



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
MAGISTRATO ALLE ACQUE

*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado  
e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*

**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

# IL MONITORAGGIO SAMANET DELLE DEPOSIZIONI ATMOSFERICHE NELLA LAGUNA DI VENEZIA



## ANNO 2010

Sezione Antinquinamento - S. Polo 737 - 30125 - VENEZIA - Tel. 041/794370-041/794443 - Fax 041/5286706

<http://www.magisacque.it>



MAGISTRATO ALLE ACQUE  
  
Laboratorio  
Centro Studi Microinquinanti Organici





**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
MAGISTRATO ALLE ACQUE**

*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado  
e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*

**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

**Il Dirigente dell'Ispettorato**

**Giampietro Mayerle**

**Responsabile del progetto**

**Giorgio Ferrari**

**Responsabile scientifico**

**Andrea Berton**

**Coordinamento e Servizio Qualità**

**Elisabetta Pisaroni, Michela Carlon**

**Collaboratori**

**Fabio Aidone, Christian Badetti, Massimo Berti, Sebastiano Bertini, Alessandra Carelse, Claudio Carrer, Sebastiano Carrer, Maria Costantino, Moreno Dalla Palma, Luca Favaretto, Loretta Gallochio, Alessandro Gurato, Stefano Marcon, Desdemona Oliva, Antonio Petrizzo, Vittorio Roccabella**

---

**Sezione Antinquinamento - S. Polo 737 - 30125 - VENEZIA - Tel. 041/794370-041/794443 - Fax 041/5286706**

<http://www.magisacque.it>



MAGISTRATO ALLE ACQUE  
  
Laboratorio  
Centro Studi Microinquinanti Organici





**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

## Sommario

Introduzione .....	5
La rete di monitoraggio SAMANET .....	5
Attività di campionamento e misura 2010 .....	9
Analisi dati meteorologici .....	11
Deposizioni di inquinanti inorganici nella laguna di Venezia .....	15
Stima dei carichi complessivi dei contaminati inorganici in laguna.....	27
Stima dei carichi complessivi dei contaminati inorganici in laguna.....	27
Deposizioni di microinquinanti organici nella laguna di Venezia .....	28
Diossine e Furani (PCDD – PCDF).....	29
Policlorobifenili (PCB).....	31
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).....	34
Esaclorobenzene (HCB) .....	36
Poli Cloro Difenil Etere (PBDE) .....	37
Altri POP's in laguna di Venezia.....	40
Pesticidi Organo Clorurati (POC).....	40
Fenoli .....	42
Ftalati .....	43
Idrocarburi clorurati.....	45



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
MAGISTRATO ALLE ACQUE**

*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado  
e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*

**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

Atrazina.....	46
Campagna straordinaria per il monitoraggio dell'eruzione del vulcano Eyjaffjallajökull.....	47
Considerazioni conclusive .....	47
Bibliografia .....	48



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

## Introduzione

L'ambiente per motivi di studio spesso viene suddiviso in grandi comparti: atmosfera; l'idrosfera e litosfera e questo a volte porta a trascurare le interazioni che avvengono tra i diversi comparti.

Per molti anni il ruolo delle deposizioni atmosferiche in laguna di Venezia, sul deterioramento ambientale è stato posto in secondo piano, nonostante molti autori riportassero come l'atmosfera sia un importante veicolo per la diffusione di sostanze naturali ed inquinanti aerodisperse, con possibili impatti ambientali nei luoghi di ricaduta (Mosello et al., 1988).

Solo recentemente sono stati condotti numerosi studi focalizzati sui potenziali rischi per la salute umana e per gli ecosistemi dalla presenza di microinquinanti persistenti quali metalli in tracce e organici in Laguna di Venezia (Di Domenico et al. 1997; Wenning et al. 2000) e molti autori hanno evidenziato l'importante ruolo delle deposizioni atmosferiche nella dinamica di questi microinquinanti persistenti in laguna di Venezia (Bettiol et al. 2005; Guerzoni et al. 2005; Rossini et al. 2005<sup>(a,b)</sup>).

Il programma di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche della Sezione Antinquinamento del Magistrato alle Acque – SAMA è rivolto alla caratterizzazione e alla quantificazione della ricadute atmosferiche dei contaminanti organici ed inorganici in laguna di Venezia.

## La rete di monitoraggio SAMANET

La rete per il monitoraggio delle deposizioni atmosferiche è attiva dal 2003, inizialmente solamente con tre stazioni, e dal 2007 con dieci stazioni di misura (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 presenti in laguna ovvero da aree fortemente influenzate dalle attività industriali ad aree urbane con diversi livelli di antropizzazione.

I sistemi di raccolta sono dei campionatori passivi di tipo "Bulk" che raccolgono sia le deposizioni secche dovute alla caduta gravitazionale delle particelle, sia quelle umide veicolate dalla precipitazioni (Fig. 2), posti ad un'altezza di 5 metri rispetto al livello medio mare.



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

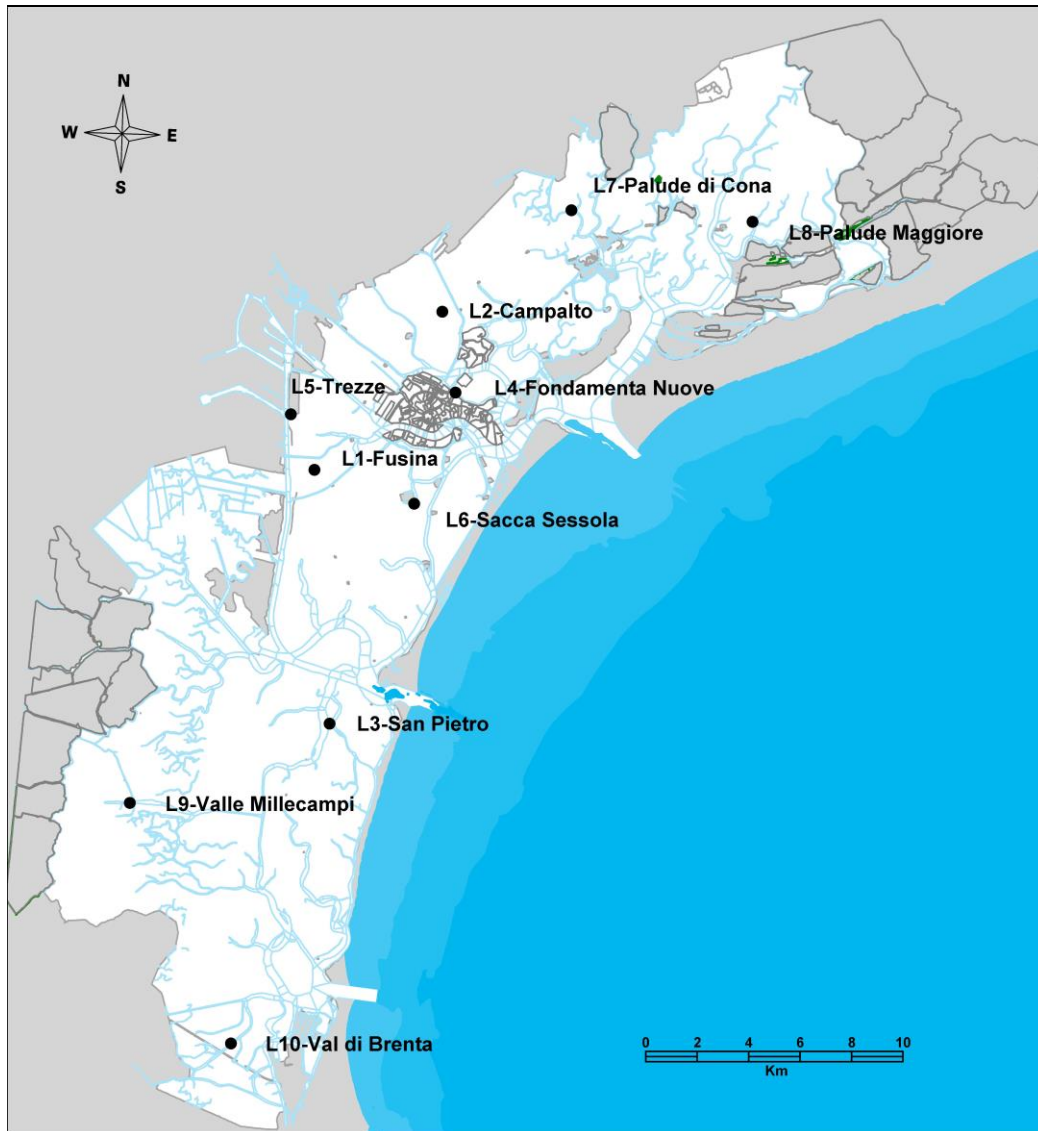
I campionatori sono costituiti da una struttura cilindrica in materiale polimerico ad alta resistenza. Per minimizzare il riscaldamento del campione raccolto, la struttura è di colore chiaro e tra il tubo ed il sistema di raccolta vi è una intercapedine d'aria. All'interno sono alloggiati i contenitori di raccolta del campione realizzati in materiale idoneo al tipo di contaminante da determinare. Quelli per la determinazione dei flussi di microinquinanti organici sono in vetro *pyrex*, mentre per i contaminanti inorganici sono in polietilene. Tutte le bottiglie ed imbuti, prima di essere posti in esercizio, subiscono un trattamento completo e specifico di pulizia al fine di eliminare il rischio di contaminazione dei campioni. Per evitare che la struttura venga utilizzata come posatoio dagli uccelli marini normalmente presenti in laguna ogni deposimetro è dotato di dissuasori passivi.

La validità dei campionatori "bulk" è stata ampiamente documentata in letteratura (Horstmann e Mclachlan, 1997) e, recentemente recepita anche a livello legislativo nel decreto n. 152 del 3 agosto 2007 "Attuazione della direttiva 2004/107/CE concernente l'Arsenico, il Cadmio, il Mercurio, il Nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente".

Il programma di campionamento in linea generale prevede cicli di raccolta delle deposizioni di circa sessanta giorni. Tale periodo di esposizione può essere modificato in base alle esigenze dovute ad eventi particolari.



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUAMENTO**



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



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**



**Figura 2.** La stazione Ve-6 a Saccasessola con la coppia di deposimetri “bulk” per la raccolta delle ricadute atmosferiche.





**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUAMENTO**

I parametri oggetto di indagine per la frazione inorganica sono:

Arsenico (As)	Cadmio (Cd)
Antimonio (Sb)	Piombo (Pb)
Rame (Cu)	Mercurio (Hg)
Zinco (Zn)	Ferro (Fe)
Nichel (Ni)	Cromo (Cr)
Vanadio (V)	Manganese (Mn)

Il programma di monitoraggio dell'UTA del Magistrato alle Acque per la frazione organica, generalmente identificata con l'acronimo POP's (Persistent Organic Pollution) prevede la ricerca di:

- 7 congeneri di diossine (PCDD),
- 10 congeneri di furani (PCDF),
- 29 congeneri di policlorobifenili (PCB),
- 18 idrocarburi policiclici aromatici (IPA)
- l'esaclorobenzene (HCB).

Nel 2010 la lista dei POP's indagati è stata ampliata aggiungendo alla lista altri 6 congeneri di PCB, 8 congeneri di polibromo difenil eteri, 6 congeneri di ftalati, 10 congeneri di idrocarburi clorurati, 12 diverse molecole di pesticidi organo clorurati, 10 congeneri di fenoli e atrazina per un totale di 118 determinazioni a campione.

## **Attività di campionamento e misura 2010**

Nel corso del 2010 sono state effettuate sei campagne di monitoraggio ordinarie nelle dieci stazioni della rete (Tabella 1) ed una straordinaria nel mese di aprile per monitorare gli eventuali



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

effetti dell'attività eruttiva del vulcano Islandese Eyjafjallajökull sulle deposizioni atmosferiche in laguna di Venezia.

**Tabella 1- Campagne di misura nel 2010**

	INIZIO	FINE	GIORNI DI RACCOLTA
1	14 gennaio	30 marzo	75
2	30 marzo	28 aprile	29
3	28 aprile	8 giugno	41
4	8 giugno	27 luglio	49
5	27 luglio	29 settembre	64
6	29 settembre	30 novembre	62
7	30 novembre	28 gennaio 2011	59

L'organizzazione del monitoraggio secondo campagne bimestrali ha consentito di mantenere frequenze di campionamento e analisi compatibili con l'impegno delle risorse disponibili e, nel contempo, di disporre di serie di dati sufficienti per poter elaborare stime di ricaduta su base annua per tutta la laguna.

Va segnalato che nel corso del 2010 due stazioni della rete di monitoraggio sono state oggetto di atti vandalici che hanno portato, oltre al danno economico, la disattivazione temporanea delle stazioni. Quest'ultime sono L3 (San Piero in Volta) e L10 (Chioggia) con la perdita, rispettivamente, dei campioni relativi al secondo ciclo di misura per la prima e dal secondo al quarto ciclo per la seconda.

Inoltre non sempre è stato possibile analizzare tutti i campioni raccolti, in quanto una parte di essi sono stati scartati a causa di contaminazioni accidentali dovute principalmente alle deiezioni degli uccelli marini. Complessivamente, la percentuale di campioni scartati nel corso delle campagne del



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUAMENTO**

2010 è stata del 8% sia per i campioni destinati all'analisi dei microinquinanti inorganici, che per i POP's.

## Analisi dati meteorologici

Per l'analisi dei principali parametri meteorologici sono stati utilizzati i dati raccolti dalla rete di monitoraggio dei dati meteorologici MAV-CVN. La rete consta di otto stazioni in laguna di Venezia (fig. 3) che misurano con frequenza oraria la temperatura dell'aria, la direzione e la velocità del vento, la precipitazione atmosferica e l'umidità relativa.



**Figura 3. Dislocazione delle stazioni della rete meteo MAV-CVN.**



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
MAGISTRATO ALLE ACQUE**

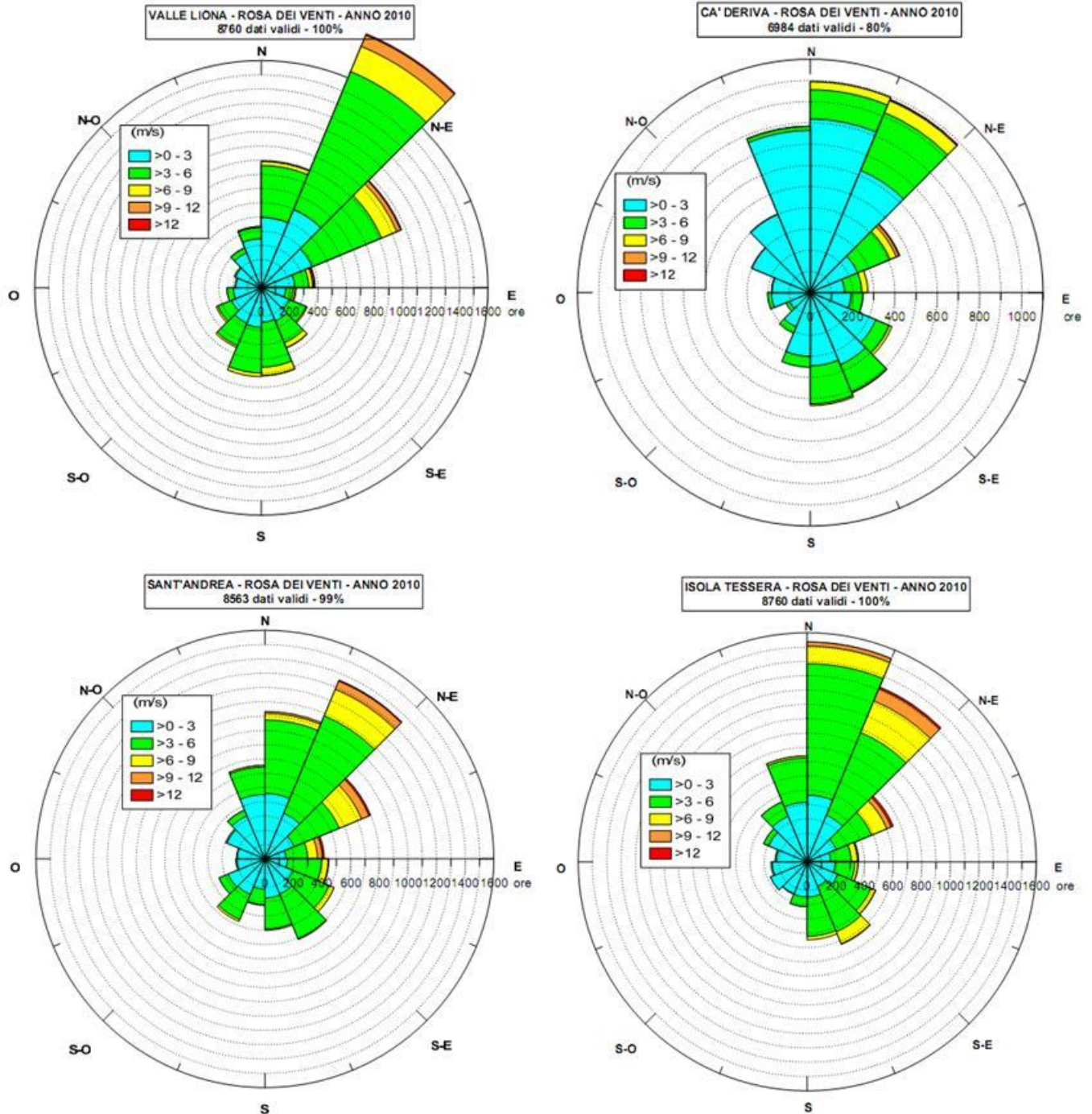
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado  
e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

Durante il periodo di studio, la direzione prevalente del vento era dai quadranti nord-orientali e la maggior parte delle misurazioni rientravano nelle classi di calma di vento (0-3 m/s) o velocità moderata (3-6 m/s) (fig.4), risulta ciò è in accordo con le condizioni anemometriche tipiche dell'area (Carrera *et al*, 1995).



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
MAGISTRATO ALLE ACQUE**

*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado  
e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia  
UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO*

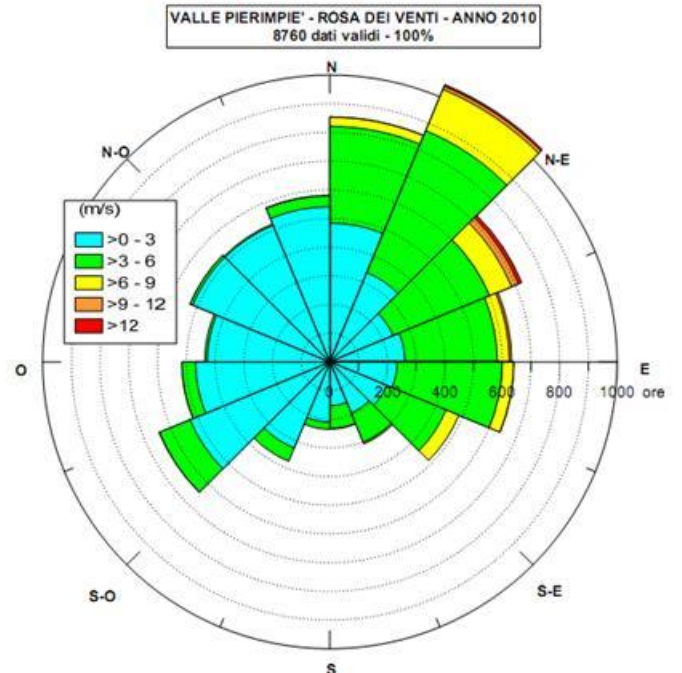
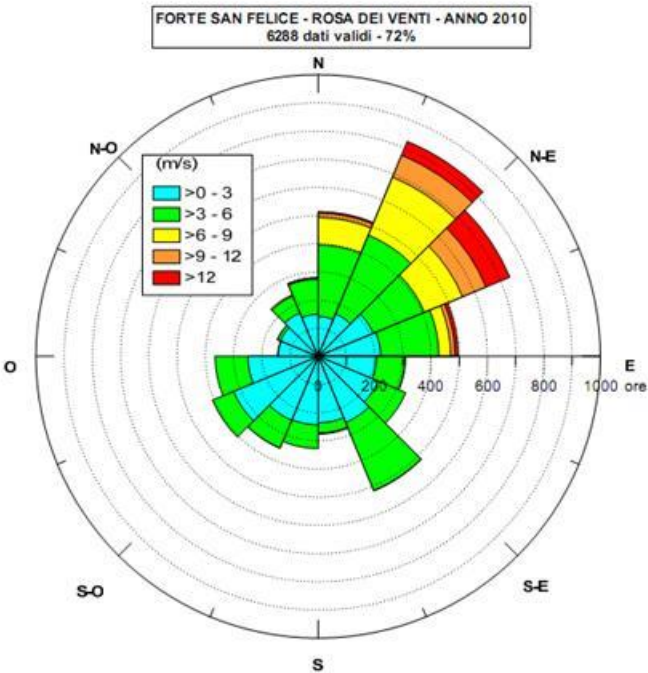
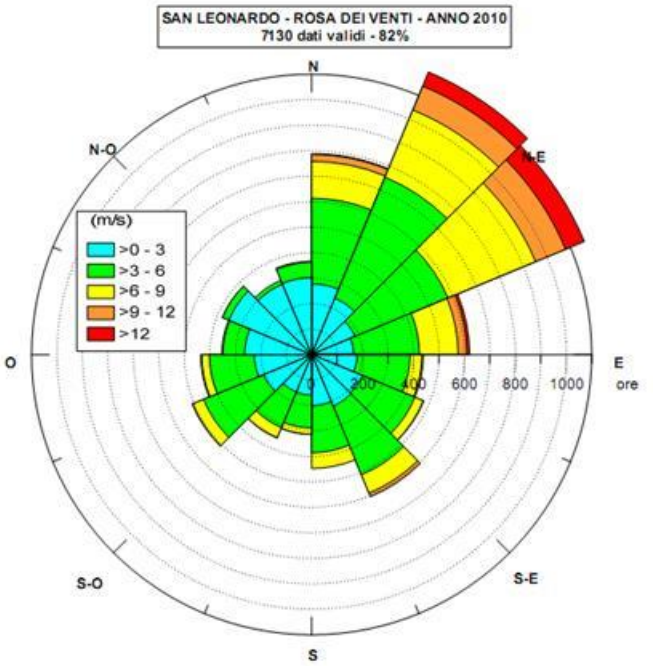
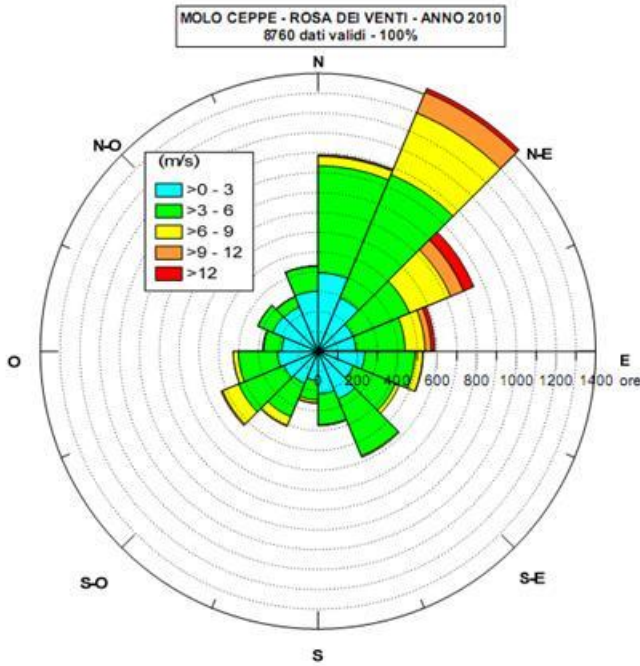




**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
MAGISTRATO ALLE ACQUE**

*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado  
e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*

**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**





**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

**Figura 4. Rosa dei venti dominanti in laguna di Venezia nel 2010 (dati MAV-CVN).**

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

Il flusso di deposizione giornaliero medio ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$ ) è stato calcolato mediando i flussi stimati nel corso delle sette campagne di misura. La quantità dei diversi inquinanti depositata in ogni stazione nell'arco di ciascuna campagna è stata determinata sulla base delle concentrazioni presenti nei volumi di deposizione raccolti. Dividendo tale valore per il numero di giorni di esposizione di ogni campagna e tenendo conto della sezione di raccolta dei deposimetri è stato calcolato il flusso medio giornaliero di deposizione. Quest'ultimo infine viene normalizzato al metro quadrato in modo da rendere le stime confrontabili sia con i dati pregressi sia con quelli presenti in letteratura. Inoltre in tutte le elaborazioni del presente rapporto le determinazioni analitiche inferiori al limite di rilevabilità del metodo sono state poste uguali a zero e di conseguenza il flusso calcolato è risultato nullo.

I grafici seguenti rappresentano la distribuzione spaziale i flussi medi giornalieri rilevati nel corso del 2010 posti a confronto con il flusso medio giornaliero stimato nel corso del periodo 2007-09.

In linea generale si conferma quanto già evidenziato nelle relazioni precedenti.

La stazione L4 di Fondamenta Nuove le ricadute sono caratterizzate dalla presenza di Arsenico, Cadmio, Antimonio e Piombo (Figg. 6 - 9). Come già riportato in letteratura, (Ferrari et al., 2007, Rossini et al, 2009), questi risultati indicano nella produzione del vetro artistico del isola di Murano la probabile fonte di questi elementi. In quanto di essi vengono normalmente utilizzati nel ciclo produttivo come coloranti o affinant, ad esempio l'anidride arseniosa o l'ossido di antimonio



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

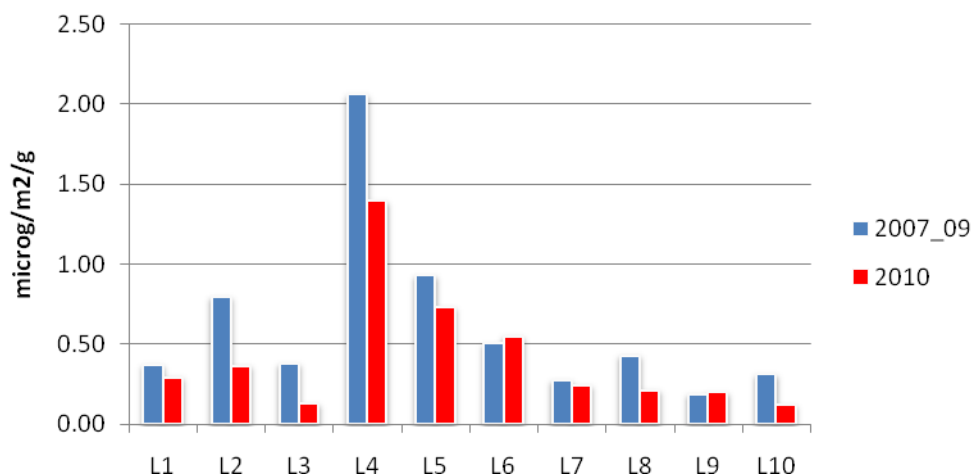
vengono utilizzate con lo scopo di favorire l'eliminazione dei gas prodotti dalla decomposizione delle materie prime e l'omogeneizzazione della massa vetrosa.

Le ricadute delle stazioni L1 e L5 ubicate in prossimità dell'area industriale sono caratterizzate da alti valori di Nichel, Manganese, Vanadio, Cromo e Ferro (figg. 10-14). Gli alti flussi di ricaduta di questi elementi possono esser riconducibili alle attività industriali di Porto Marghera. Secondariamente anche le stazioni L6 e L4 poste in laguna centrale sono interessate dalle emissioni dell'area industriale.

La distribuzione dei flussi di ricaduta del mercurio (fig.15) in laguna risulta eterogenea, con valori più alti nelle stazioni di L1 e L4, mentre la stazione L5 in piena area industriale mostra un flusso di ricaduta inferiore o confrontabile a quello di stazioni ritenute poco contaminate, poste in aree scarsamente antropizzate.

Rame e Zinco (fig.16-17) risultano più abbondanti nelle stazioni in laguna centrale e poste in prossimità dell'area industriale ed urbana. **Inoltre lo zinco è l'unico elemento che nel 2010 ha mostrato un incremento rispetto gli anni precedenti.**

## Arsenico

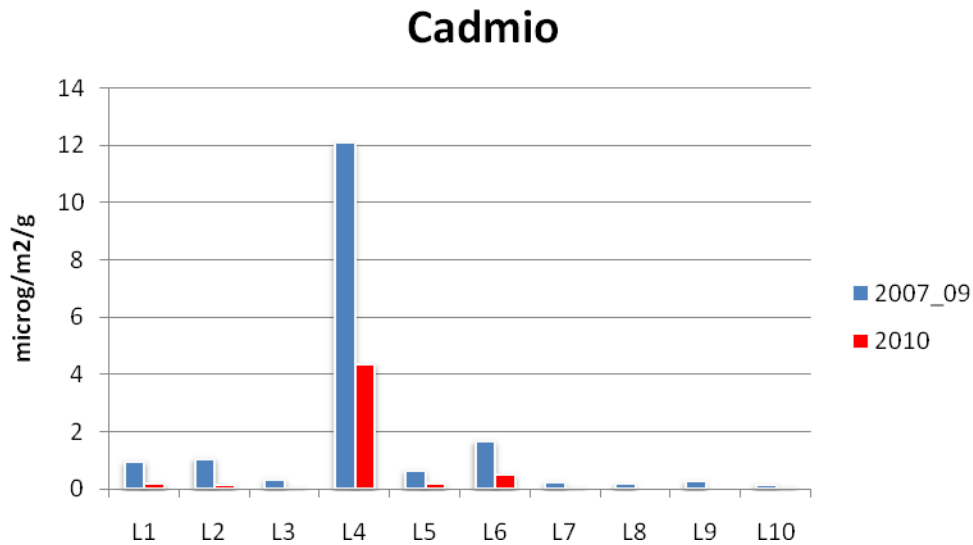






**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

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

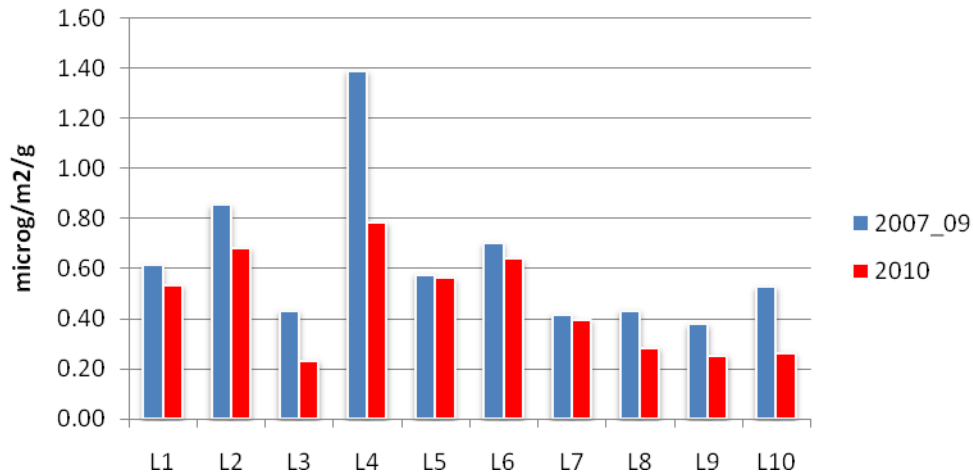


**Figura 7. Tassi medi giornalieri di deposizione di Cadmio nelle stazioni della rete SAMANET**



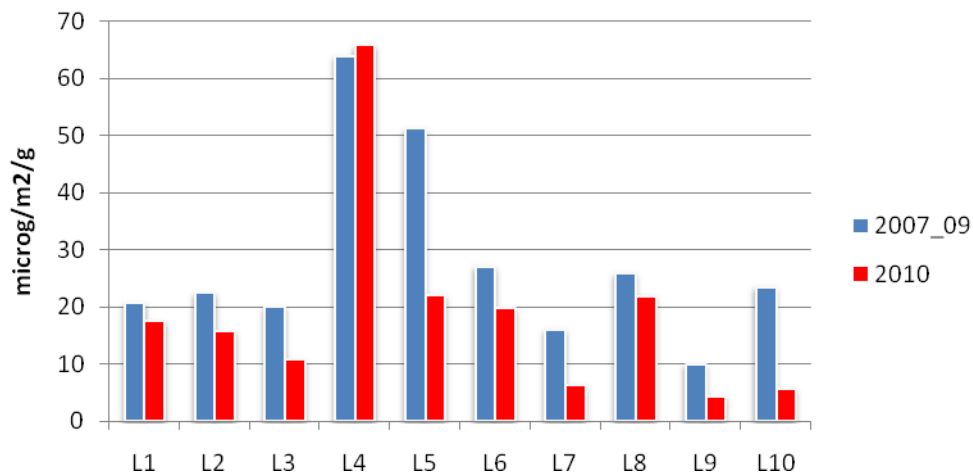
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUAMENTO**

### Antimonio



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

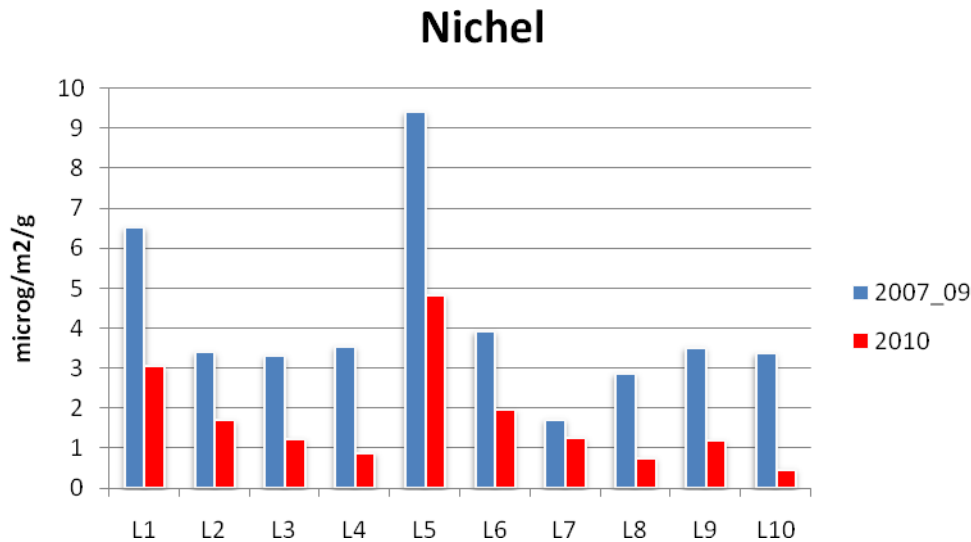
### Piombo



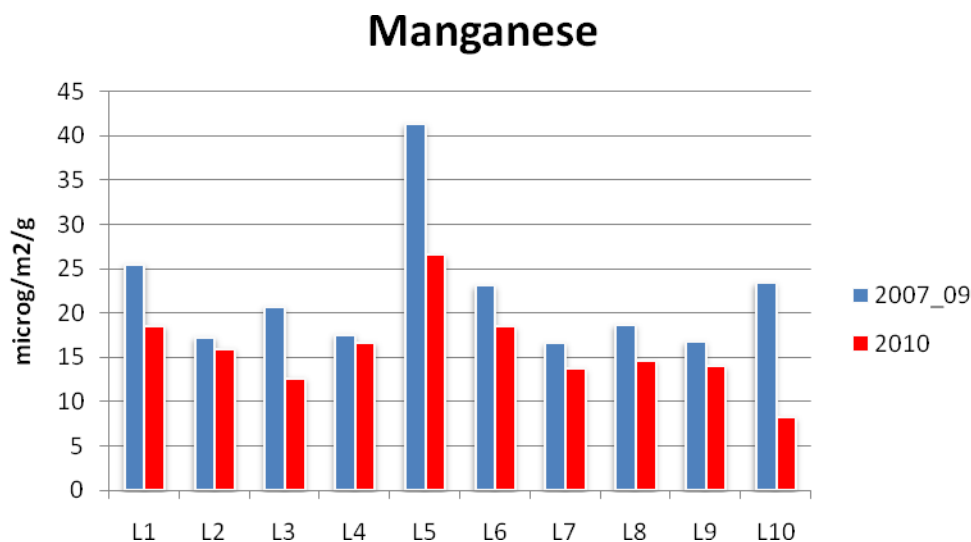
**Figura 9. Tassi medi giornalieri di deposizione di Piombo nelle stazioni della rete SAMANET**



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUAMENTO**



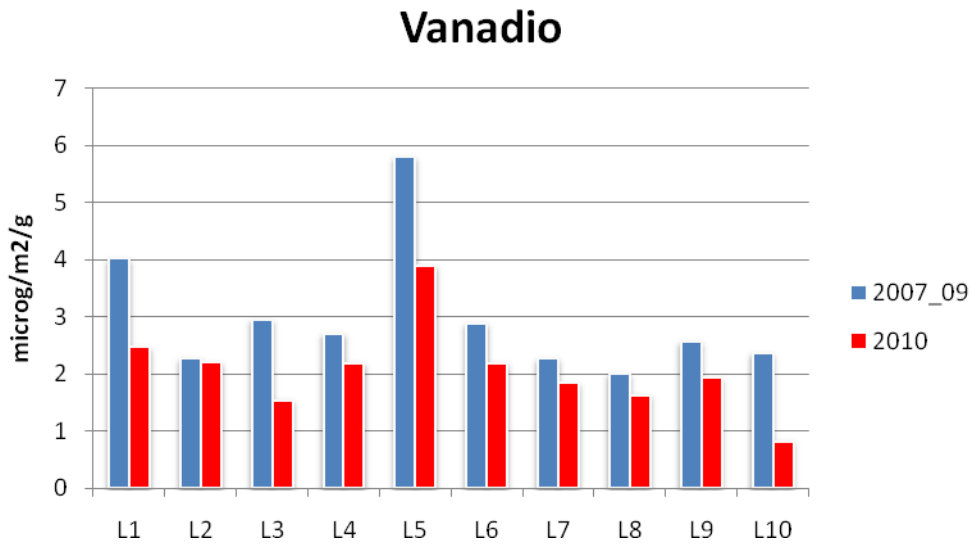
**Figura 10. Tassi medi giornalieri di deposizione di Nichel nelle stazioni della rete SAMANET**



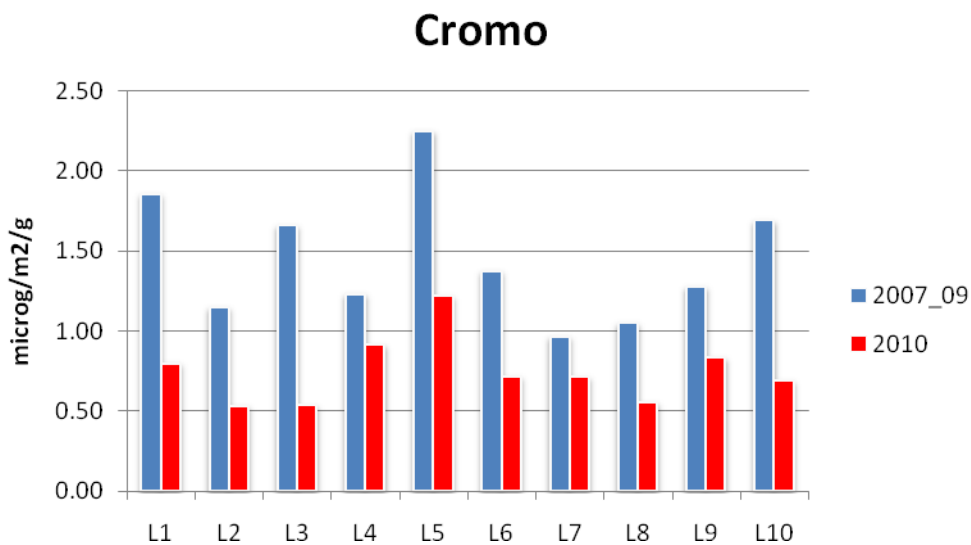
**Figura 11. Tassi medi giornalieri di deposizione di Manganese nelle stazioni della rete SAMANET**



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUAMENTO**



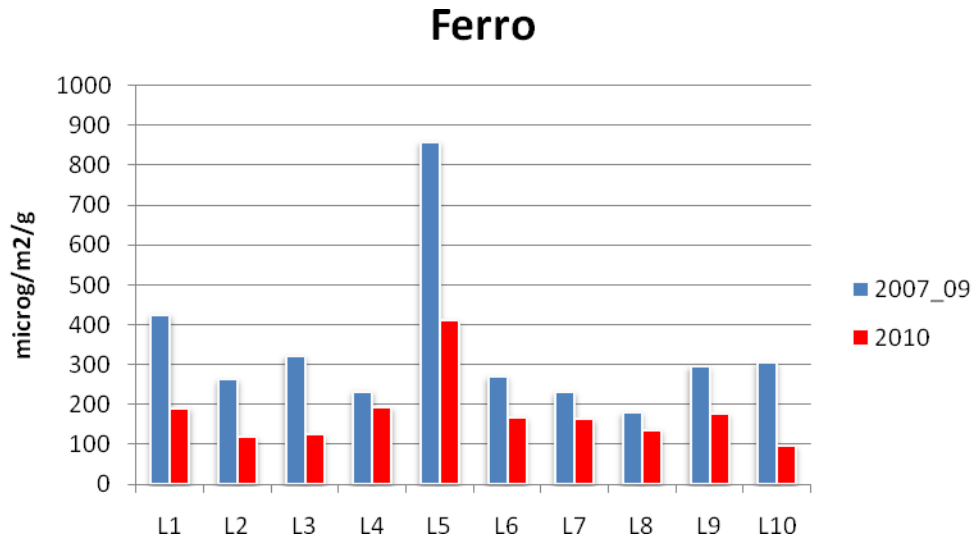
**Figura 12. Tassi medi giornalieri di deposizione di Vanadio nelle stazioni della rete SAMANET**



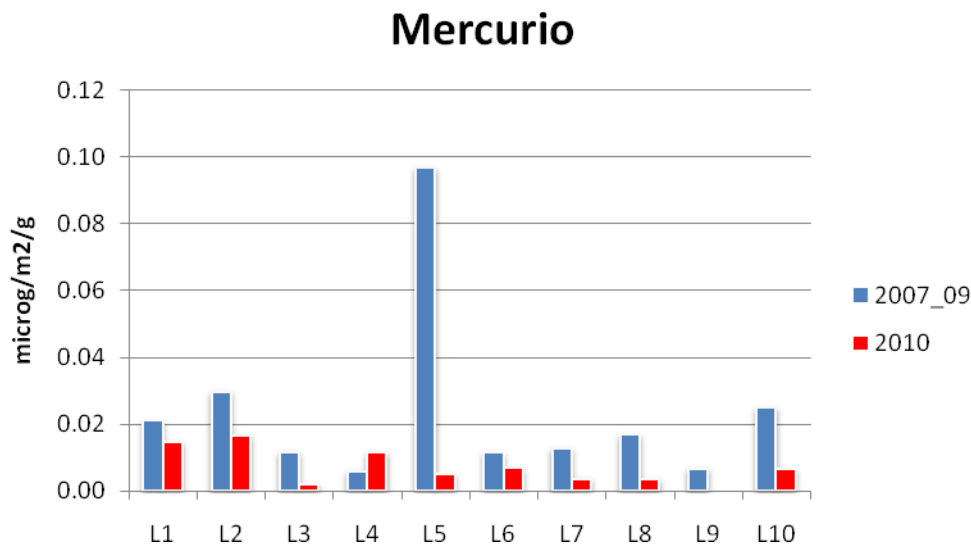
**Figura 13. Tassi medi giornalieri di deposizione di Cromo nelle stazioni della rete SAMANET**



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUAMENTO**



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

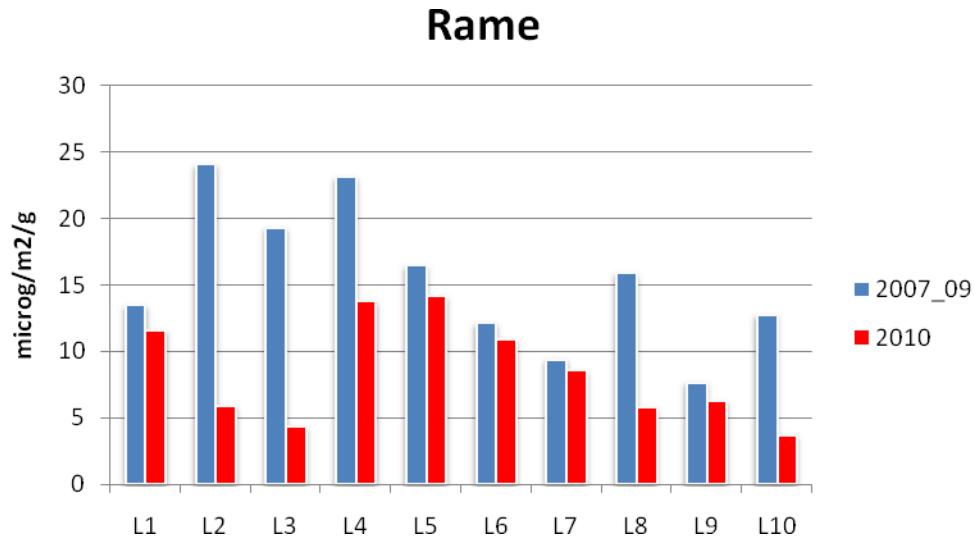


**Figura 15. Tassi medi giornalieri di deposizione di Mercurio nelle stazioni della rete SAMANET**



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
MAGISTRATO ALLE ACQUE**

*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado  
e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

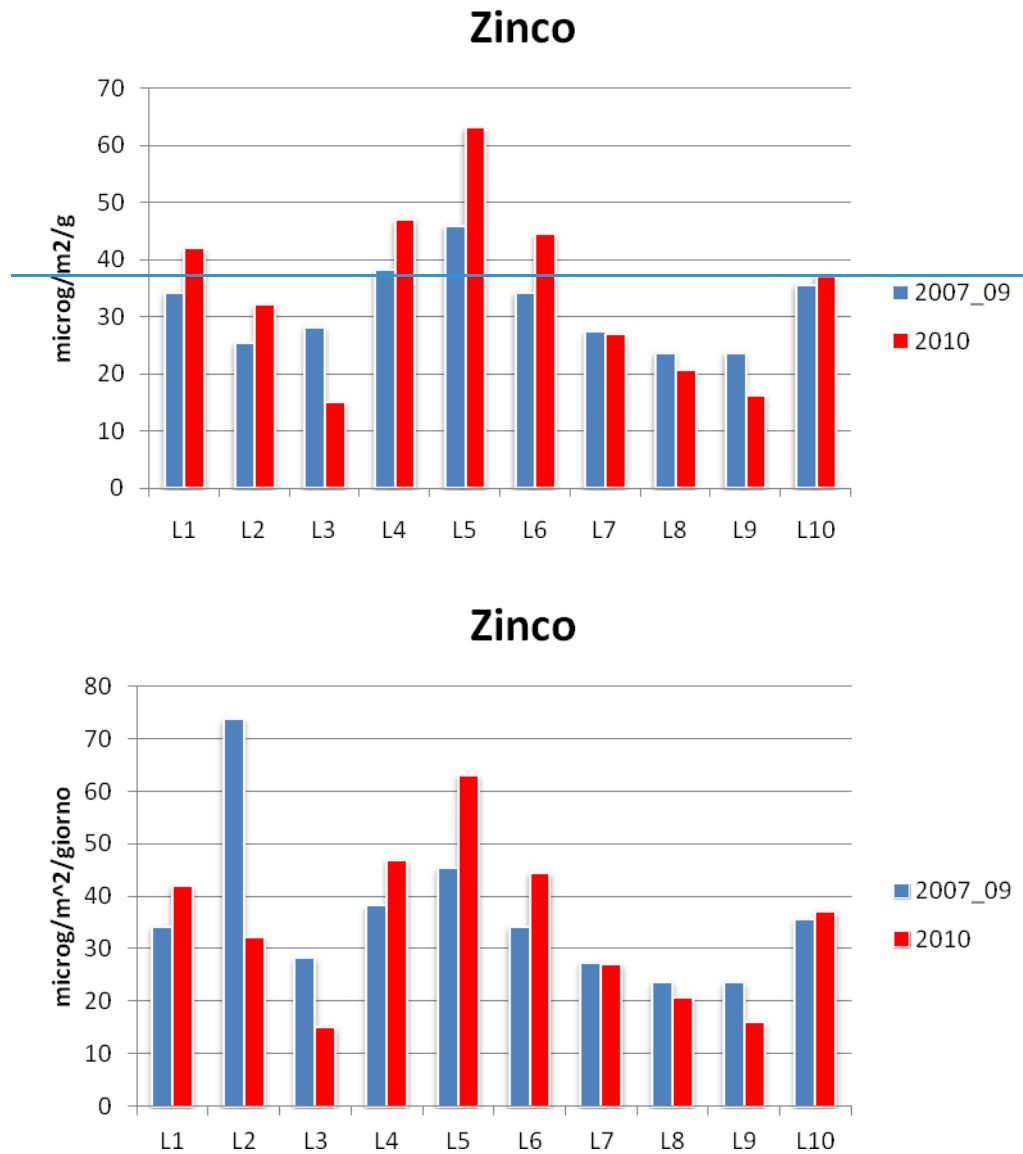


**Figura 16. Tassi medi giornalieri di deposizione di Rame nelle stazioni della rete SAMANET**



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
MAGISTRATO ALLE ACQUE**

*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado  
e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**



**Figura 17. Tassi medi giornalieri di deposizione di Zinco nelle stazioni della rete SAMANET**

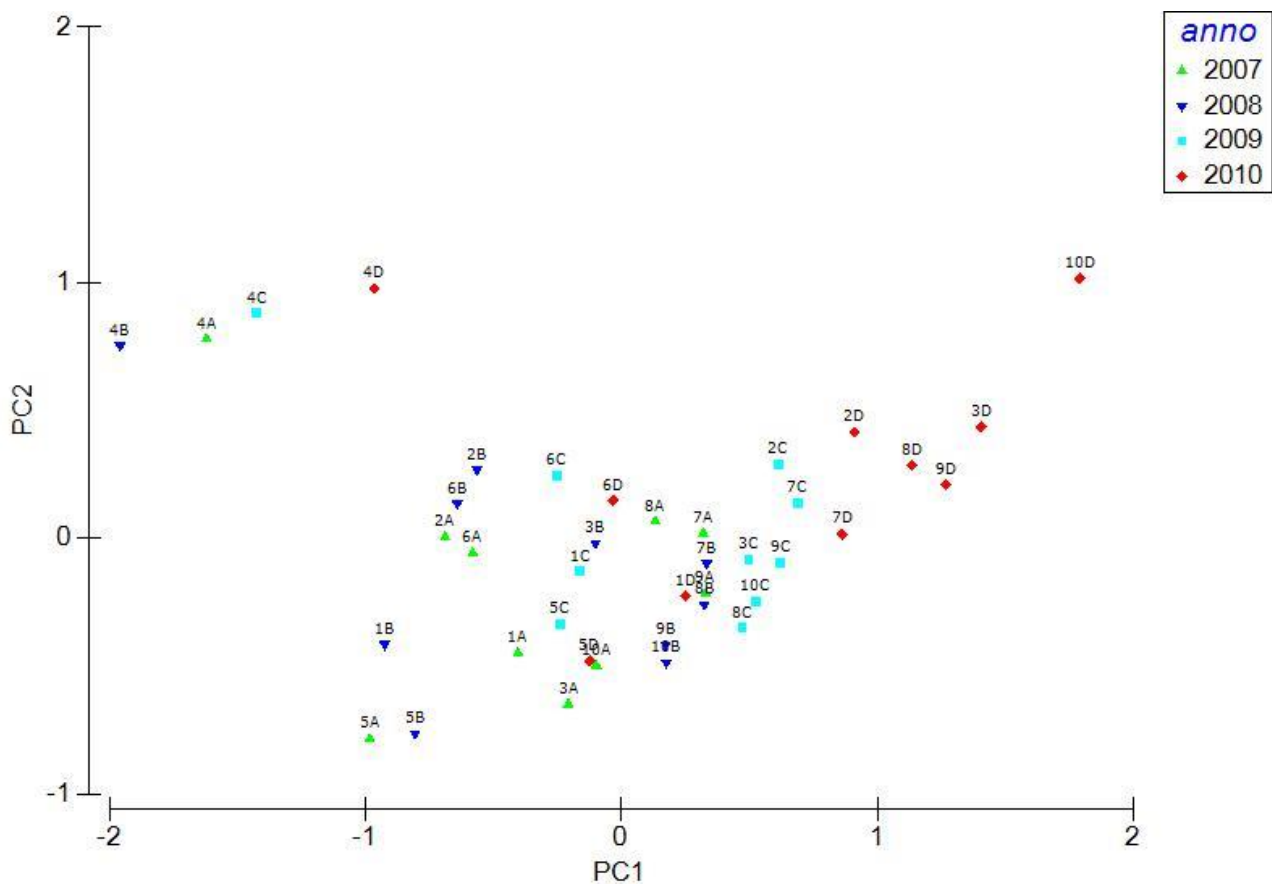
Le stime di flusso medio giornaliero raccolte dal 2007 al 2010 sono state analizzate mediante tecnica di analisi statistica multivariata PCA (Principal component analysis) con lo scopo di evidenziare eventuali relazioni tra le variabili in oggetto. Questa tecnica è un ordinamento nel



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUAMENTO**

quale i campioni, considerati come punti in uno spazio "alto-dimensionale" definito dalle variabili (nel nostro caso 12 dimensioni), sono proiettati in un piano o in uno spazio "basso-dimensionale" definito dai "componenti principali", che sono una combinazione lineare delle variabili originarie. La riduzione della complessità porta ad una perdita dell'informazione che viene stimata dalla percentuale della varianza spiegata. Tanto più alta è varianza spiegata dal nuovo sistema di assi tanto più la rappresentazione riflette la complessità originaria dei dati. La distribuzione dei dati di deposizione atmosferica non presentano una distribuzione normale, quindi questi sono stati normalizzati utilizzando la funzione Log2.

In figura 18 è riportato l'ordinamento delle stazioni in base ai primi due componenti. Nel nostro caso il primo componente PC1 spiega il 58 % della varianza ed il secondo PC2 il 21% per un totale del 79%.



**Figura 18. Ordinamento dei campioni nello spazio definito dai primi due**





**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUAMENTO**

**componenti principale ottenuti dalla PCA applicata al database delle deposizioni atmosferiche 2007-2011 della rete SAMANET.**

Il PC1 è caratterizzato da As, Cd, Sb, Pb, Ni, Cu, V e Cr tutte le variabili sono caratterizzate dallo stesso segno negativo. Nel secondo asse As, Cd e Pb presentano lo stesso segno negativo e questa associazione può essere messa in relazione con la produzione del vetro, mentre l'associazione Ni, Mn, V, Cr, Fe identifica nelle attività industriali la principale fonte di emissione.

Le stazioni che si trovano nella parte a sinistra del grafico (fig. 18) presentano flussi di deposizione più alti. Queste stazioni in linea generale sono L4, L5, L6, L1 e L2 tutte stazioni poste in laguna centrale in prossimità dell'area industriale o aree fortemente antropizzate come la città di Venezia. All'interno di quest'ultimo gruppo è possibile distinguere due sottoinsiemi ben distinti uno costituito da L4 con ricadute atmosferiche caratterizzate da As, Cd, e Pb tutti elementi presenti nei cicli produttivi del vetro e riconducibili alle attività di produzione di vetro artistico residenti nell'isola di Murano. Il secondo gruppo comprendente le stazioni L1 e L5 caratterizzato da alti flussi di Ni, Mn, V, Cr, Fe la cui origine va ricercata soprattutto nelle attività industriali di Porto Marghera. Il terzo gruppo costituito dalle stazioni L2 e L6 probabilmente risentono sia dell'area industriale che degli apporti delle attività site in Murano. Ad esempio As, Cd sono associate alla frazione più leggera delle particelle emesse da Murano e possono essere trasportate per lunghe distanze (Rampazzo, 2008). Tutte le altre stazioni non evidenziano raggruppamenti particolari, indicando una certa omogeneità nella composizione dei flussi.

Analizzando l'ordinamento da un punto di vista temporale, si evidenzia una diminuzione dei tassi medi di deposizione, spostamento verso la parte destra del grafico, mentre le posizioni relative tra le diverse stazioni sono sostanzialmente confrontabili ad indicare che le sorgenti sono rimaste invariate.

Il flusso medio giornaliero dei contaminanti inorganici stimato nelle diverse stazioni della rete Samanet nel corso del 2010 è riportato in tabella 2



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUAMENTO**

**Tabella 2 –Tassi medi giornalieri di deposizione dei contaminanti inorganici (metalli pesanti, Arsenico e Antimonio) nelle stazioni della rete SAMANET stimati nel 2010.**

Parametro	Tasso medio di deposizione	Stazione									
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10
As	µg/m <sup>2</sup> /giorno	0.30	0.37	0.13	1.40	0.73	0.55	0.24	0.21	0.20	0.12
Hg	µg/m <sup>2</sup> /giorno	0.01	0.02	<d.l.	0.01	0.01	0.01	<d.l.	<d.l.	<d.l.	0.01
Cd	µg/m <sup>2</sup> /giorno	0.21	0.15	0.02	4.39	0.20	0.52	0.04	<d.l.	<d.l.	0.07
Sb	µg/m <sup>2</sup> /giorno	0.54	0.68	0.24	0.79	0.56	0.64	0.40	0.29	0.26	0.26
Pb	µg/m <sup>2</sup> /giorno	17.60	15.87	10.83	65.85	22.21	19.83	6.31	22.02	4.45	5.62
Ni	µg/m <sup>2</sup> /giorno	3.05	1.70	1.23	0.88	4.84	1.97	1.26	0.75	1.19	0.48
Mn	µg/m <sup>2</sup> /giorno	18.57	16.02	12.70	16.71	26.58	18.50	13.74	14.65	14.03	8.26
V	µg/m <sup>2</sup> /giorno	2.48	2.21	1.55	2.20	3.90	2.20	1.84	1.64	1.94	0.83
Cr	µg/m <sup>2</sup> /giorno	0.80	0.53	0.54	0.92	1.22	0.72	0.71	0.56	0.84	0.69
Cu	µg/m <sup>2</sup> /giorno	11.61	8.88	6.05	13.18	14.16	10.33	8.18	6.71	7.16	6.99
Fe	µg/m <sup>2</sup> /giorno	191.4	119.27	125.73	193.76	411.57	167.41	163.75	137.01	176.62	96.93
Zn	µg/m <sup>2</sup> /giorno	42.15	35.25	15.11	47.07	65.15	44.53	27.10	20.77	16.24	37.27

<d.l. Determinazioni analitiche inferiori al limite di rilevabilità del metodo analitico.



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUAMENTO**

## Stima dei carichi complessivi dei contaminati inorganici in laguna

Nella seguente tabella vengono riportate le stime di carico complessivo dei contaminanti inorganici (metalli pesanti, Arsenico e Antimonio) sullo specchio lagunare nel periodo 2007-10. Questi valori sono stati calcolati sulla base dei flussi unitari nelle diverse stazioni, con l'ausilio di programmi di elaborazione grafica in grado di fornire mappe di iso-deposizione sull'intero specchio lagunare.

**Tabella 3. Stima dei carichi complessivi dei contaminati inorganici in laguna nel periodo 2007-10.**

PARAMETRO	CARICO COMPLESSIVO 2010 (T/ANNO)	CARICO COMPLESSIVO 2009 (T/ANNO)	CARICO COMPLESSIVO 2008 (T/ANNO)		CARICO COMPLESSIVO 2007 (T/ANNO)
Arsenico	0.0437	0.0840	0.0663		0.1565
Mercurio	0.0009	0.0033	0.0061*	0.0029**	0.0015
Cadmio	0.0985	0.2532	0.4677		0.1643
Antimonio	0.0476	0.0778	0.3810		0.1263
Piombo	2.1764	3.3833	3.9645		6.6556
Nichel	0.1878	0.5528	0.8509		0.7760
Manganese	2.0237	2.9084	4.2381		4.3449
Vanadio	0.3002	0.4323	0.8798		0.5491
Cromo	0.0953	0.2160	0.3022		0.2857
Rame	1.1606	2.4229	3.1994		2.3943
Ferro	20.5696	51.2566	59.0542		55.9668



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

<b>Zinco</b>	<b>3.5997</b>	<b>5.2218</b>	<b>5.3487</b>	<b>6.3041</b>
--------------	---------------	---------------	---------------	---------------

(\*) Carico stimato tenendo conto del valore di flusso di Hg del IV ciclo di misure

(\*\*) Carico stimato escludendo il valore di flusso di Hg del IV ciclo di misure

In linea generale si evidenzia nel corso del 2010 una generale riduzione dei carichi in laguna rispetto agli anni precedenti. Questo trend conferma quanto era già stato rilevato nella relazione precedente. Se questa tendenza verrà rilevata anche il prossimo anno si può ipotizzare che ci sia una diminuzione delle emissioni in laguna.

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

Il programma di monitoraggio delle deposizioni dei microinquinanti organici, come precedentemente descritto, prevede l'analisi di 118 composti, raggruppati in otto famiglie:

- Diossine e furani (PCDD-PCDF);
- Policlorobifenili (PCB);
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA);
- Poli Bromo Difenil Etere (PBDE);
- Idrocarburi clorurati;
- Pesticidi Organoclorurati;
- Fenoli;
- Ftalati;



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
MAGISTRATO ALLE ACQUE**

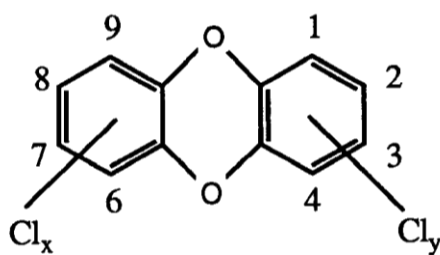
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado  
e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

- Atrazina.

Come per i contaminanti inorganici, i flussi medi giornalieri di deposizione dei diversi microinquinanti organici sono stati calcolati come media dei flussi stimati durante le diverse campagne sperimentali e sono espressi come quantità media depositata per metro quadrato di superficie al giorno ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$ ). Nel caso il dato analitico fosse inferiore al limite di rilevabilità del metodo il flusso calcolato per convenzione è stato posto a zero.

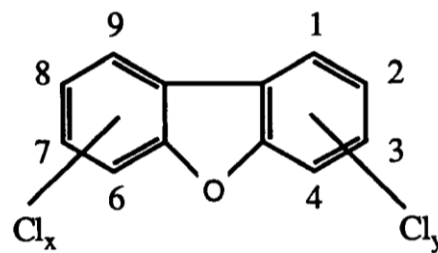
## Diossine e Furani (PCDD – PCDF)

La famiglia delle diossine è composta da 210 congeneri<sup>1</sup> diversi, divisi in due sottoclassi: le diossine propriamente dette (PCDD) e i furani (PCDF). La grande varietà di congeneri dipende dal fatto che sono possibili molteplici possibilità di sostituzione di atomi cloro sugli anelli delle diossine e dei furani. Tra tutti questi composti solo 17 (7 diossine e 10 furani) hanno caratteristiche tossicologiche significative che possono essere messe a confronto attraverso i TEF (Toxicity Equivalent Factors) in modo da esprimere con un solo numero (unità WHO-TE) il loro potenziale tossicologico complessivo (Van Den Berg e al., 1998).



**Policlorodibenzo-*p*-diossine**

**PCDD**



**Policlorodibenzofurani**

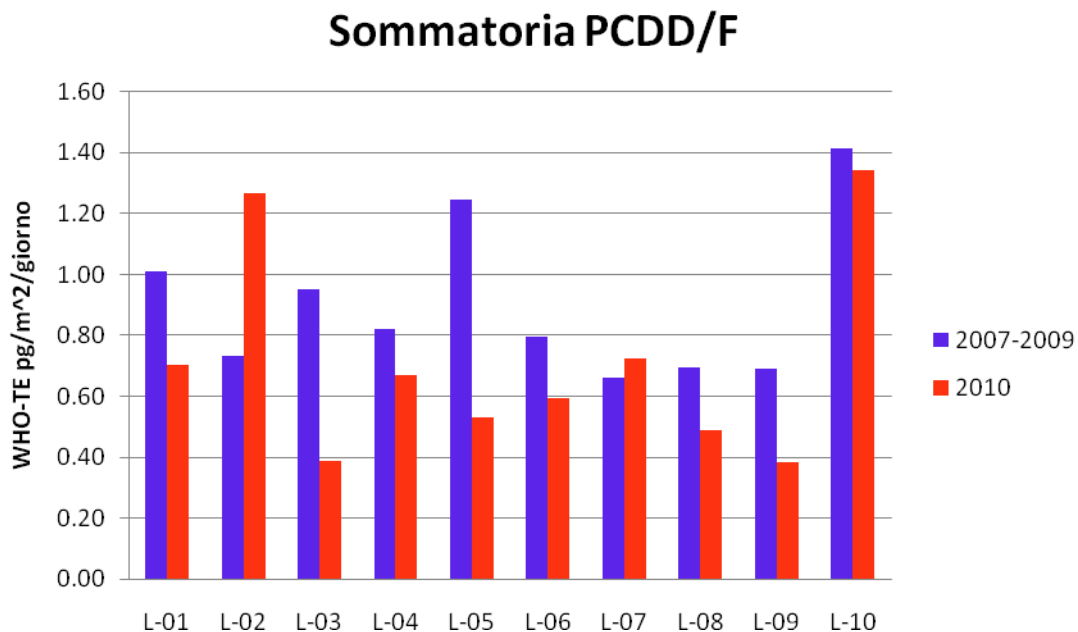
**PCDF**

<sup>1</sup> Per **congenere** si intende una delle molte varianti o configurazioni in cui può presentarsi un composto chimico appartenente ad una certa famiglia.



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUAMENTO**

Le diossine e i furani non sono prodotti esclusivamente di interesse industriale, ma si formano come sottoprodotti quando le sostanze organiche vengono a contatto con atomi di cloro a temperature elevate, ad esempio nei processi di combustione (sia naturali che industriali) o in certi processi chimici che utilizzano il cloro. Le diossine oltre ad essere un gruppo di sostanze chimiche molto tossiche sono in genere altamente persistenti sia nell'ambiente che nei sistemi biologici. La loro capacità di indurre effetti negativi sulla salute anche a esposizioni molto basse dà a queste sostanze una grande rilevanza sanitaria. In figura 19 sono riportate le stime dei flussi medi giornalieri di deposizione della sommatoria di diossine e furani espressi in fattori di tossicità equivalente rilevati nel 2010 a confronto con i flussi medi giornalieri rilevati nel triennio 2007-2009. Solo le stazioni di Ve2 (Campalto) e Ve7 (Dese) mostrano flussi di ricaduta maggiori rispetto al valore medio. Nel resto delle stazioni il flusso risulta minore ed in particolare si è registrata una drastica riduzione del flusso di deposizione in Ve5 a valori paragonabili alle stazioni di Ve3 e Ve9 che si trovano lontano dall'area industriale di Porto Marghera.



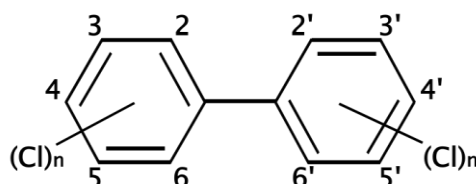
**Figura 19. Flussi medi giornalieri di deposizione di PCDD-PCDF nelle diverse stazioni della rete SAMANET espressi in unità tossicologiche**



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUAMENTO**

## **Policlorobifenili (PCB)**

I policlorobifenili (PCB) sono una famiglia di composti chimicamente molto stabili, largamente utilizzati in passato come fluidi diatermici, in cui gli atomi di idrogeno della molecola del bifenile sono sostituiti, in tutto o in parte, da atomi di cloro. A seconda del grado di sostituzione degli atomi di cloro sugli anelli aromatici, sono possibili 209 congeneri diversi.



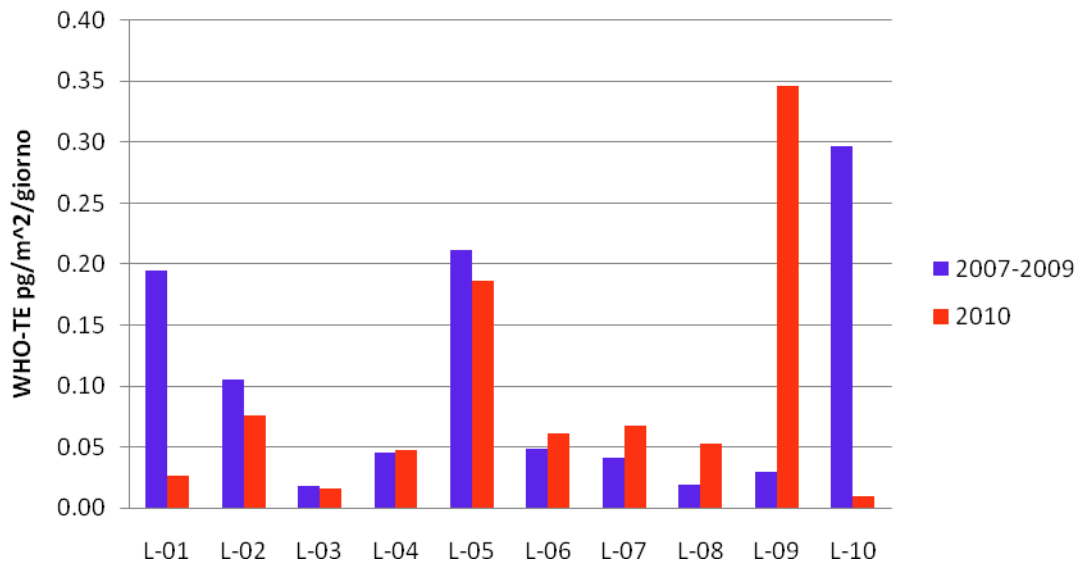
La persistenza nell'ambiente e la tossicità dei PCB dipendono non solo dal numero, ma anche dalla posizione degli atomi di cloro. Alcuni PCB, infatti, presentano strutture molecolari e proprietà tossicologiche simili a quelle delle diossine. Per questi 12 composti, che vengono identificati come PCB-DL (PCB "Dioxin-Like"), sono stati fissati fattori di tossicità equivalente analoghi a quelli delle diossine e dei furani in modo da poterne valutare l'effetto tossico complessivo ( Van Den Berg e al., 1998).

I PCB-DL nel 2010 mostrano flussi medi di deposizione più elevati nelle stazioni L9, L8, L7 e L6. Quest'ultimo è un gruppo di stazioni eterogeneo e nella maggior parte dei casi identificano situazioni temporanee piuttosto che un vero aumento del flusso di deposizione. Il caso più eclatante è quello della stazione di Valle Millecampi (L9), tale valore è dovuto ad un hotspot rilevato nel ciclo di luglio-settembre. Eliminando quest'ultimo il flusso medio giornaliero sarebbe pari a 0.008 pgWHO-TE/m<sup>2</sup>/giorno. Lo stesso vale anche per le altre stazioni dove gli aumenti di flusso sono dovuti a hotspot temporanei. In figura 20 sono riportati di flussi di PCB-DL espressi in termini di tossicità equivalente.



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

### Sommatoria PCBdl



**Figura 20. Flussi medi giornalieri di deposizione di PCB-DL nelle diverse stazioni della rete SAMANET espressi in unità tossicologiche**

Storicamente l'approccio allo studio dei PCB non dioxin-like è sempre stato quello di trattare le diverse miscele di PCB come sommatoria totale. Nel corso degli anni è stato evidenziato che il destino dei diversi congeneri può cambiare significativamente nell'ambiente. Quindi i diversi congeneri possono presentare profili diversi nei tessuti dei sistemi biologici ed essere significativamente diversi da quelli rilevati nell'ambiente o dalla miscela commerciale di origine. Come risultato la comunità scientifica conviene sul fatto che la stima dei rischi ecologici basati sulla sommatoria dei PCB non caratterizzi in maniera adeguata il rischio stesso (WHO,2001).

Recentemente la EFSA (European Food Safety Authority) ha proposto la sommatoria di sei congeneri di PCB ndl (28, 52, 101, 138,153 e 180 ) come indicatore della contaminazione da PCB ndl (EFSA, 2010). La scelta non è stata eseguita seguendo un criterio di tipo tossicologico ma in base:

- alla facilità della determinazione analitica;



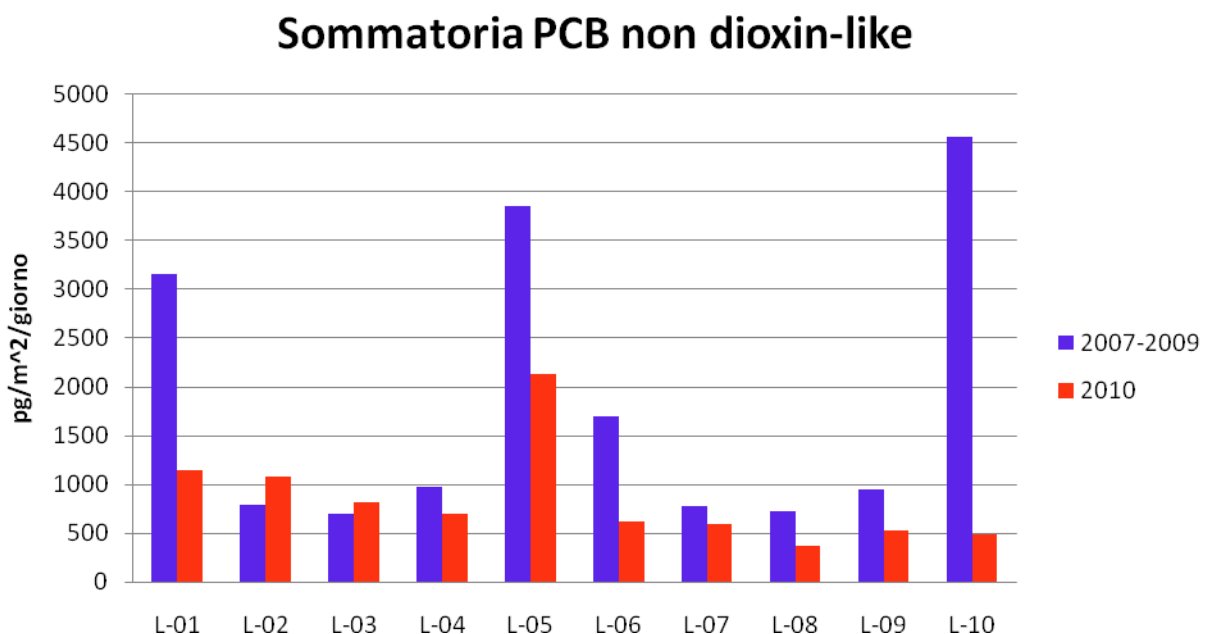


**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

- alle abbondanze relative, infatti la sommatoria di questi congeneri in media rappresentano circa il 50% della miscela di PCB ndl;
- che siano rappresentativi dei diversi gradi di clorazione.

Nel corso del 2010 il numero di PCB non dioxin-like investigati è stato ulteriormente aumentato di altri sei congeneri: 155-CB, 188-CB, 208-CB, 205-CB, 206-CB, 209-CB. Tali composti non sono stati considerati al fine di rendere il confronto con gli anni precedenti omogeneo. In ogni caso il contributo di quest'ultimi alla miscela totale di PCB raramente supera il 2%.

In linea generale nel 2010 i flussi medi di PCB non dioxin-like sono minori rispetto ai valori medi del triennio precedenti, ed eccezione delle stazioni L2 e L3 (fig.21). Come prima citato possono esser poco indicative le indicazioni fornite dalla sommatoria totale dei flussi di PCB ndl, per questo sono riportati in figura 22 la sommatoria dei flussi dei sei PCB ndl indicatori. Dal confronto dei due grafici non si evidenziano differenze sostanziali.

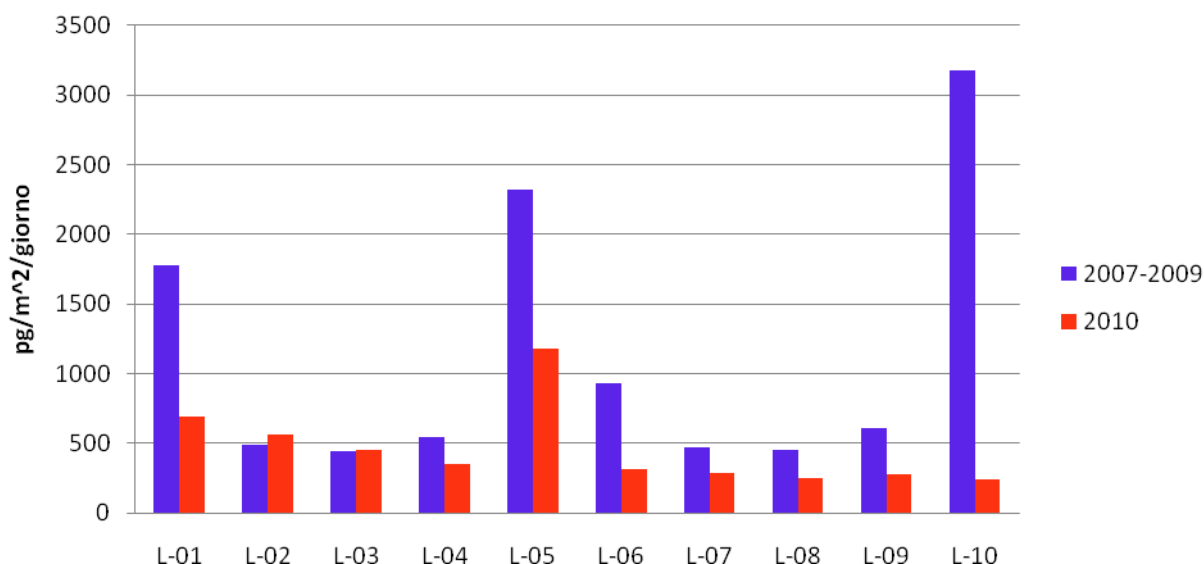


**Figura 21. Tasso medio giornaliero di deposizione di PCB non Dioxin-like nelle diverse stazioni della rete SAMANET**



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

### Sommatoria 6 PCB non dioxin-like



**Figura 22. Tasso medio giornaliero di deposizione di PCB non Dioxin-like (PCB 28, 52, 101, 138, 153 e 180) nelle diverse stazioni della rete SAMANET**

### Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) rappresentano un'estesa classe di composti organici contenenti due o più anelli aromatici condensati. Gli IPA sono molecole con scarsa solubilità in acqua, solubili in solventi organici (Lide, 2002) e notevolmente lipofili (Menichini, 1994). Esistono oltre cento diversi composti, costituiti da anelli aromatici condensati, caratterizzati da tossicità e proprietà molto diverse. Gli IPA con maggior numero di anelli condensati sono tossici e cancerogeni per l'uomo, tra questi di particolare interesse è il benzo[*a*]pirene spesso utilizzato come tracciante nello studio della contaminazione da IPA. L'utilizzo degli IPA è limitato principalmente a scopi di ricerca; le eccezioni sono costituite dal naftalene, utilizzato come antitarmico e da alcuni IPA (acenaftene, fluorene, antracene, fenantrene, fluorantene e pirene) come intermedi nella preparazione industriale di plastificanti, pigmenti, pesticidi e coloranti (UE,



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

1998)<sup>[be1]</sup>. In questo studio sono stati analizzati i seguenti 18 composti, la cui sommatoria è stata utilizzata per esprimere il dato relativo alla deposizione complessiva.

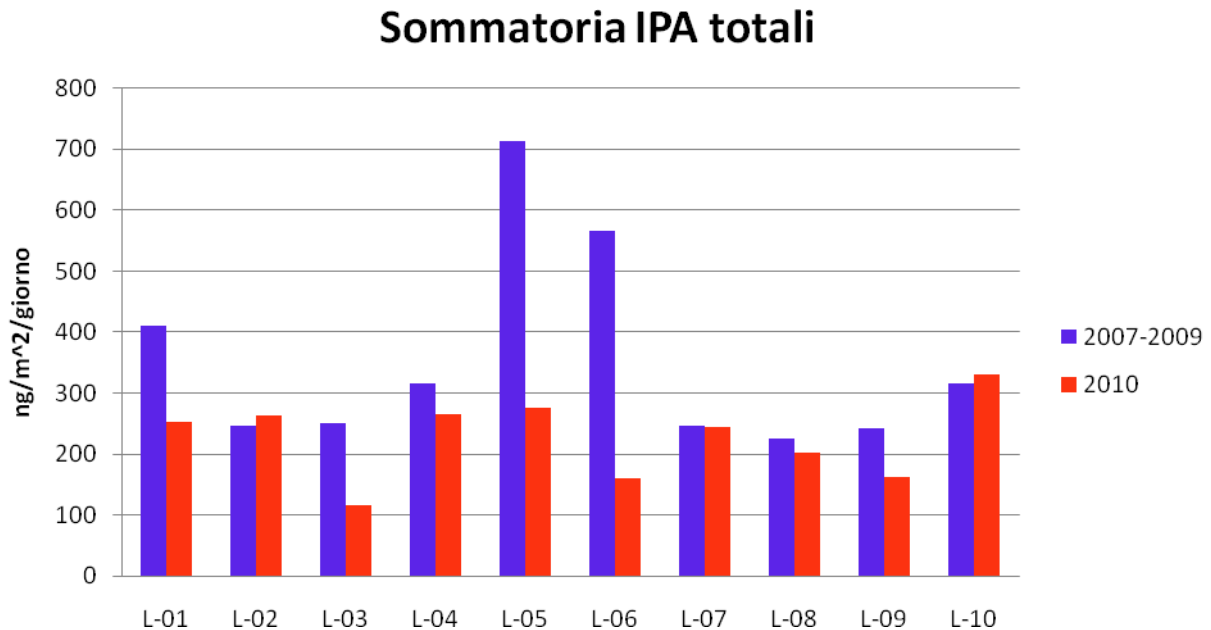
Naftalene	Fluorantene	Benzo(b)fluorantene
Acenaftilene	Pirene	Benzo(k)fluorantene
Acenaftene	Benzo(e)pirene	Benzo(a)pirene
Fluorene	Terilene	Indeno(1,2,3,cd)pirene
Fenantrene	Benzo(a)antracene	Dibenzo(a,h)antracene
Antracene	Crisene	Benzo(g,h,i)perilene

Gli IPA si formano durante la combustione incompleta o la pirolisi di materiale organico; di conseguenza la loro origine è associata alle seguenti sorgenti: processi industriali vari (produzione di alluminio, ferro e acciaio e fonderie); lavorazioni del carbone e del petrolio; impianti di produzione di energia elettrica; inceneritori; riscaldamento domestico a legna e/o carbone; emissioni di veicoli a motore; incendi di foreste; combustioni in agricoltura.

A causa di queste numerose e diffuse fonti di emissione gli IPA sono da considerarsi ubiquitari.



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUAMENTO**



**Figura 23. Tassi medi giornalieri di deposizione degli idrocarburi policiclici aromatici nelle diverse stazioni della rete SAMANET**

I flussi di deposizione degli IPA misurati nel 2010 risultano sostanzialmente in linea con la media triennale ed in particolare per le stazioni L5 e L6 risultano notevolmente più bassi (Fig.23).

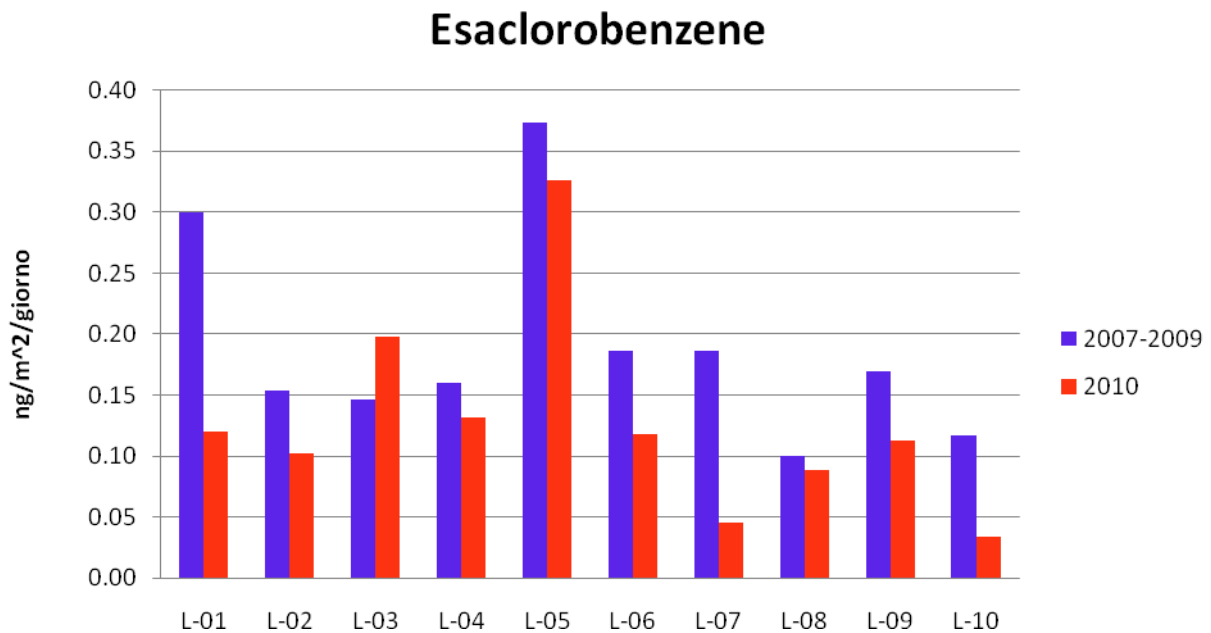
### **Esaclorobenzene (HCB)**

Il monitoraggio dell'esaclorobenzene (HCB) nella laguna di Venezia è importante perché questo composto, utilizzato nel passato come pesticida clorurato, è uno dei principali sottoprodotti dei processi di produzione degli idrocarburi clorurati ancora presenti a Porto Marghera; l'esaclorobenzene, inoltre, sembra essere uno dei principali responsabili di comportamenti "Dioxin-Like" nelle miscele chimiche (Van Birgelen, 1998, 1999). Nel 2010 i flussi medi di esaclorobenzene, ad eccezione di L3, sono tutti più bassi rispetto al valore medio. Se tale tendenza verrà confermata negli anni successivi la diminuzione delle fonti di emissione in laguna è



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUAMENTO**

probabilmente dovuta alla contrazione delle attività dell'industria chimica di Porto Marghera (fig. 24).



**Figura 24. Tasso medio giornaliero di deposizione dell'Esaclorobenzene nelle diverse stazioni della rete SAMANET**

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

I PBDE sono classi di sostanze organiche polibromurate impiegate come ritardanti di fiamma nei materiali polimerici. L'ampio utilizzo di tali composti è dovuto al loro basso costo e all'alta efficienza di prestazione. Sono utilizzati nei processi produttivi di plastiche, gomme e resine, per esempio sono presenti nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche, negli arredi (mobilio, tappeti) ed in numerosi altri prodotti.

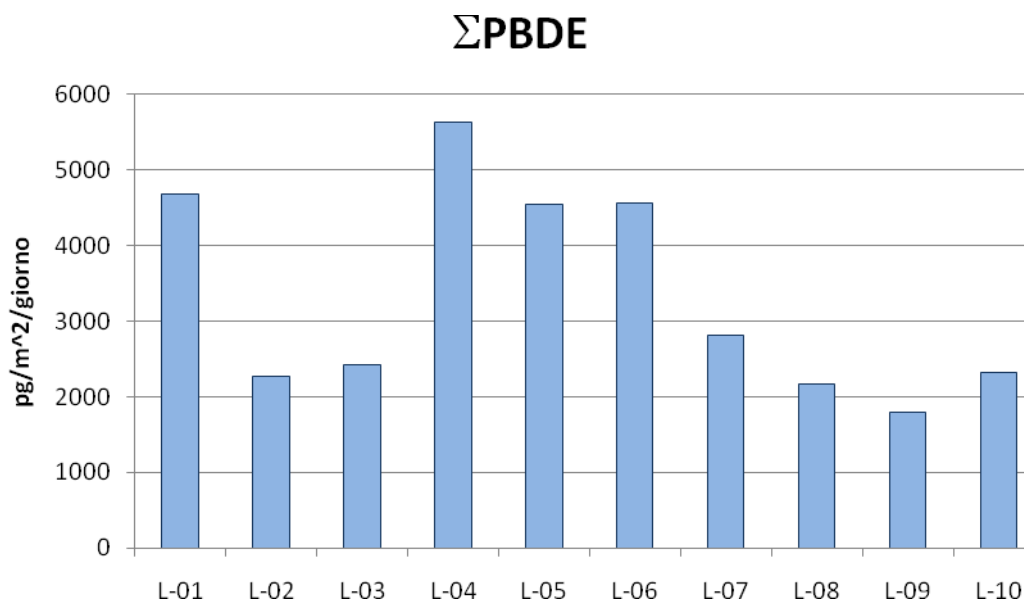
I congeneri analizzati, che sono anche i più diffusi, sono il BDE-28, BDE-47, BDE-99, BDE-100, BDE-153, BDE-154, BDE-183 ed il BDE-209.



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
MAGISTRATO ALLE ACQUE**

*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado  
e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

Come struttura e caratteristiche risultano essere molto simili a diossine e PCB, con le quali hanno in comune anche la pericolosità in concentrazioni estremamente basse e la stabilità chimica. Ed è per effetto di questa stabilità che il potere di bioaccumulo nella catena alimentare può portare a concentrazioni estremamente elevate negli alimenti ad uso umano. A partire da ottobre del 2009 i poli-bromo difeniletere sono entrati a far parte del programma di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche della sezione Antinquinamento del Magistrato alle Acque di Venezia. In figura 25 sono riportati i flussi medi giornalieri della sommatoria di PBDE. I tassi di deposizioni maggiori sono stati registrati nelle stazioni poste in laguna centrale in vicinanza del centro urbano di Venezia e all'area industriale di Porto Marghera. Da un punto di vista qualitativo la miscela di PDBE analizzati è composta per il 90% da decabromo difeniletere (BDE209). Dal 2008 la corte di giustizia europea ha bandito l'uso del BDE209 in risposta agli studi che dimostrano che questo congenere può dare fenomeni di bioaccumulo in diversi organismi, subire processi di debromurazione dando origine a congeneri più biodisponibili, persistenti e tossici (Stapleton et al., 2004; Kierkegaard et al., 2007; Van den Steen et al., 2007; Segev et al., 2009)





**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

**Figura 25. Tassi giornalieri di deposizione della sommatoria di Poli Bromo Difenil Etere nelle diverse stazioni della rete SAMANET**

A titolo riassuntivo In Tabella 4 sono riportati i tassi medi giornalieri di deposizione relativi al periodo 2007-2010.

**Tabella 4 – Confronto tra i tassi medi giornalieri di deposizione dei microinquinanti organici (PCDD-PCDF, PCB, IPA, HCB) nelle stazioni della rete SAMANET nel periodo 2007-10**

Parametro	Tasso di deposizione	ANNO	STAZIONE									
			L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10
PCDD/PCDF	pg WHO-TE/m <sup>2</sup> /giorno	2010	0.70	1.27	0.39	0.67	0.53	0.59	0.72	0.49	0.38	1.34
		2009	1.14	0.85	1.01	0.62	1.04	0.76	0.39	0.91	0.69	2.05
		2008	0.96	0.31	1.04	0.81	1.36	0.93	0.65	0.56	0.70	1.43
		2007	0.93	1.04	0.80	1.03	1.34	0.70	0.94	0.62	0.68	0.76
PCB-DL	pg WHO-TE/m <sup>2</sup> /giorno	2010	0.03	0.08	0.02	0.05	0.19	0.06	0.07	0.05	0.35	0.01
		2009	0.07	0.19	0.01	0.05	0.15	0.03	0.07	0.02	0.02	0.02
		2008	0.17	0.02	0.03	0.04	0.28	0.09	0.01	0.02	0.07	0.77
		2007	0.34	0.13	0.01	0.05	0.21	0.02	0.05	0.01	0.01	0.10
ALTRI PCB	µg/m <sup>2</sup> /giorno	2010	1142	1076	816	705	2132	623	595	370	529	493
		2009	2212	843	625	850	2144	1378	1081	810	997	1052
		2008	1923	647	1269	1408	3173	2468	466	985	1463	11935
		2007	5337	874	201	659	6252	1229	792	394	383	710
IPA	µg/m <sup>2</sup> /giorno	2010	<del>2542</del> 53	<del>2632</del> 85	117	<del>2652</del> 66	<del>2772</del> 98	161	244	203	<del>1631</del> 66	330
		2009	268	321	221	285	488	623	211	227	218	223
		2008	454	93	317	365	1097	618	288	278	248	462
		2007	484	339	197	301	579	454	231	161	267	264
HCB	ng/m <sup>2</sup> /giorno	2010	0.12	0.10	0.20	0.13	0.33	0.12	0.05	0.09	0.11	0.03
		2009	0.37	0.15	0.18	0.11	0.26	0.22	0.10	0.06	0.14	0.09
		2008	0.33	0.08	0.12	0.11	0.23	0.13	0.07	0.14	0.12	0.09
		2007	0.20	0.23	0.14	0.26	0.63	0.21	0.39	0.10	0.25	0.17



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

## Altri POP's in laguna di Venezia

Solo per cinque cicli di misura del 2010 sono stati determinati i flussi di deposizione di altri microinquinanti organici quali: Pesticidi Organo Clorurati; fenoli; ftalati e Atrazina

## Pesticidi Organo Clorurati (POC)

Con il termine di “pesticidi” si raggruppa tutta una serie di molecole sviluppate per il controllo di organismi nocivi, soprattutto in campo agricolo (insetticidi, antiparassitari, acaricidi, rodenticidi, erbicidi). Molti di essi sono tossici anche per altri organismi, incluso l'uomo.

I pesticidi organo clorurati oggetto del programma di monitoraggio sono:

- Quattro isomeri dell' esacicloroesano ( $\alpha$ BHC;  $\beta$ BHC;  $\delta$ BHC;  $\gamma$ BHC)
- HEPTACLOR
- HEPTACLOR EPOSSIDO
- ALDRIN
- 4,4'DDE
- 4,4'DDD
- 4,4'DDT
- METOXICLORO

Caratteristiche comuni a tutti sono l'elevata persistenza ambientale e la capacità di bioaccumulo lungo le catene alimentari con effetti tossici ben documentati sul biota.

Il più noto tra i pesticidi organoclorurati è sicuramente il Dicloro Difenil Tricloroetano comunemente conosciuto come DDT. Questo è stato a lungo usato in tutto il mondo contro una grande varietà di insetti dannosi sia per la produzione agricola sia della salute umana.

Nell'ambiente può essere degradato dall'azione della luce solare o metabolizzato dagli organismi.





**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

I suoi prodotti di degradazione sono: in condizioni ossidative il DDE (1,1-dicloro-2,2-bis(p-diclorodifenil)etilene; in ambiente anaerobio si ottiene il DDD (1,1-dicloro-2,2-bis(p-clorofenil)etano) per dechlorazione riduttiva.

Il DDT è incluso dalla IARC tra le sostanze sospette cancerogene (Gruppo 2B) presenti nell'ambiente.

Il DDT continua ad essere impiegato in nazioni (principalmente tropicali) in cui la malaria diffusa dalle zanzare ed il tifo sono problemi ben più gravi ed immediati della potenziale tossicità.

L'esaciclocloroesano, fu introdotto sul mercato nel 1952 come insetticida contro pulci e scabbia.

Il prodotto tecnico commerciale conosciuto con l'acronimo di HCH o BHC, è una miscela di otto isomeri diversi tra loro per l'orientamento degli atomi di cloro presenti sull'anello. Il più conosciuto ed efficace di questi isomeri è il  $\gamma$ BHC o Lindano.

L'Aldrin è un pesticida molto resistente alla degradazione sia chimica che microbiologica, veniva usato nella lotta contro le termiti, le cavallette e larve.

Questa molecola è classificata nel gruppo 2B della IARC ovvero tossica e potenzialmente cancerogena per l'uomo.

L'eptacloro e l'eptacloro epossido sono insetticidi usati per il trattamento dei suoli e dei semi e per la protezione del legno dalle termiti.

Entrambi sono lipofili, ma l'eptacloro epossido risulta più tossico e tende ad accumularsi di più dell'eptacloro nella catena trofica.

Il metoxicloro è un insetticida simile al DDT, ma risulta discretamente biodegradabile, generando prodotti idrosolubili e quindi privo del fenomeno del bioaccumulo.

I flussi medi giornalieri di Heptaclor, Heptaclor epossido, Aldrin e dei 4 isomeri dell'esaclorocicloesano sono sempre stati sotto il limite di rilevanza del metodo. Tutte le altre molecole solo in maniera sporadica risultano superiori alla soglia di rilevabilità. I pesticidi organo clorurati vengono determinati con il metodo EPA 3510 1996+EPA8270 2007 ed il limite di detezione è di 20 ng.



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

Il 4,4'DDE è stato rilevato una sola volta nel ciclo di luglio-settembre nella stazione L10 con un flusso pari a 48 ng/m<sup>2</sup>/giorno, mentre il 4,4'DDT è stato rilevato solamente in L1 nel ciclo di gennaio-marzo con un tasso di deposizione di 23 ng/m<sup>2</sup>/giorno ed in L4 nella campagna di marzo-aprile con valori pari a 19 ng/m<sup>2</sup>/giorno. I flussi di metoxicloro sono stati rilevati in L1 nel I° e V° ciclo di misura rispettivamente 32 e 13 ng/m<sup>2</sup>/giorno e nelle stazioni L4, L5, L9 e L10 durante il V° ciclo di misura con flussi medi giornalieri dell'ordine di 10 ng/m<sup>2</sup>/giorno.

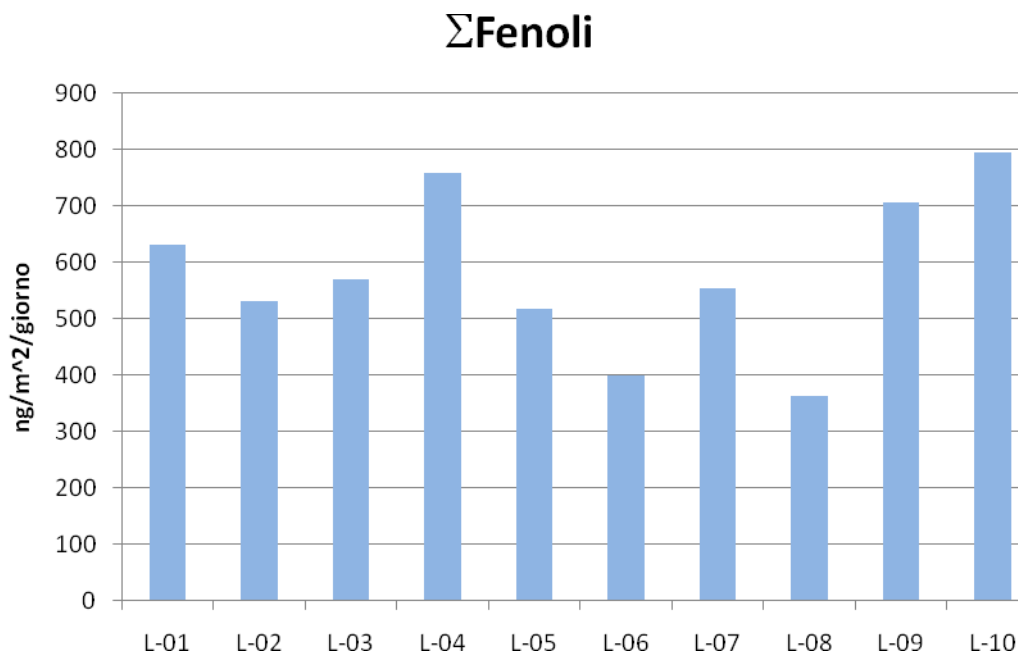
## **Fenoli**

I fenoli ed i loro derivati sono comunemente presenti nell'ambiente. Questi composti sono utilizzati come componenti di coloranti, polimeri, farmaci ed altre sostanze organiche. La presenza di fenoli nell'ambiente è anche in relazione alla produzione di pesticidi e alla loro degradazione. Altre fonti antropogeniche di fenoli sono le industrie chimiche, petrolifere, farmaceutiche o colorifici, nonché gli impianti di trattamento dei rifiuti industriali e civili. Alcune di queste molecole si formano durante i processi naturali, come ad esempio l'idrossibenzene dalla degradazione della materia organica (USEPA, 1980) o dalla trasformazione della tirosina nel tratto digestivo dei mammiferi (Tsuruta, 1996). Il fenolo è stato uno dei primi composti iscritti nella lista degli inquinanti prioritari dell'Agenzia di Protezione Ambientale degli Stati Uniti d'America (Michalowicz *et al* 2007). Sono 10 i fenoli oggetto del monitoraggio : fenolo; 2-clorofenolo; 2-metilfenolo; 2-nitrofenolo; 2,4-dimetilfenolo; 2,4-diclorofenolo; 2,4,6-triclorofenolo; 2,4,5-triclorofenolo; 2,3,4,6 tetraclorofenolo ed il pentaclorofenolo

La distribuzione dei fenoli in laguna risulta abbastanza eterogenea, a conferma delle numerose fonti di emissione di questi composti. I flussi maggiori sono stati stimati nelle stazioni L4 di Fondamente Nuove e L10, in prossimità rispettivamente del centro urbano di Venezia e Chioggia (fig. 26). Delle diverse molecole di fenoli investigate il 2-clorofenolo, 2,4-diclorofenolo, 2,4,6-triclorofenolo, 2,4,5-triclorofenolo ed il 2,3,4,6 tetraclorofenolo sono sempre stati sotto la soglia di rilevabilità analitica (20 ng).



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**



**Figura 26. Flussi medi giornalieri di deposizione di fenoli totali nelle diverse stazioni della rete SAMANET, rilevati nei primi cinque cicli delle campagna di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche del 2010**

## **Ftalati**

Gli ftalati sono sostanze chimiche organiche prodotte dal petrolio e sono gli agenti plastificanti maggiormente diffusi a livello mondiale. Sono una famiglia di sostanze chimiche usate principalmente per rendere morbido e flessibile il cloruro di polivinile (PVC). Benché i vari tipi utilizzati oggi abbiano delle similitudini strutturali, ognuno ha prestazioni diverse. Gli ftalati sono utilizzati anche in altri campi come in quello farmaceutico o cosmetico. Per esempio il dibutilftalato è maggiormente utilizzato nei cosmetici sia come plastificante per smalti e prodotti per capelli sia come solvente per profumi. La sua frequente utilizzazione è ricollegabile al fatto che il dibutilftalato conferisce al prodotto cosmetico una elevata malleabilità e flessibilità favorendo,



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
MAGISTRATO ALLE ACQUE**

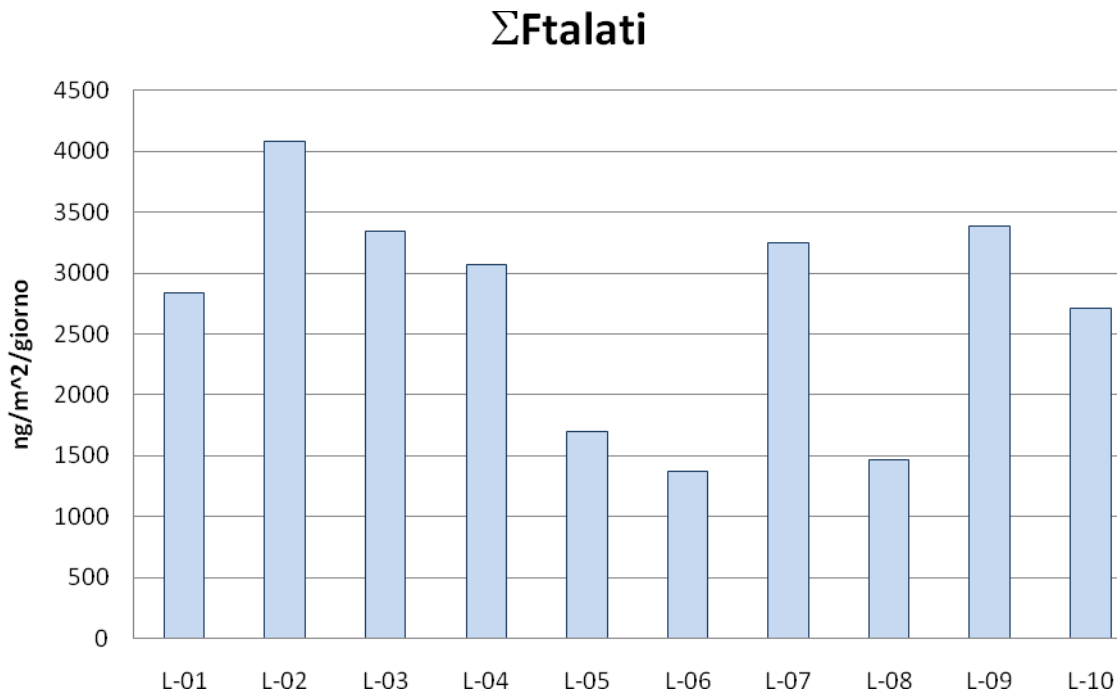
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado  
e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUAMENTO**

l'applicazione di prodotti come smalti per unghie e vaporizzatori (nebulizzatori) per capelli. Questi si liberano facilmente nei diversi media a causa del loro debole legame covalente con i polimeri che lo contengono. Quindi dato l'ampio utilizzo di questi composti e la conseguente esposizione sia per l'uomo che per l'ambiente, numerosi studi epidemiologici ed ecotossicologici sono stati condotti. Il livello di tossicità degli ftalati varia a seconda del tipo di composti ed il bis (2 etil esil) ftalato possiede il potenziale di tossicità più elevato. Tali composti sono stati sottoposti a numerosi studi, condotti su animali da laboratorio, per valutarne il potere tossicologico ed i risultati hanno mostrato che essi possono provocare la comparsa di aborti, malformazioni congenite come anomalie/deformazioni ossee, effetti dannosi sul sistema riproduttore maschile (es. diminuzione del numero degli spermatozoi fino ad atrofia testicolare)(Saint-Laurent *et al*, 2004).

Gli ftalati indagati sono: dimetilftalato; dietilftalato; dibutilftalato; benzilbutilftalato; bis(2 etilesil)ftalato ed il di N-octylftalato. Di questi la molecola più abbondante è il bis(2 etilesil)ftalato che rappresenta in media circa 80% della sommatoria totale, mentre non è mai stato rilevato il di N-octylftalato. Anche in questo caso la distribuzione spaziale dei tassi di ricaduta dei ftalati risulta abbastanza eterogenea (Fig.27) con flussi maggiori nella stazione di Campalto (L2).



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUAMENTO**



**Figura 27. Flussi medi giornalieri di deposizione di ftalati totali nelle diverse stazioni della rete SAMANET, rilevati nei primi cinque cicli delle campagna di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche del 2010**

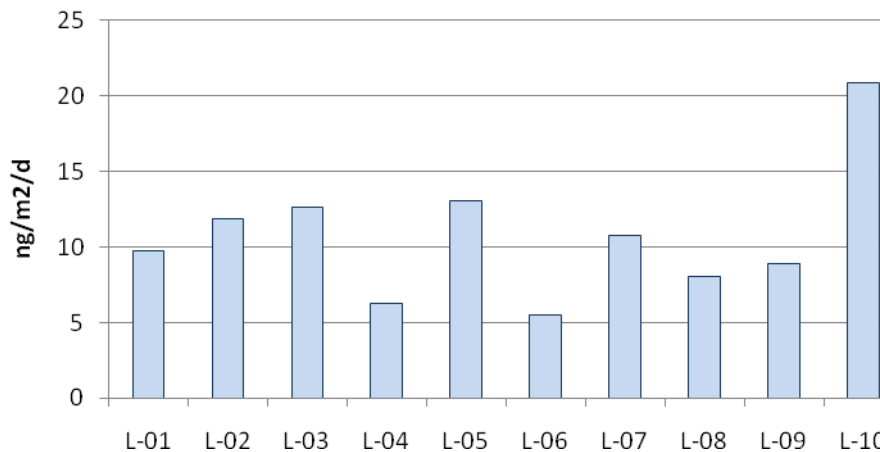
### **Idrocarburi clorurati**

Gli idrocarburi clorurati sono sostanze di origine antropica e sono utilizzati in industria sia come intermedi per la sintesi di molecole organiche. Sempre a livello industriale queste molecole sono utilizzate come agenti sgrassanti, deodoranti negli impianti di trattamento rifiuti e acque nere, nei prodotti svernicianti, inoltre sono impiegate come erbicida e insetticida. Le molecole analizzate in questo monitoraggio sono: 1,3diclorobenzene; 1,4diclorobenzene; 1,2diclorobenzene, esacloroetano; 1,2,3triclorobenzene; esaclorobutadiene; esaclorociclopentadiene; 1,2,4,5tetraclorobenzene; pentaclorobenzene; 2clornaftalene. Di questi solo 1,2 diclorobenzene è risultato sopra il limite di rilevabilità del metodo. La distribuzione di quest'ultimo non evidenzia nessuna situazione particolare, con flussi medi comparabili (fig.28).



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUAMENTO**

## 1.2 diclorobenzene



**Figura 28.** Flusso medio giornaliero di deposizione di 1,2 diclorobenzene nelle diverse stazioni della rete SAMANET, rilevati nei primi cinque cicli delle campagne di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche del 2010

## Atrazina

L'atrazina è un principio attivo ad azione erbicida appartenente alla classe delle clorotriazine. Questa molecola è stata pesantemente utilizzata dall'industria agricola per il diserbo di mais, sorgo e canna da zucchero, con conseguente contaminazione dei diversi comparti ambientali. L'Atrazina ed i suoi prodotti di degradazione sono stati trovati, generalmente a livelli bassi, nei fiumi, laghi, estuari, nelle acque di falda e nell'acqua potabile ed è stata rinvenuta anche nella nebbia e nelle precipitazioni atmosferiche (Thurman et al., 1991, 1992 Goolsby & Battaglin, 1993; Huber, 1993; Bintein & Devillers, 1996; Schottler & Eisenreich, 1997; Thurman et al., 1998). Nell'area urbana di Parigi è stato stimato un flusso annuale di deposizione di atrazina pari a 77  $\mu\text{g}/\text{m}^2$  (Chevreuil, M. et al 1996). In laguna di Venezia solo una volta nella stazione L1 nella campagna di gennaio-marzo è



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

stata stimato un flusso pari a 12 ng/m<sup>2</sup>/giorno, tutte le altre determinazioni erano sotto il limite di rilevabilità (20 ng, metodo EPA 3510 1996+EPA 8270 2007).

## **Campagna straordinaria per il monitoraggio dell'eruzione del vulcano Eyjaffjallajökull**

Nei mesi di marzo e aprile il nord Europa è stato interessato dell'intensa attività eruttiva del vulcano islandese Eyjaffjallajökull che ha introdotto una gran quantità gas e ceneri in atmosfera. L'obiettivo di questa campagna straordinaria era quello di verificare se la plume eruttiva in qualche modo avesse interessato anche la laguna di Venezia. Dall'analisi degli elementi in comune tra le ceneri vulcaniche ed il programma di monitoraggio (ferro, manganese), non si è registrata nessuna anomalia e la variabilità rientrava nelle normali variazioni registrate nella stazioni dal 2007 ad oggi.

### **Considerazioni conclusive**

Nel corso del 2010 i flussi di ricaduta dei microinquinanti sia inorganici che organici sono risultati inferiori a quelli stimati nel triennio precedente ~~con la sola eccezione dello zinco~~. Da un punto di vista spaziale la distribuzione dei flussi rimane sostanzialmente invariata con andamenti sito specifici già più volte evidenziati nelle relazioni precedenti. Per quanto riguarda i contaminanti inorganici le ricadute di Manganese, Vanadio, Cromo, Nichel e Ferro sono più abbondanti nelle zone prossime all'area industriale di Porto Marghera, mentre Arsenico, Cadmio, Rame e Antimonio caratterizzano le ricadute nell'ambito urbano di Venezia. Si ritiene che questi ultimi contributi possano derivare prevalentemente dalle emissioni delle aziende di produzione del vetro artistico concentrate nell'isola di Murano (SAMA, 2008).

Anche per i POP's i flussi rivelati nel 2010 risultano inferiori alle medie del triennio precedente. La distribuzione spaziale dei flussi rimane sostanzialmente invariata a quanto evidenziato nelle relazioni precedenti. I PCDD-PCDF confermano la natura ubiquitaria di questi inquinanti, la cui



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

presenza nelle deposizioni in laguna sembra derivare da fonti non localizzate esclusivamente nell'area industriale di Porto Marghera. Lo stesso in linea generale vale anche per IPA, PCB-Dioxin Like e l'Esaclorobenzene dove non si identifica più nell'area industriale la fonte principale di POP's.

Dal confronto dei dati pubblicati in letteratura risulta che i flussi di deposizione in laguna di Venezia siano notevolmente inferiori o comparabili ai quelli di siti omologhi sia italiani che europei (SAMA, 2010).

## Bibliografia

1. 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
2. Bintein, S. & Devillers, J. (1996) Evaluating the environmental fate of atrazine in France. *Chemosphere*, 32, 2441–2456
3. 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.
4. Chevreuil, M., Garmouma, M., Teil, M.J. & Chesterikoff, A. (1996) Occurrence of organo-chlorines (PCBs, pesticides) and herbicides (triazines, phenylureas) in the atmosphere and in the fallout from urban and rural stations in the Paris area. *Sci. total Environ.*, 182, 25–37
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. European Food Safety Authority (2010). Results of the monitoring of non dioxin-like PCBs in food and feed. *EFSA Journal* 2010; 8(7):1701. [35 pp.]. doi:10.2903/j.efsa.2010.1701. Available online: [www.efsa.europa.eu](http://www.efsa.europa.eu)





**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUAMENTO**

7. Ferrari G., Tromellini E. (2007), "Un mare curabile – conoscere I veleni della laguna di Venezia per risanare e prevenire", Venezia, Marsilio Editore pp.131.
8. Goolsby, D.A., Battaglin, W.A., Fallon, J.D., Aga, D.S. Kolpin, D.W. & Thurman, E.M. (1993) Persistence of herbicides in selected reservoirs in the midwestern United States: Some preliminary results. In: Goolsby, D.A., Boyer, L.L. & Mallard, G.E., eds, Selected Papers on Agricultural Chemicals in Water Resources of the Midcontinental United States (Open File Report 93-418), Denver, CO, United States Geological Survey, pp. 51–63
9. 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.
10. Horstmann M., McLachlan (1997). "Sampling bulk deposition of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxin and Dibenzofurans", *Atmospheric Environment*, 31, (18), 2977-2982.
11. Huber, W. (1993) Ecotoxicological relevance of atrazine in aquatic systems. *Environ. Toxicol.Chem.*, 12, 1865–1881
12. 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.
13. Lide D.R. (2002), "CRC handbook of chemistry and physic, 83rd edition, 2002-2003. 92Boca Raton (FL)": CRC Press.
14. Menichini E. (1994), "Polycyclic aromatic hydrocarbons: identity, physical and chemical properties, analytical methods". Rapporti ISTISAN 94/5.
15. Michalowicz J., Duda W.: Phenols – Sources and Toxicity. *Polish J. Of Environ. Stud.* Vol. 16, No.3, (2007), 347-362.
16. Mosello R., Marchetto A. and Tartari G.A. (1988), "Bulk and wet atmospheric deposition chemistry at Pallanza (N. Italy)", *Water, Air and Soil Pollut.* 42: 137-151.
17. Rampazzo G, Masiol M, Visin F, Rampado E, Pavoni B (2008). Geochemical characterization of Pm10 emitted by glass factories in Murano, Venice (Italy). *Chemosphere* 71:2068-2075.
18. 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.



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUINAMENTO**

19. 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.
20. 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.
21. Saint-Laurent I., Rhainds M., 2004. Les Phtalates: état des connaissances sur la toxicité et l'exposition de la population générale. Institut National de santé publique Québec.
22. SAMA – Sezione Antinquinamento del Magistrato alle Acque, (2009), “Il monitoraggio SAMANET delle deposizioni atmosferiche nella laguna di Venezia, anno 2008”, [www.magisacque.it](http://www.magisacque.it).
23. SAMA – Sezione Antinquinamento del Magistrato alle Acque, (2010), “Il monitoraggio SAMANET delle deposizioni atmosferiche nella laguna di Venezia, anno 2009”, [www.magisacque.it](http://www.magisacque.it).
24. Schottler, S.P. & Eisenreich, S.J. (1997) Mass balance model to quantify atrazine sources, transformation rates, and trends in the Great Lakes. *Environ. Sci. Technol.*, 31, 2616–2625
25. Segev O, Kushmaro A, Brenner A. Environmental impact of flame retardants (persistence and biodegradability). *Int J Environ Res Public Health* 2009;6:478–91.
26. Stapleton HM, Alaei M, Letcher RJ, Baker JE. Debromination of the flame retardant decabromodiphenyl ether by juvenile carp (*Cyprinus carpio*) following dietary exposure. *Environ Sci Technol* 2004;38:112–9.
27. Thurman, E.M., Goolsby, D.A., Meyer, M.T. & Kolpin, D.W. (1991) Herbicides in surface waters of the midwestern United States: The effect of spring flush. *Environ. Sci. Technol.*, 25,1794–1796
28. Thurman, E.M., Goolsby, D.A., Meyer, M.T., Mills, M.S., Pomes, M.L. & Kolpin, D.W. (1992) A reconnaissance study of herbicides and their metabolites in surface water of the



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**UFFICIO TECNICO ANTINQUAMENTO**

- Midwestern United States using immunoassay and gas chromatography/mass spectrometry. *Environ. Sci.Technol.*, 26, 2440–2447
29. Thurman, E.M., Kolpin, D.W., Goolsby, D.A. & Meyer, M.T. (1998) Source and transport of desethylatrazine and deisopropylatrazine to ground water of the midwestern United States. In: Ballantine, L.G., McFarland, J.E. & Hackett, D.S., eds, *Triazine Herbicides: Risk Assessment* (ACS Symposium Series No. 683), Washington DC, American Chemical Society, pp. 189–207
30. Tsuruta Y., Watanabe S., Inoue H. (1996) Fluorometric determination of phenol and p-cresol in urine by precolumn high-performance liquid chromatography using 4-(N-phthalimidinyl) benzenesulfonyl chloride. *Analyt. Biochem.* 243-86
31. USEPA (1980) Ambient water quality criteria doc: Phenol, USEPA-440/5-80-066 (Pb 81-117772), pp.1100-1156
32. Van Birgelen APJM, "Hexachlorobenzene as a possible major contributor to the dioxin activity of human milk", *Environ Health Perspect* 1998; 106-683-8.
33. Van Birgelen APJM, "Hexachlorobenzene is also a dioxin-like compound: possible impact on the TEQ", *Organohalog Compd* 1999; 44:509-12.
34. 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.
35. Van den Steen E, Covaci A, Jaspers VLB, Dauwe T, Voorspoels S, Eens M, et al. Accumulation, tissue-specific distribution and debromination of decabromodiphenyl ether (BDE209) in European starlings (*Sturnus vulgaris*). *Environ Pollut* 2007;148:648–53.
36. 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.
37. WHO (World Health Organization). 2001. WHO Consultation on Risk Assessment of Non-dioxin-like PCB's. Geneva, Switzerland.