl; pg/m<sup>2</sup>/giorno per PBC, IPA e PBDE e ng/m<sup>2</sup>/giorno per HCB**

stazione	$\Sigma$ PCDD/F	$\Sigma$ PCBdl	$\Sigma$ PCB	HCB	$\Sigma$ IPA	$\Sigma$ PBDE
L1	1.12				205.23	
L2	0.95	0.27	399	0.12	93.57	332
L3	0.97	0.24	535	0.07	78.50	679
L4	0.93	0.23	700	0.14	167.22	1321
L5	1.12	0.28	4842	0.32	312.41	2191
L6	1.01	0.44	4523	0.28	182.15	1257
L7	0.94	0.21	2103	0.12	199.79	1012
L8						
L9	0.93	0.24	1047	0.12	166.85	787
L10	0.92	0.24	477	0.08	150.59	689

### **Diossine e Furani (PCDD – PCDF)**

Le *diossine* non vengono prodotte intenzionalmente, non avendo alcun utilizzo pratico, ma sono sottoprodotti indesiderati di una serie di processi chimici e/o di combustione. Esse possono originarsi dai processi chimici di sintesi relativi ai composti clorurati e dai processi di combustione non controllata che coinvolgono vari prodotti quali: materie plastiche; termoplastiche; termoindurenti; nonché reflui e rifiuti contenenti composti clorurati.

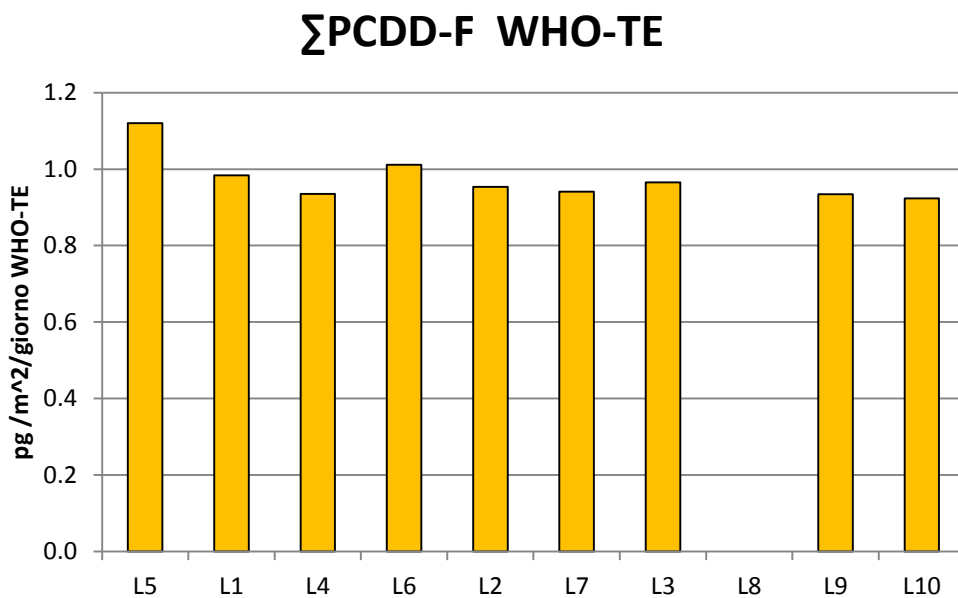
Le diossine sono idrocarburi aromatici clorurati particolarmente stabili e persistenti nell'ambiente, tossici per l'uomo, gli animali e l'ambiente; le diossine e i furani costituiscono infatti due delle dodici classi di inquinanti organici persistenti riconosciute a livello internazionale dall'UNEP. Esistono in totale 75 congeneri di diossine e 135 di furani: di questi però solo 7 PCDD e 10 PCDF destano particolare interesse dal punto di vista tossicologico. Al fine di poterli valutare al meglio è stato adottato il concetto dei fattori di tossicità equivalente (TEF) che permette di esprimere con





**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

un solo numero il loro potenziale tossicologico complessivo (Van Den Berg e al., 1998). Non si evidenzia nessuna fonte particolare di diossine in quanto la distribuzione dei flussi risulta sostanzialmente omogenea in tutta la laguna (fig.24)



**Figura 24. Flussi medi giornalieri di deposizione di PCDD-PCDF nelle diverse stazioni della rete SAMANET**

### **Policlorobifenili (PCB)**

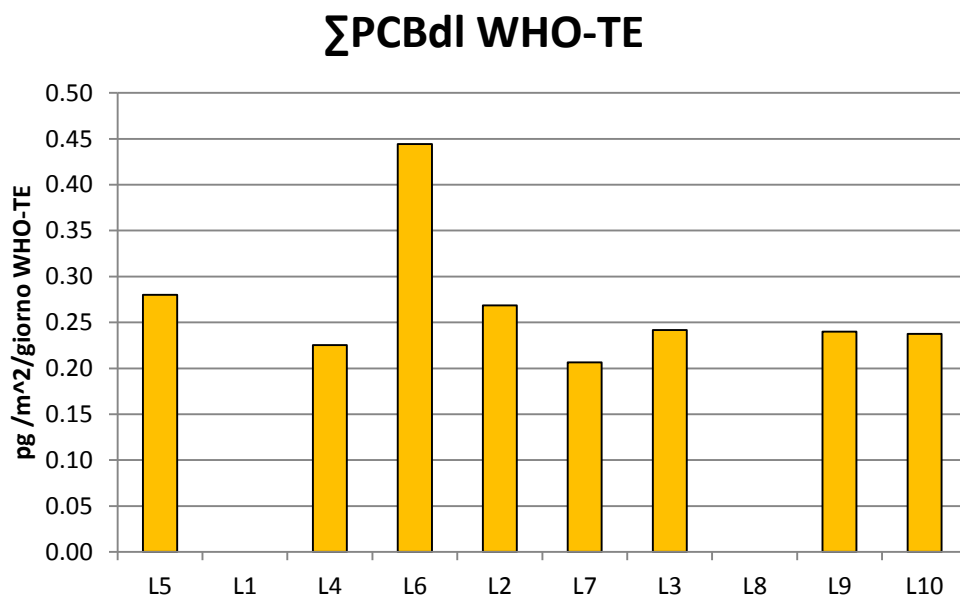
I policlorobifenili sono molecole di sintesi utilizzati in diversi processi industriali. Sono composti molto stabili e persistenti, in ambiente dando fenomeni di bioaccumulo. Dei 209 congeneri possibili ne vengono determinati 35 così suddivisi:

- 12 PCB-dioxin like previsti dal WHO;
- 23 PCB-no dioxin like proposti dall'Istituto Superiore di Sanità (28, 52, 95, 101, 99, 110, 151, 149, 146, 153, 138, 187, 183, 177, 180, 170, 128, 155, 188, 208, 205, 206, 209).



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

I PCB no dioxin-like comprendono la maggioranza dei congeneri che si ritrovano generalmente nelle catene alimentari. La maggior parte di essi interferisce con il sistema endocrino, con le citokine e con i neurotrasmettitori, ma le differenze mostrate nella persistenza e nei meccanismi di bioaccumulo e di tossicità, ne impediscono ancora oggi l'utilizzo dell'approccio basato sui TEQ (La Rocca et al., 2006). Invece i PCBdl hanno comportamenti simili alle diossine che consente un approccio basato sul concetto della tossicità equivalente. Come per le diossine la distribuzione dei flussi di PCBdl, espressi in unità tossicologiche, non evidenzia fonti principali ma una contaminazione diffusa su tutta la laguna. Il picco di L6 è dovuto ad un hotspot registrato nel primo ciclo di misura con valori di 1.25 pg/m<sup>2</sup>/giorno in WHO-TE, in tutte le altre determinazioni il flusso misurato è compreso tra 0.28-0.22 pg/m<sup>2</sup>/giorno in WHO-TE (fig.25).



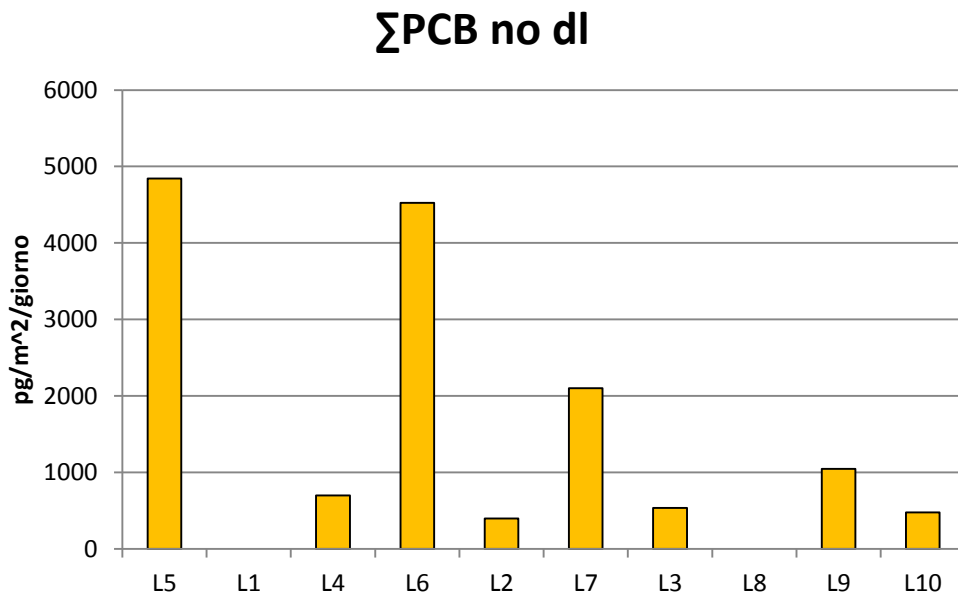
**Figura 25. Flussi medi giornalieri di deposizione di PCB-DL nelle diverse stazioni della rete SAMANET**

Per i PCB non dioxin like la situazione è caratterizzata da alti flussi in area industriale (L5) di ben superiori a quelli rilevati nelle altre stazioni (fig.26). Per L6 il valore medio risulta influenzato, come



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

per i PCDDl, dal flusso misurato nella prima campagna. In tutti i casi i flussi maggiori di PCB sono stati rilevati nei mesi invernali.



**Figura 26. Tasso medio giornaliero di deposizione della sommatoria dei PCB no dioxin like nelle diverse stazioni della rete SAMANET**

### **Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)**

Gli IPA sono un gruppo molto eterogeneo, che hanno origine dalla combustione incompleta di materiali organici, in particolare il legno ed i combustibili fossili, come il carbone e il petrolio. Sono molto diffusi nell'ambiente. Il benzo(a)pirene è il composto a più elevata tossicità e per questo viene spesso utilizzato come tracciante nello studio dell'inquinamento ambientale da IPA.

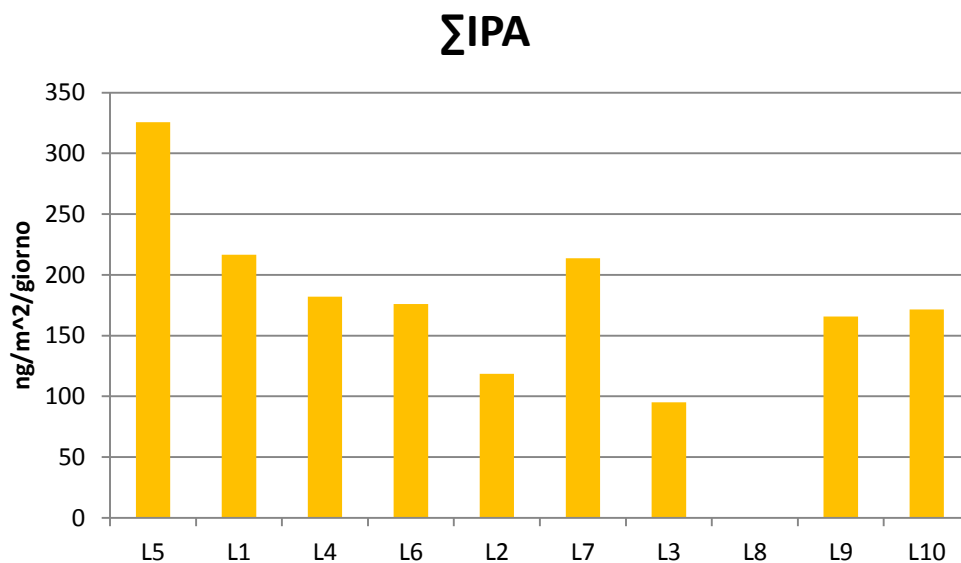
Gli IPA oggetto di indagine sono: Naftalene; Acenaftilene; Acenaftene; Fluorene, Fenantrene; Antracene; Fluorantene; Pirene; Benzo(e)pirene; Perilene; Benzo(a)antracene; Crisene; Benzo(b)fluorantene; Benzo(k)fluorantene; Benzo(a)pirene; Indeno(1,2,3,cd)pirene; Dibenz(a,h)antracene; Benzo(g,h,i)perilene.

Il sito industriale di L5 presenta il flusso maggiore di IPA, mentre per le altre stazioni la situazione è abbastanza omogenea, i siti di L2 e L3 presentano i flussi di ricaduta più bassi (fig.27). Anche per il

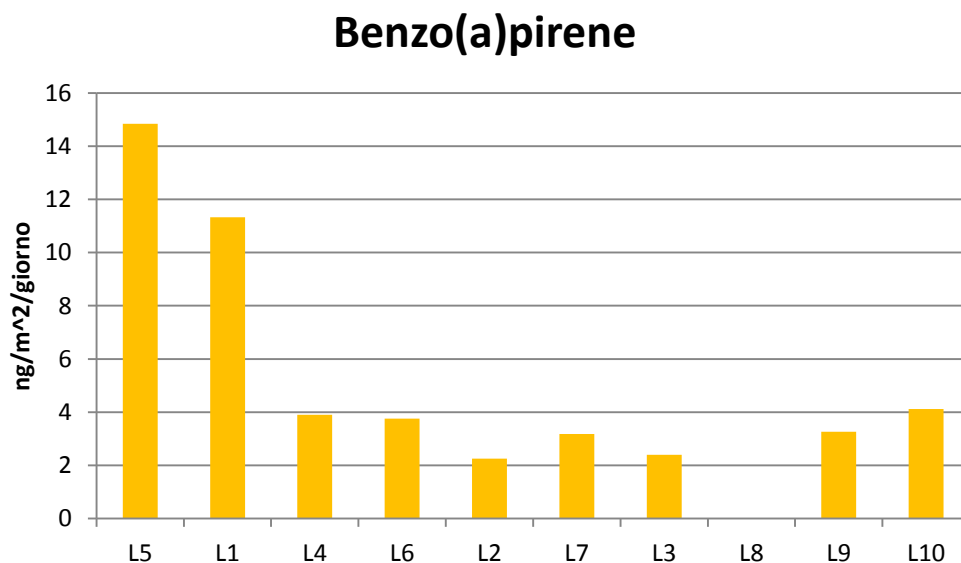


**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

benzo(a)pirene le stazioni vicine al centro industriale di porto Marghera (L5, L1) presentano i flussi maggiori, mentre i flussi medi delle altre stazioni sono compresi tra i 2 ed i 4 ng/m<sup>2</sup>/giorno (fig.28).



**Figura 27. Tassi medi giornalieri di deposizione degli idrocarburi policiclici aromatici.**



**Figura 28. Tassi medi giornalieri di deposizione di benzo(a)pirene**

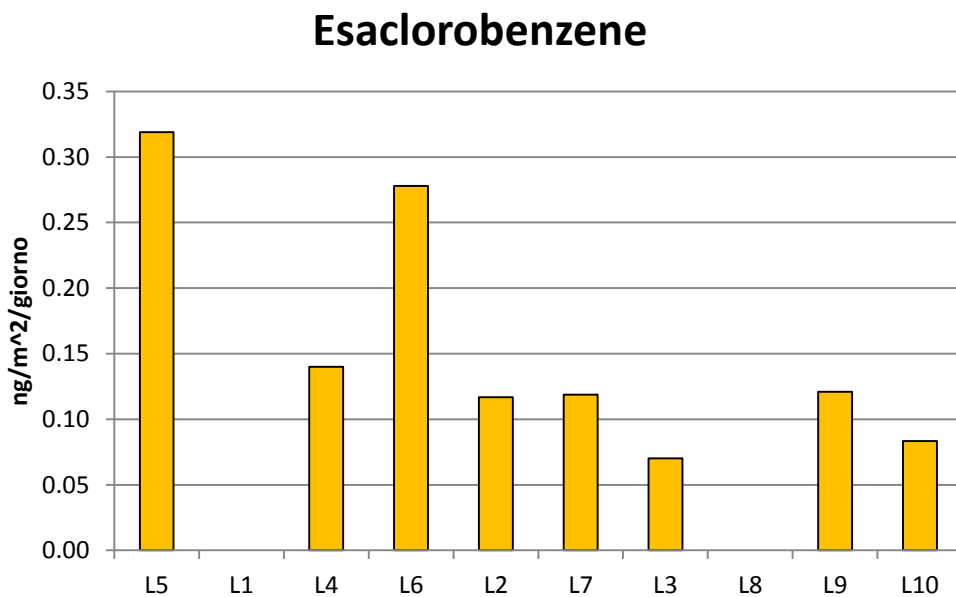


**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

La miscela degli IPA in laguna di Venezia è pressoché costante ed è costituita per più del 50% da fluorantene, fenantrene e pirene. La presenza di benzo(a)pirene è circa il 2% in tutte le stazioni tranne per L5 dove raggiunge mediamente valori del 5%. Per quest'ultima molecola ciò potrebbe esser dovuto al comportamento in atmosfera. Infatti vari studi hanno dimostrato che il benzo[a]pirene, benzo[a]antracene e antracene vengono fotossidati più velocemente di altri isomeri o IPA comunemente misurati (Kamens et al., 1986, 1988; Masclet et al., 1995; Behymer and Hites, 1988).

### Esaclorobenzene (HCB)

L'esaclorobenzene è uno dei principali sottoprodotti nei processi di produzione degli idrocarburi clorurati ancora presenti a Porto Marghera. La stazione L5 di Tresse in piena area industriale si conferma esser quella con i flussi più alti. Come per altri POP in L6 i valori di flusso medio giornaliero sono fortemente influenzati dal valore misurato nel primo ciclo di misura (fig. 29).



**Figura 29. Tassi medio giornaliero di deposizione dell'Esaclorobenzene**



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

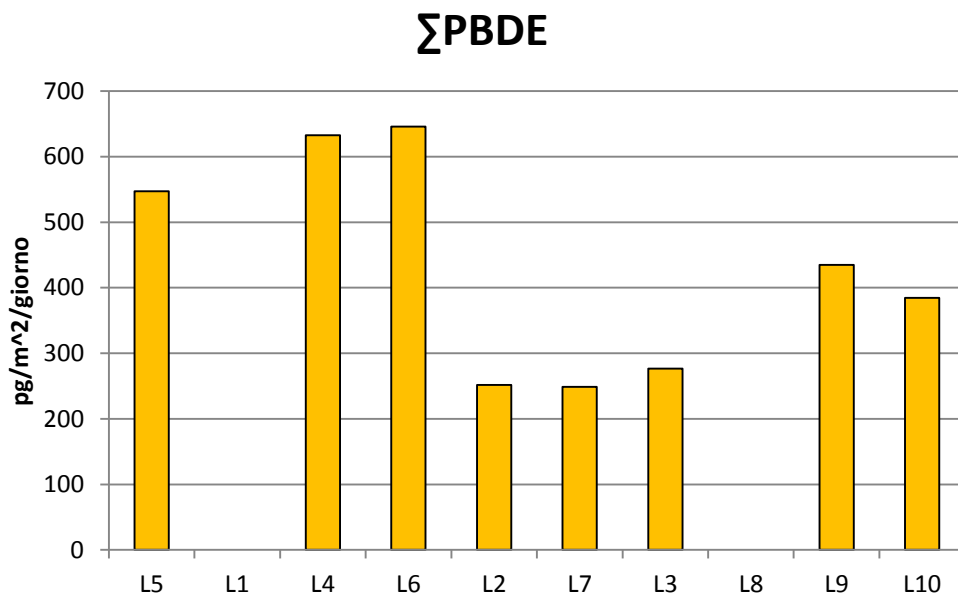
## **Poli Cloro Difenil Etere (PBDE)**

I PBDE sono molecole organiche polibromurate utilizzate come ritardanti di fiamma. Dato il loro basso costo di produzione e l'alta efficienza sono ampiamente utilizzate nei processi produttivi di plastiche, resine e gomme.

I congeneri analizzati ed anche i più diffusi sono: BDE-28; BDE-47; BDE-99; BDE-100; BDE-153; BDE-154; BDE183 e BDE 209. A partire dal secondo ciclo di misura gli ultimi due congeneri non sono più oggetto di indagine e conseguentemente esclusi dall'elaborazione.

Come struttura e caratteristiche risultano essere molto simili a diossine e PCB, con le quali hanno in comune la pericolosità già in concentrazioni estremamente basse. Inoltre possono anch'essi dare origine a fenomeni di bioaccumulo (Kierkegaard et al, 2007).

I tassi di ricaduta più elevati sono stati registrati nelle stazioni in prossimità del centro urbano di Venezia L4 e L6 a seguire il sito industriale L5, nelle altre stazioni la distribuzione dei flussi risulta eterogenea (fig.30).



**Figura 30. Tassi giornalieri di deposizione della sommatoria di Poli Bromo Difenil Etere.**

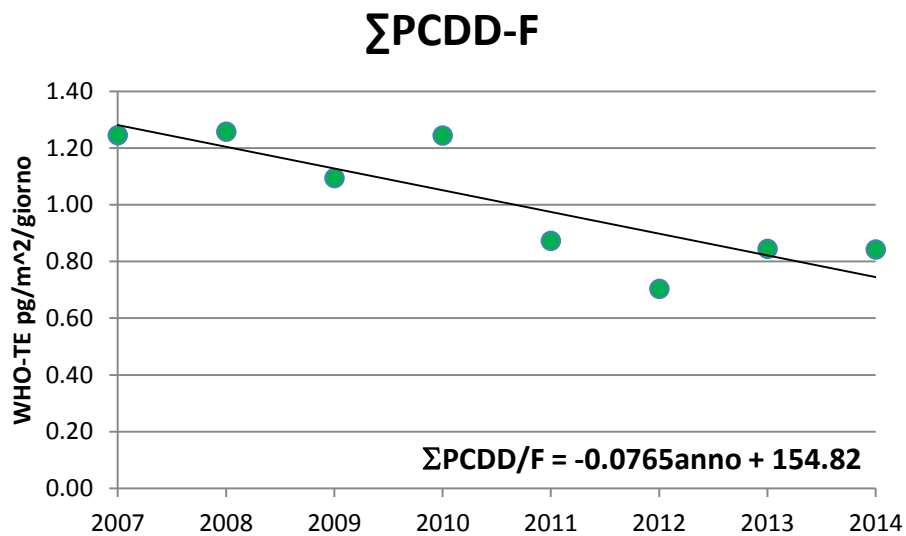


**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

## Andamenti temporali delle deposizioni di microinquinanti organici

Anche per i microinquinanti organici l'andamento temporale dei valori medi dei flussi di ricaduta è stato sottoposto ad analisi mediante modelli di regressione lineare per verificare la presenza di andamenti statisticamente significativi.

Solo per le diossine si ha un trend negativo significativo (fig,31), le altre famiglie non mostrano nessuna tendenza temporale.



**Figura 31.  $\Sigma$  PCDD/F: flussi medi e coefficienti della retta di regressione lineare in laguna di Venezia**



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

## **Considerazioni conclusive**

I flussi di deposizione in laguna di Venezia sono caratterizzati da una ampia variabilità e questo può esser attribuito principalmente ai fenomeni atmosferici (inversione temperatura, stagnazione delle masse d'aria) che influenzano in maniera significativa la dispersione e la deposizione dei microinquinanti, tanto quanto le fonti di emissione (Mijic *et al.* 2010).

Il quadro che emerge dal monitoraggio delle deposizioni del 2014 riconferma quanto già evidenziato negli anni precedenti. Una contaminazione diffusa a livello lagunare per le diossine ed i PCB. Il sito L5 ha i flussi più alti di IPA ed esaclorobenzene indicando nelle attività ancora presenti in Porto Marghera la fonte di emissione di queste molecole.

Il sito urbano di Venezia L4 è caratterizzato da alti flussi di piombo, cadmio, antimonio e PBDE.

Dato significativo è il trend negativo dei flussi di: cadmio; antimonio; piombo; manganese; nichel; vanadio e diossine.





**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

## Bibliografia

1. ARPAV (2014). Analisi dei livelli di fondo naturale per alcune sostanze presenti nelle acque sotterranee della falda superficiale dell'acquifero differenziato del bacino scolante in laguna di Venezia (bacino deposizionale del Brenta).
2. Bettiol C, Collavini F, Guerzoni S, Molinaroli E, Rossini P, Zaggia L, Zonta R (2005). Relative contribution of atmospheric and riverine inputs of metals, nutrients and POP's into the lagoon of Venice. *Hydrobiologia* 550:151-165
3. Behymer T.D., Hites R.A., 1988. Photolysis of polycyclic aromatic hydrocarbons adsorbed on fly ash. *Environ. Sci. Technol.* 22, 1311-1319
4. Carrera F., Cerasuolo M., Tomasin A., Canestrelli P. (1995). La nebbia a Venezia nel quarantennio 1951– 1990 Analisi comparata degli andamenti di visibilità, pressione, temperatura e vento. *Rapporti e Studi vol. 12. Lettere ed Arti Istituto Veneto di Scienze*; 1995. p. 235– 71.
5. Di Domenico A, Turrio Baldassarri L, Ziemacki D, De Felip E, Ferri F, Iacovella M (1997) Selected carcinogenic organic microcontaminants and heavy metals in Venice Lagoon. *Organohal Comp* 34:54-60.
6. Guerzoni S, Rampazzo G, Molinaroli E, Rossini P (2005). Atmospheric bulk deposition to the lagoon of Venice: Part II, source apportionment analysis near industrial district of Porto Marghera, Italy. *Environmental International* 31 (2005) 975-982.
7. Kamens R.M., Fulcher J.N., Guo Z., 1986. Effects of temperature on wood soot PAH decay in atmospheres with sunlight and low NO<sub>x</sub>. *Atmos. Environ.* 20, 1579-1587
8. Kamens R.M., Guo Z., Fulcher J.N., Bell D.A., 1988. Influence of humidity, sunlight and temperature on the daytime decay of polyaromatic hydrocarbons on atmospheric soot particles. *Environ. Sci. Technol.* 22, 103-108
9. Kierkegaard A, Asplund L, De Wit CA, McLachlan MS, Thomas GO, Sweetman AJ, et al. Fate of higher brominated PBDEs in lactating cows. *Environ Sci Technol* 2007;41:417–23.
10. La Rocca C., Mantovani A. (2006). From environment to food: the case of PCB. *Ann. Ist. Super. Sanità.* 42 (4): 410-416



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

11. Marcomini A., Della Sala S., Ferrari G., Giacometti A., Guerzoni, Raccanelli S. *“Preliminary Budget of Dioxins and Dioxin-like PCBs in the Lagoon of Venice.”* Organohalogen Compounds 41 (1999): 481-485.
12. Masplet P., Cachier H., Liousse C., Wortham H., 1995. Emission of polycyclic aromatic hydrocarbons by savanna fires. *J. Atmos. Chem.* 22, 41-54.
13. Menichini E. (1994), *“Polycyclic aromatic hydrocarbons: identity, physical and chemical properties, analytical methods”*. Rapporti ISTISAN 94/5.
14. Mijić Z., Stojić A., Perisić M., Rajsčić S., Tasić M., Radenković M., Joksić J. (2010). Seasonal variability and source apportionment of metals in the atmospheric deposition in Belgrade. *Atmospheric Environment* 44 (2010), 3630-3637
15. Rossini P<sup>(a)</sup>., Guerzoni S., Molinaroli E., Rampazzo G., De Lazzari A., Zancanaro A. (2005), *“Atmospheric bulk deposition to the lagoon of Venice Part I. Fluxes of metals, nutrients and organic contaminants”*, *Environmental International* 31 (2005) 959-974.
16. Rossini P<sup>(b)</sup>., Guerzoni S., Matteucci G., Gattolin M., Ferrari G., Raccanelli S., *“Atmospheric fall-out of POPs (PCDD-Fs, PCBs, HCB, PAHs) around the industrial district of Porto Marghera, Italy”*, *Science of the Total Environment* 349 (2005) 190-200.
17. Rossini P., Matteucci G., Guerzoni S., *“Atmospheric fall-out of metals around Murano glass-making district (Venice, Italy)”*, *Environmental Science Pollution Research* (2009). DOI 10.1007/S11356-009-0122-8.
18. Van Den Berg M, Birnbaum LS, Bosveld BTC, Brunstrom B, Cook M, Feeley M, et al., *“Toxic equivalency factor (TEFs) for PCBs PCDDs for humans and wildlife”*, *Environ Health Perspect* 1998; 106-775-9.
19. Van der Gon H.D., Van het Bolscher M., Visschedijk A., Zandveld P., (2007). Emission of persistent organic pollutants and eight candidate POPs from UNECE-Europe in 2000, 2010 and 2020 and the emission reduction resulting from the implementation of the UNECE POP protocol. *Atmospheric Environment*, 41(40), 9245-9261.
20. Wenning R, Dodge D, Peck B, Shearer K, Luksemburg W, Della Sala S (2000). Screening-level ecological risk assessment of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in sediments and aquatic biota from the Venice Lagoon, Italy. *Chemosphere* 40:1179-1187.