



**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 2016**

**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**

*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\**

*Supervisore per UTA*

*Vittorio Roccabella*

*Collaboratori*

*Fabio Aidone\*, Christian Badetti\*, Massimo Berti\*, Sebastiano Bertini\*, Gigliola Bruno\*, 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 .....	5
Analisi dati meteorologici .....	7
Deposizioni di inquinanti inorganici nella laguna di Venezia .....	8
Andamenti temporali delle deposizioni di microinquinanti inorganici .....	22
Deposizioni di microinquinanti organici persistenti nella laguna di Venezia .....	27
Diossine e Furani (PCDD – PCDF) .....	29
Policlorobifenili (PCB) .....	31
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) .....	34
Esaclorobenzene (HCB) .....	36
Poli Cloro Difenil Etere (PBDE) .....	38
Andamenti temporali delle deposizioni di microinquinanti organici .....	40
Considerazioni conclusive .....	43
Bibliografia .....	44



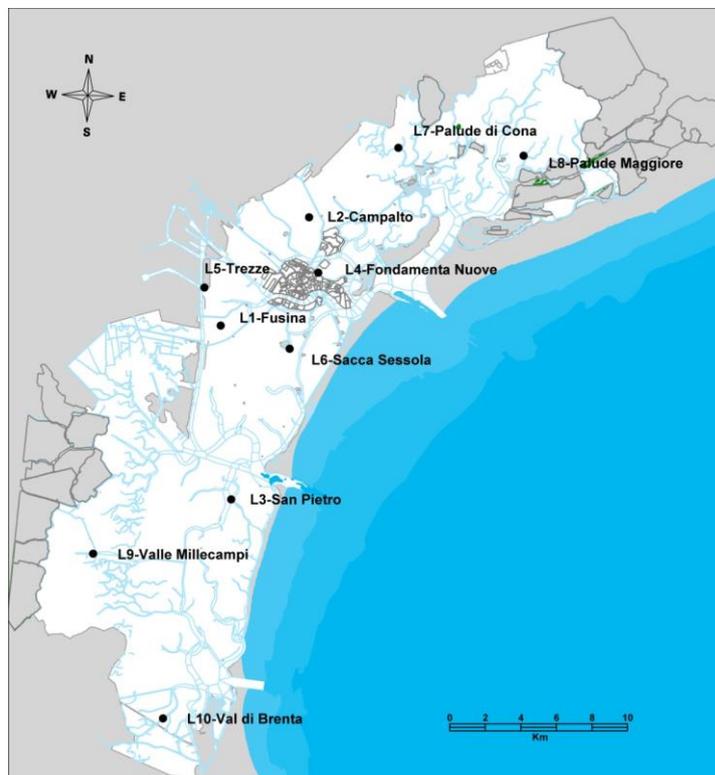
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

## 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, Marcomini et al. 1999). Questo rapporto riporta i risultati del programma di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche rete SAMANET del 2016.

## La rete di monitoraggio SAMANET

La rete di monitoraggio Samanet è costituita da dieci stazioni (fig.1). Nel 2016 le stazioni attive erano nove. La stazione L9 è rimasta inattiva per tutto l'anno a seguito dei danni subiti durante una forte perturbazione avvenuta nella prima settimana di febbraio 2015. Per maggiori dettagli sulla rete SAMANET si rimanda alle relazioni precedenti.



**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

Il programma di monitoraggio prevede l'esecuzione di 6 cicli di misura, le cui date sono riportate in tabella 1.

**Tabella 1- Campagne di misura nel 2016**

	INIZIO	FINE	GIORNI DI ESPOSIZIONE
1	12 febbraio	21 aprile	69
2	21 aprile	8 giugno	48
3	8 giugno	13 settembre	97
4	13 settembre	26 ottobre	46
5	26 ottobre	19 dicembre	54
6	19 dicembre	2 febbraio 2017	52

L'avifauna residente in laguna cresce di numero di anno in anno ed è passata dai 100000 individui stimati nel 1993 a circa 400000 nel 2016 ([www.fuanistiveneti.it](http://www.fuanistiveneti.it)). Tale incremento aumenta in maniera considerevole le probabilità di contaminazione accidentale da guano nei campioni raccolti. Ciò ha forti ripercussioni sull'elaborazione dei dati analitici e conseguentemente sull'attendibilità della rappresentazione dei dati stessi. Nel 2016 non sono stati ritenuti idonei per le determinazioni analitiche 20 campioni, 5 per i metalli e 15 per la frazione organica (tab.2). Il problema è particolarmente grave in alcune stazioni ad esempio nella stazione L5, in zona industriale di porto Marghera, tutti i campioni raccolti per l'analisi della frazione organica non sono stati processati per contaminazione da guano. Per ovviare il problema si è cercato di attivare sistemi di dissuasione passivi ma sempre con risultati poco soddisfacenti in quanto l'efficacia tende a scemare nel tempo dato che negli animali si innescano fenomeni di assuefazione.



**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 2016.**

CAMPAGNA		1	2	3	4	5	6	tot
L1	metalli	X	√	√	√	√	√	1
	organici	√	√	√	√	√	√	0
L2	metalli	√	√	√	X	√	√	1
	organici	√	X	X	√	X	X	4
L3	metalli	√	√	√	√	√	√	0
	organici	√	X	√	√	√	√	1
L4	metalli	√	√	√	√	√	√	0
	organici	√	√	√	√	√	√	0
L5	metalli	X	√	√	√	√	√	1
	organici	X	X	X	X	X	X	6
L6	metalli	√	√	√	√	√	√	0
	organici	√	√	√	√	√	√	0
L7	metalli	√	√	√	√	√	√	0
	organici	√	√	X	√	√	√	0
L8	metalli	√	X	√	X	√	√	2
	organici	√	√	X	√	X	X	3
L9	metalli	nd						
	organici	nd						
L10	metalli	√	√	√	√	√	√	0
	organici	√	√	√	√	√	√	0

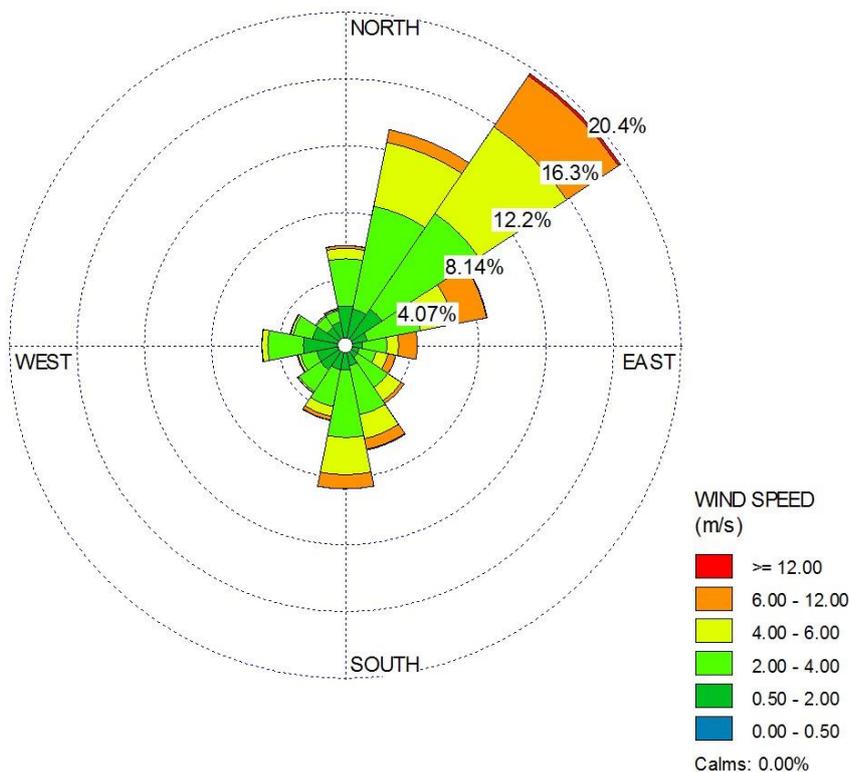
√ campione processato, X campione ritenuto non idoneo per le analisi chimiche. L'ultima colonna è il totale dei campioni non idonei.



**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

La rosa dei venti del 2016 è stata 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 compagnia della vela nell'isola di San Giorgio. L'anemometro è posizionato ad un'altezza di 14 metri sul livello del medio mare. Il vento proviene principalmente dal quadrante nord-orientale e secondariamente da quello sud-orientale (fig.2), in accordo con le condizioni tipiche dell'area (Carrera *et al*, 1995)



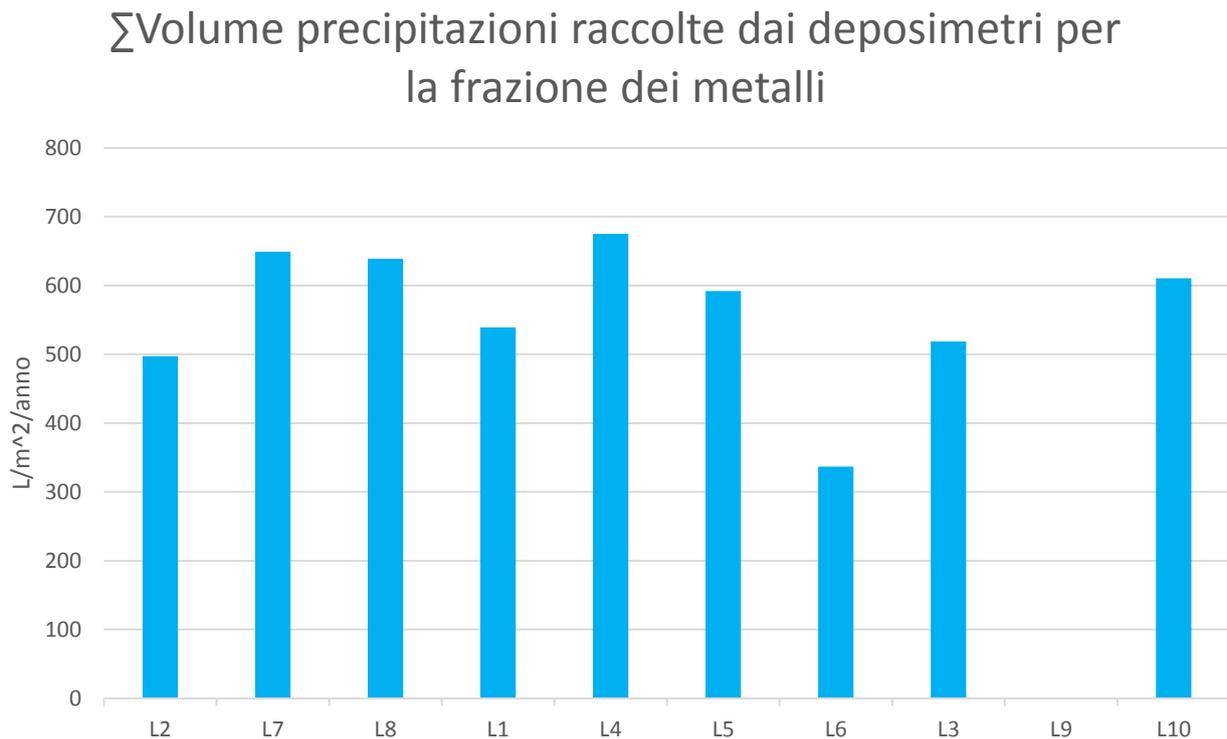
**Figura 2. Rosa dei venti dominanti in laguna di Venezia nel 2016, stazione di San Giorgio dell'ICPSM di Venezia.**

Il grafico in figura 3 riporta la sommatoria del volume delle precipitazioni raccolte. Al fine di rendere il confronto significativo sono stati considerati solo i cicli di raccolta validi per tutte le stazioni. In



**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**

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. Si evidenzia una distribuzione eterogenea delle precipitazioni anche per stazioni molto vicine come L4 e L6 rispettivamente il valore massimo ed il minimo.



**Figura 3. Sommatoria delle precipitazioni nel 2016.**

## Deposizioni di inquinanti inorganici nella laguna di Venezia

Il programma di monitoraggio prevede il controllo di 12 elementi: Arsenico Mercurio, Cadmio, Antimonio, Piombo, Nichel, Manganese, Vanadio, Cromo, Rame, Ferro, Zinco. Per le elaborazioni dei dati, come suggerito dalla linea guida dell'ISPRA, tutte le determinazioni al di sotto del limite di detezione del metodo sono state poste pari al limite stesso. 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. Nelle figure seguenti (figg. 4-12) sono riportati il valore medio dei flussi stimati nel periodo 2007-15 (barra



**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**

azzurra) con deviazione standard (linea bianca) ed il flusso medio stimato nel 2016 (barra gialla) per ogni singola stazione. Questi valori sono riportate anche in forma tabellare (tab. 3).

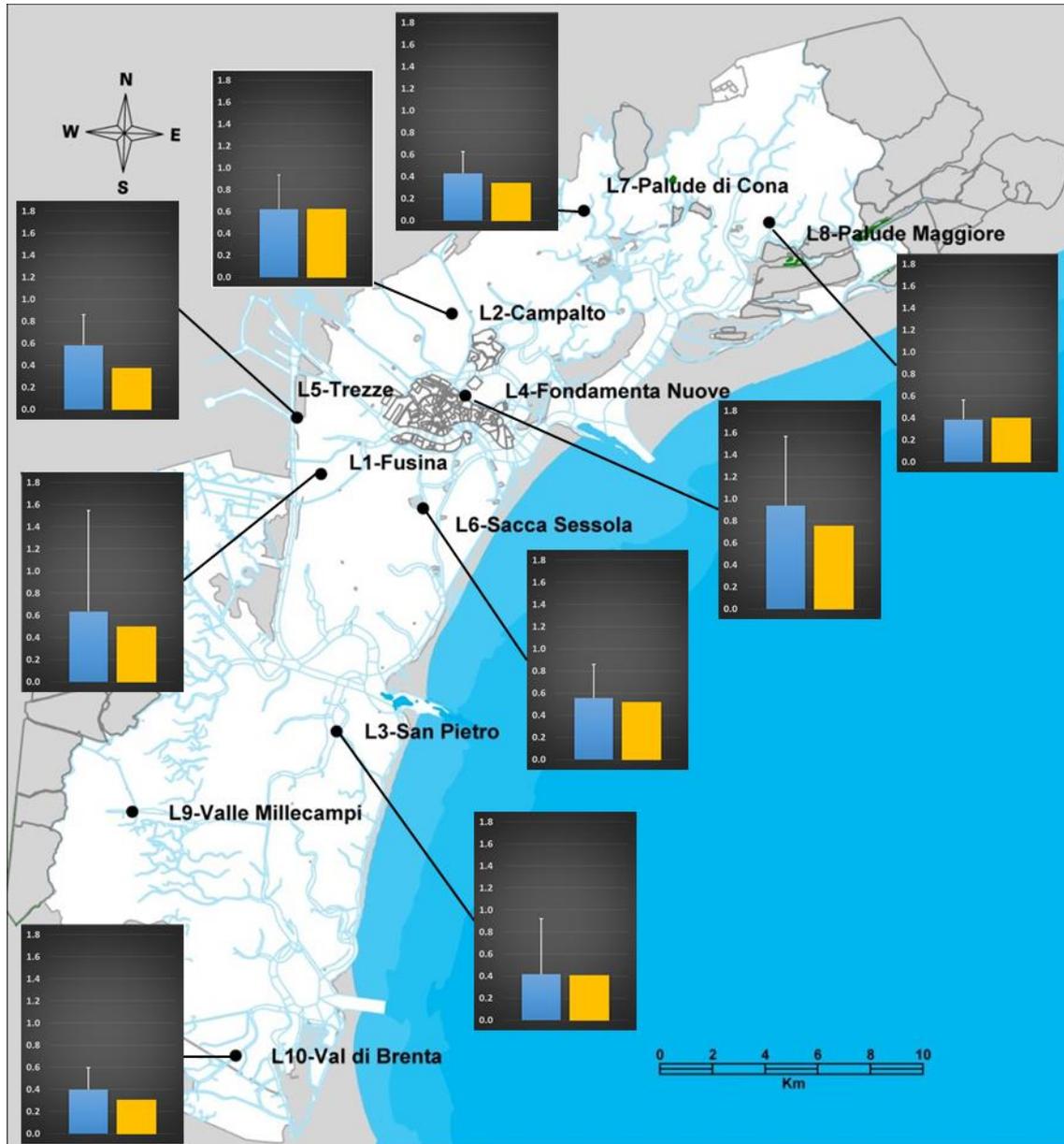
Le stazioni L1, L4, L5, L6, L7 e L10 nel 2016 hanno mostrato flussi medi confrontabili con il valore medio stimato negli anni precedenti e solo raramente sono stati misurati flussi anomali (hotspot) ad esempio: il mercurio in L4 ( $0.11 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$ ) ed il ferro in L10 ( $1937 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$ ) entrambi nel sesto ciclo di misura.

Ben diverso è quanto riscontrato nelle stazioni L2, L3, L8 che hanno mostrato quasi sempre flussi medi elevati ben al di sopra del valore medio del periodo 2007-15 e alla deviazione standard questo per quasi tutti gli elementi indagati. I cicli con i flussi maggiori sono stati il secondo ed il sesto. Bisognerà vedere se negli anni prossimi si confermerà questo comportamento a chiazze ed eventualmente capire quali potrebbero essere le possibili sorgenti.

.



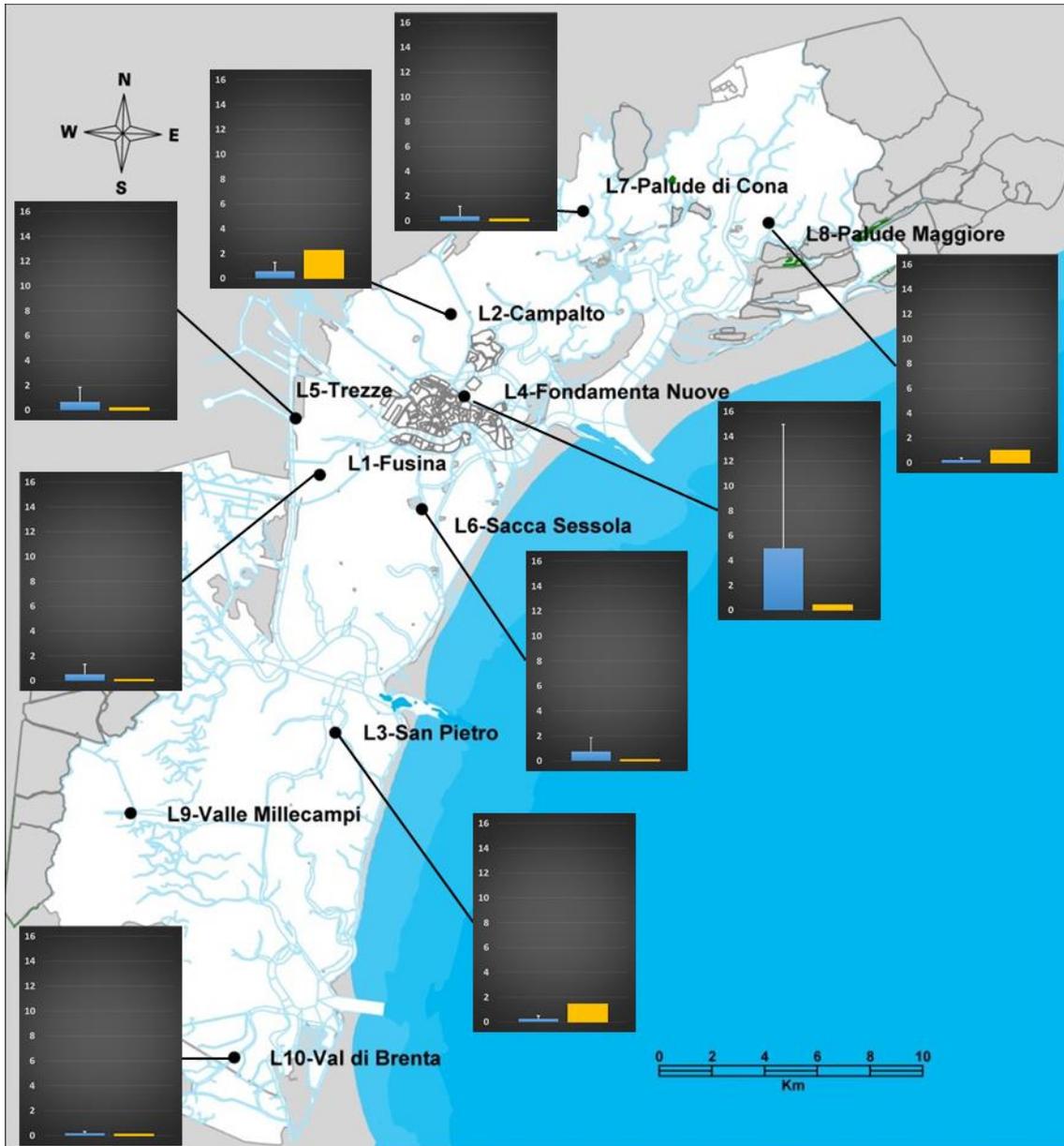
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**



**Figura 4.** Tassi medi giornalieri in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$  di deposizione di Arsenico nelle stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-15; colonna gialla media 2016).



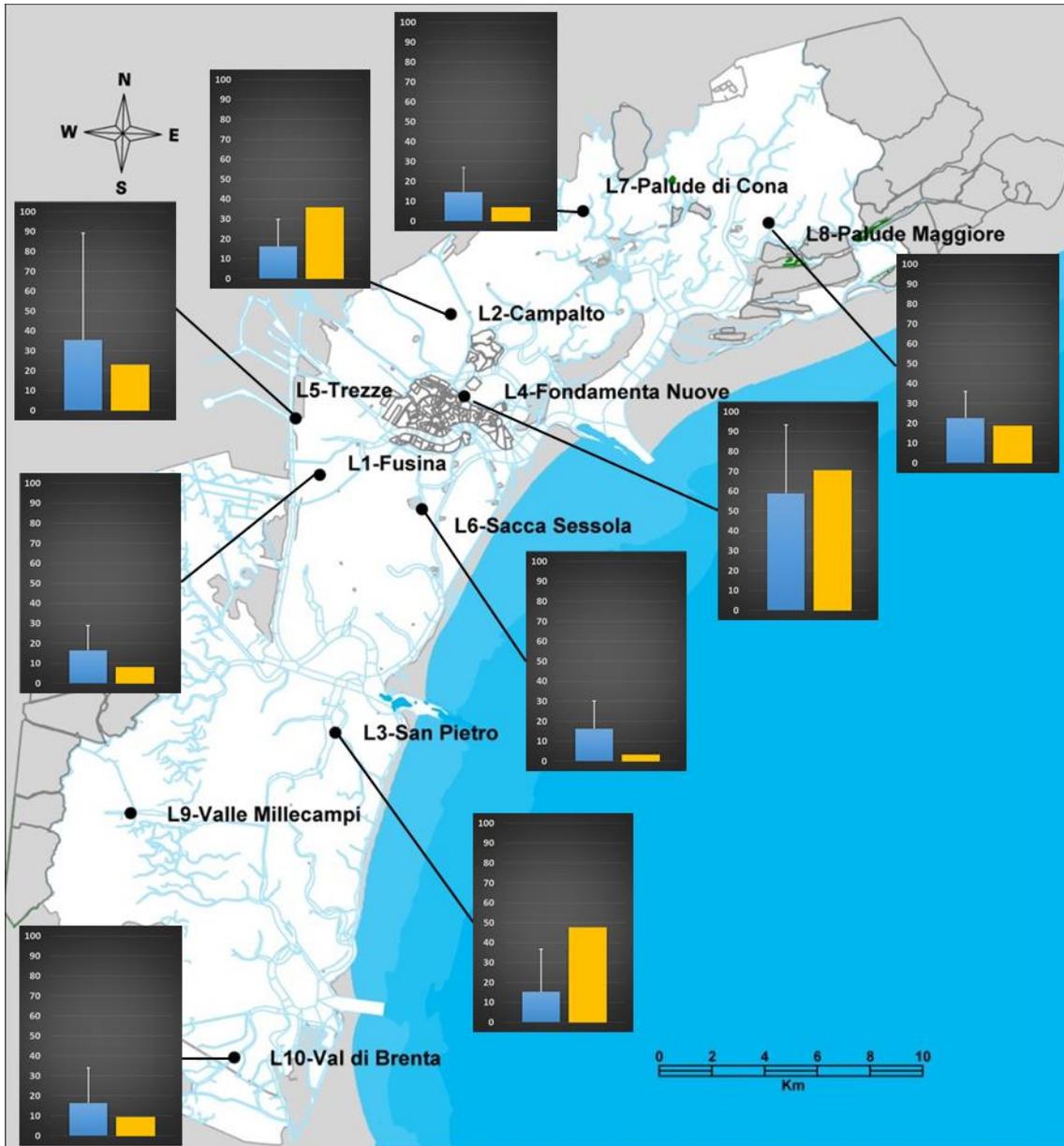
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**



**Figura 5.** Tassi medi giornalieri in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$  di deposizione di Cadmio nelle stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-15; colonna gialla media 2016).



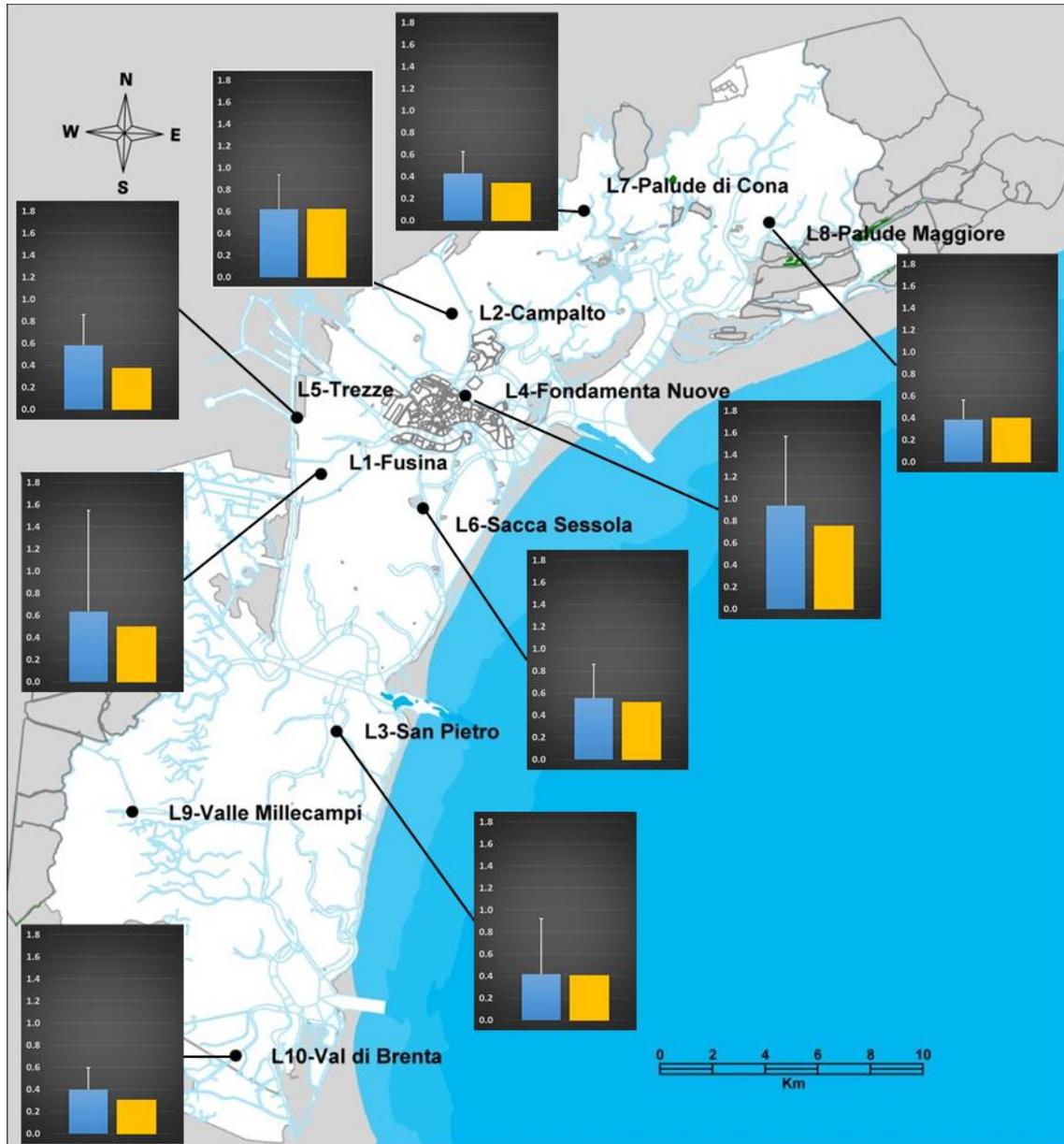
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**



**Figura 6.** Tassi medi giornalieri in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$  di deposizione di Piombo nelle stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-15; colonna gialla media 2016).



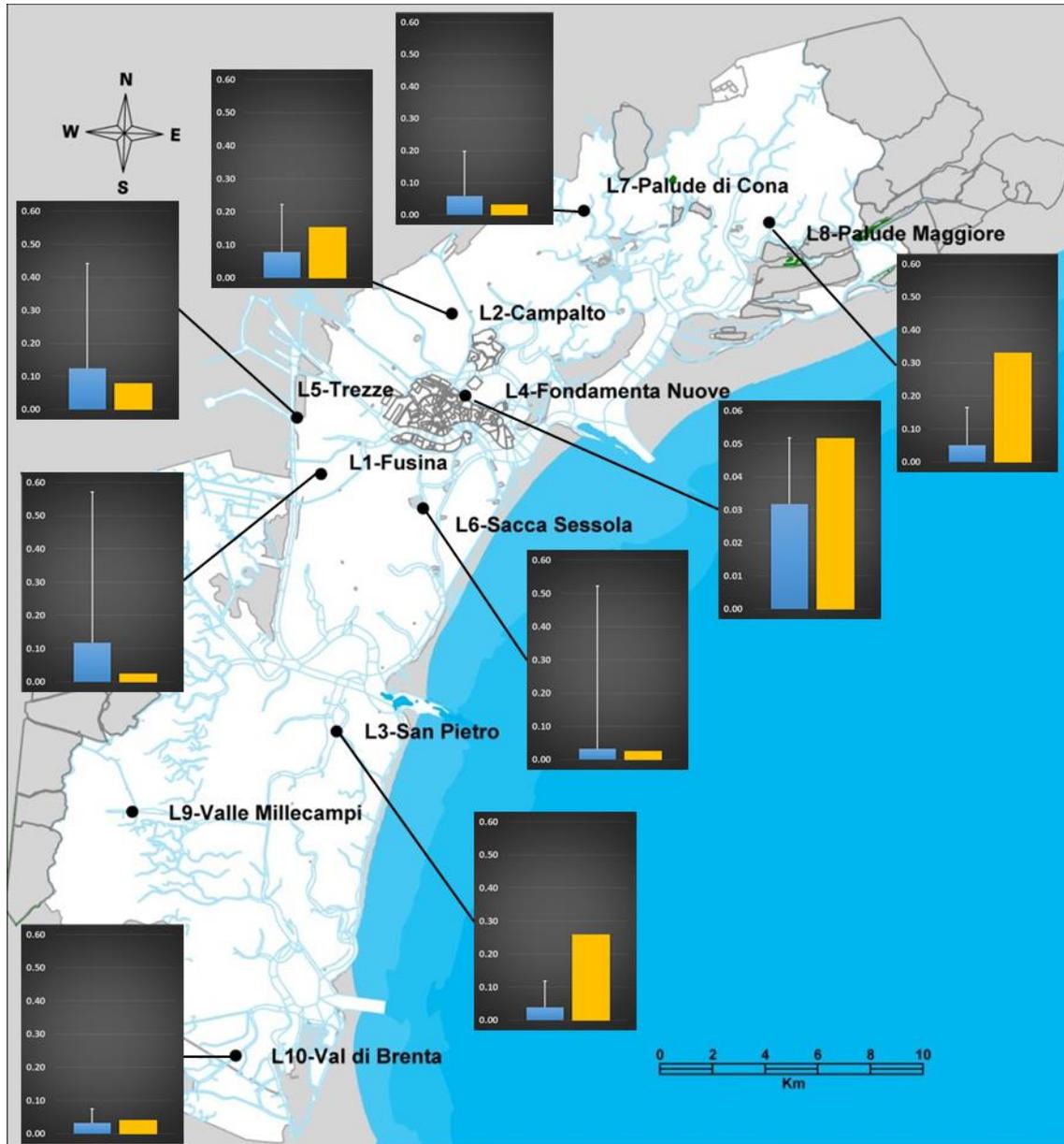
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**



**Figura 7.** Tassi medi giornalieri in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$  di deposizione di Antimonio nelle stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-15; colonna gialla media 2016).



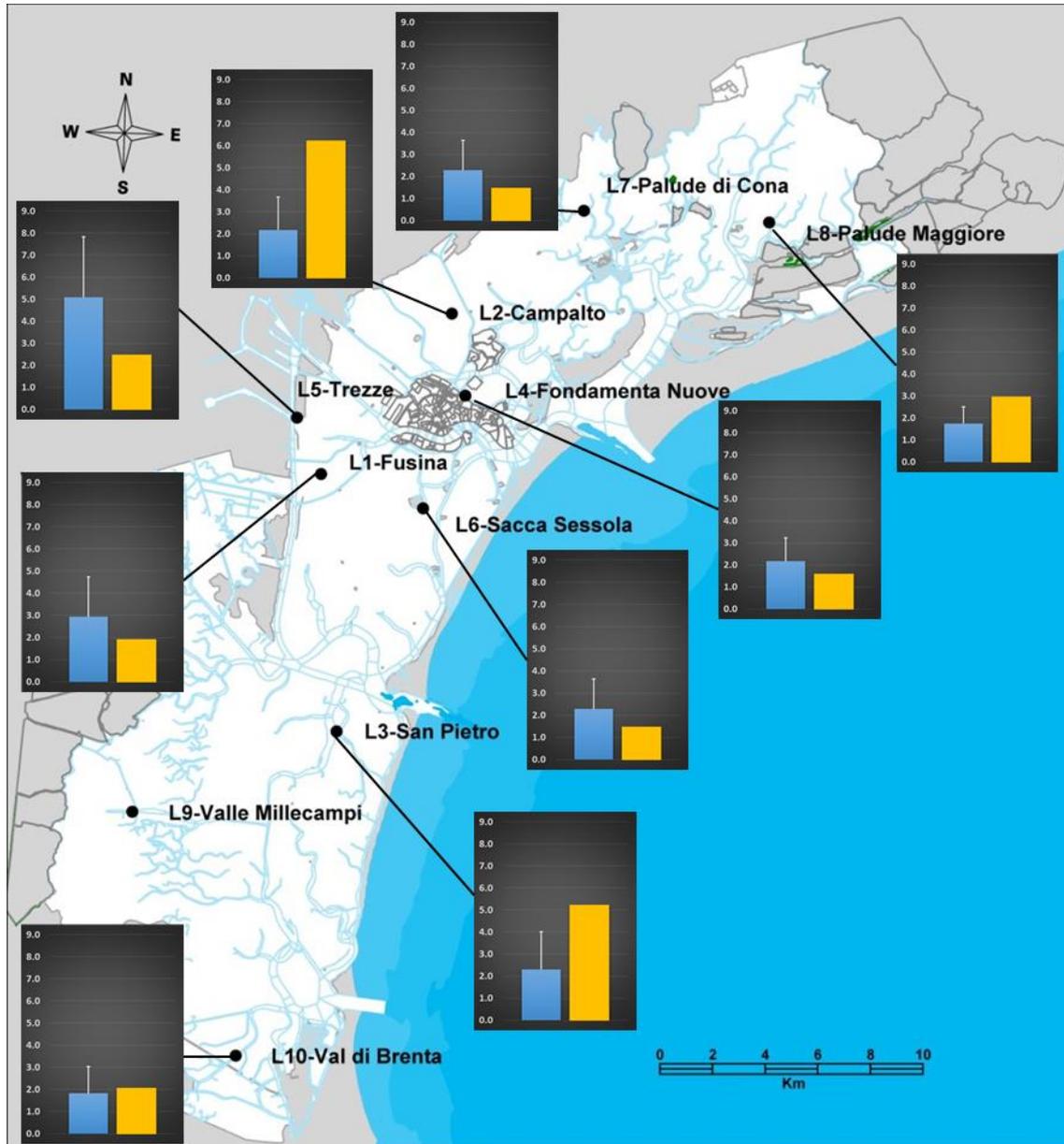
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**



**Figura 8.** Tassi medi giornalieri in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$  di deposizione di Mercurio nelle stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-15; colonna gialla media 2016).



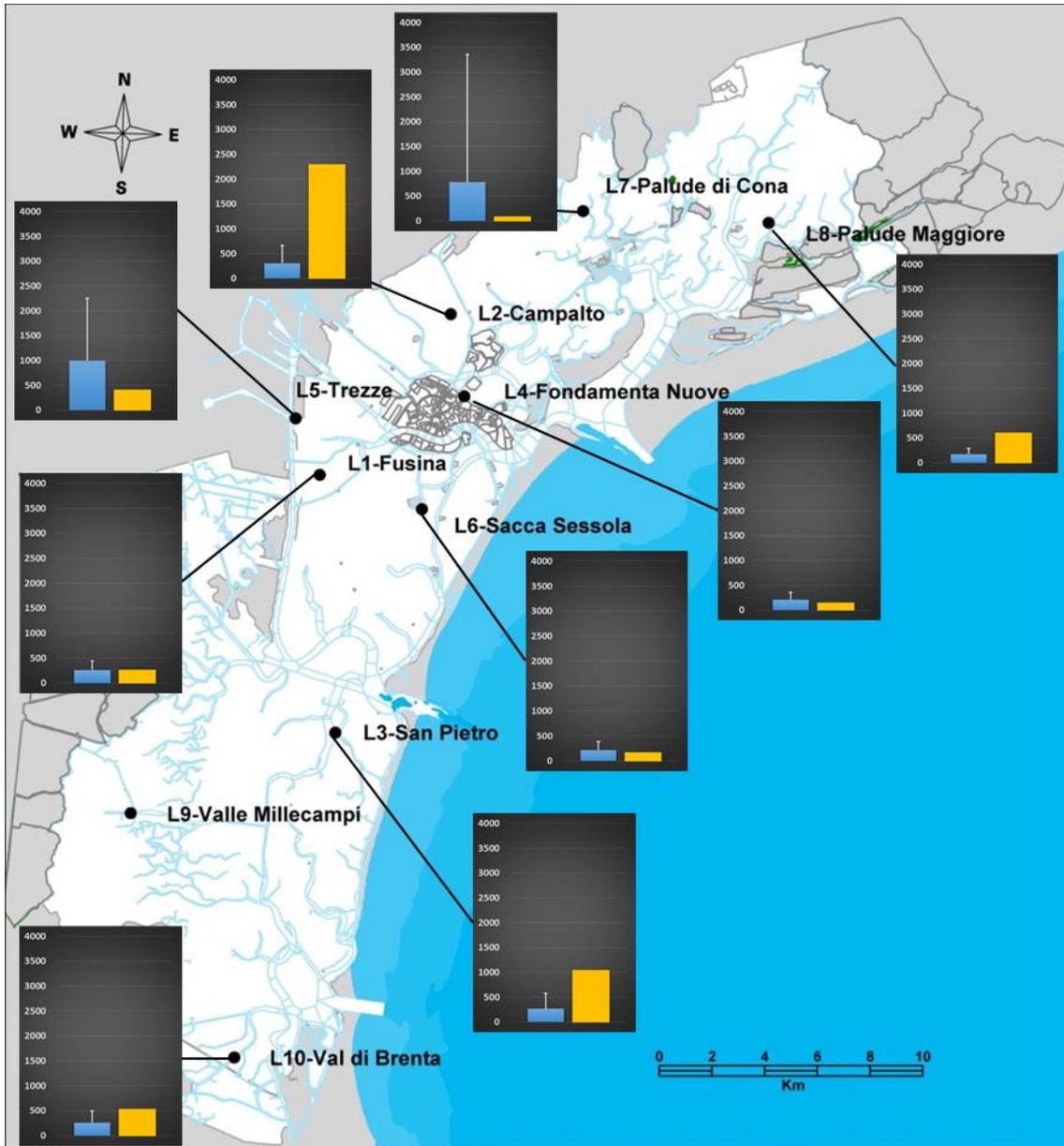
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**



**Figura 9.** Tassi medi giornalieri in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$  di deposizione di Vanadio nelle stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-15; colonna gialla media 2016).



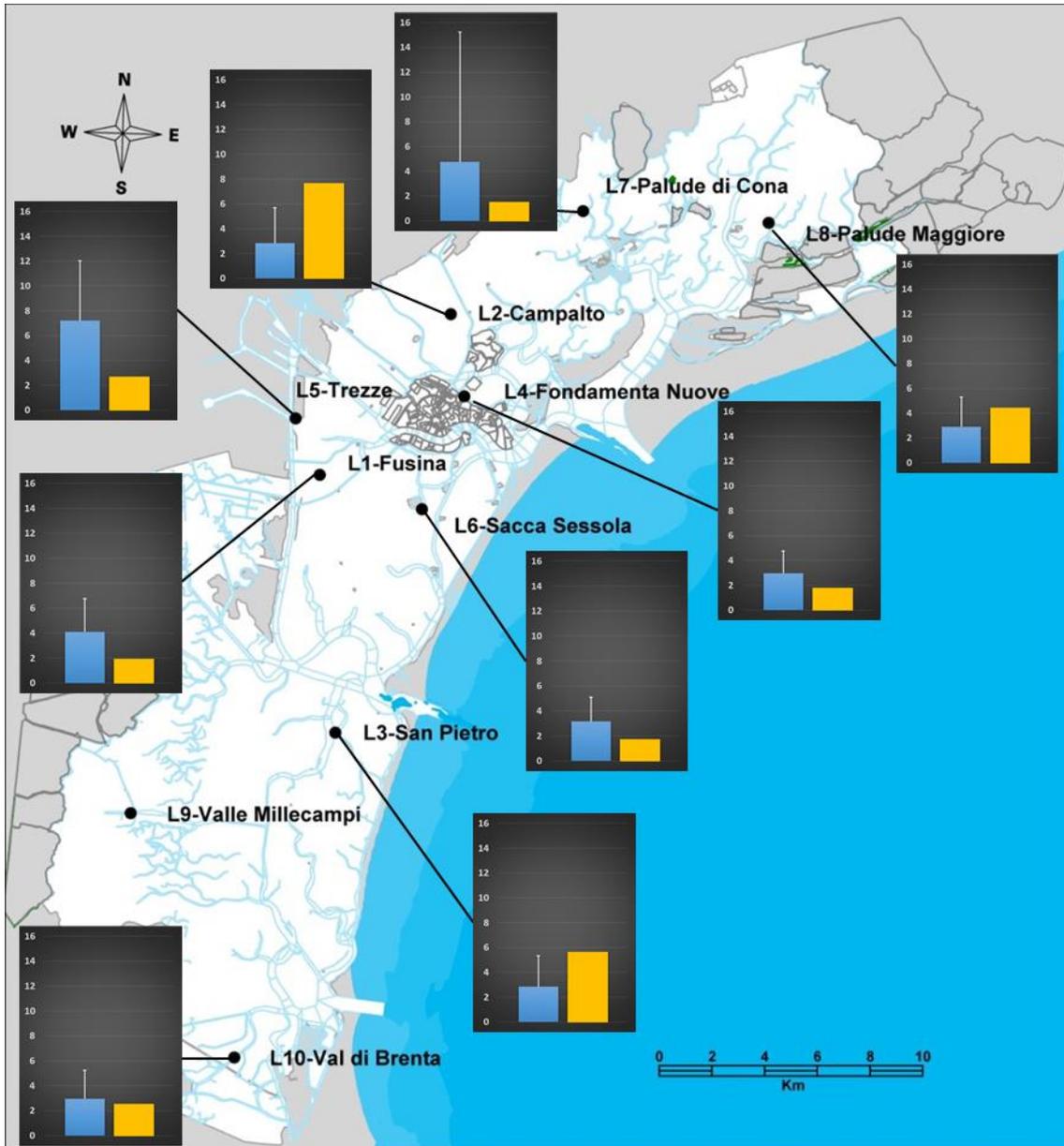
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**



**Figura 10.** Tassi medi giornalieri in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$  di deposizione di Ferro nelle stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-15; colonna gialla media 2016).



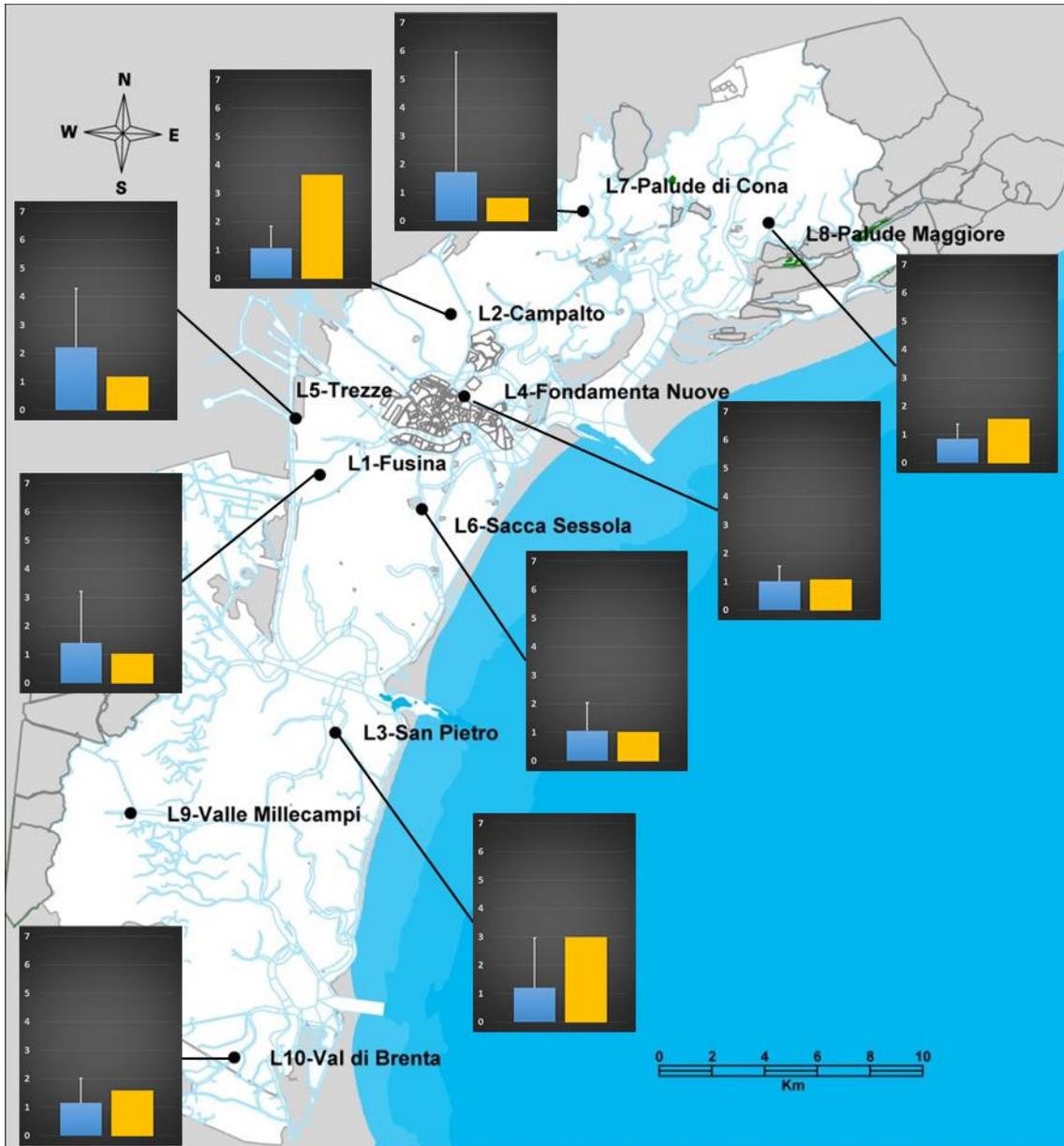
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**



**Figura 11.** Tassi medi giornalieri in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$  di deposizione di Nichel nelle stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-15; colonna gialla media 2016).



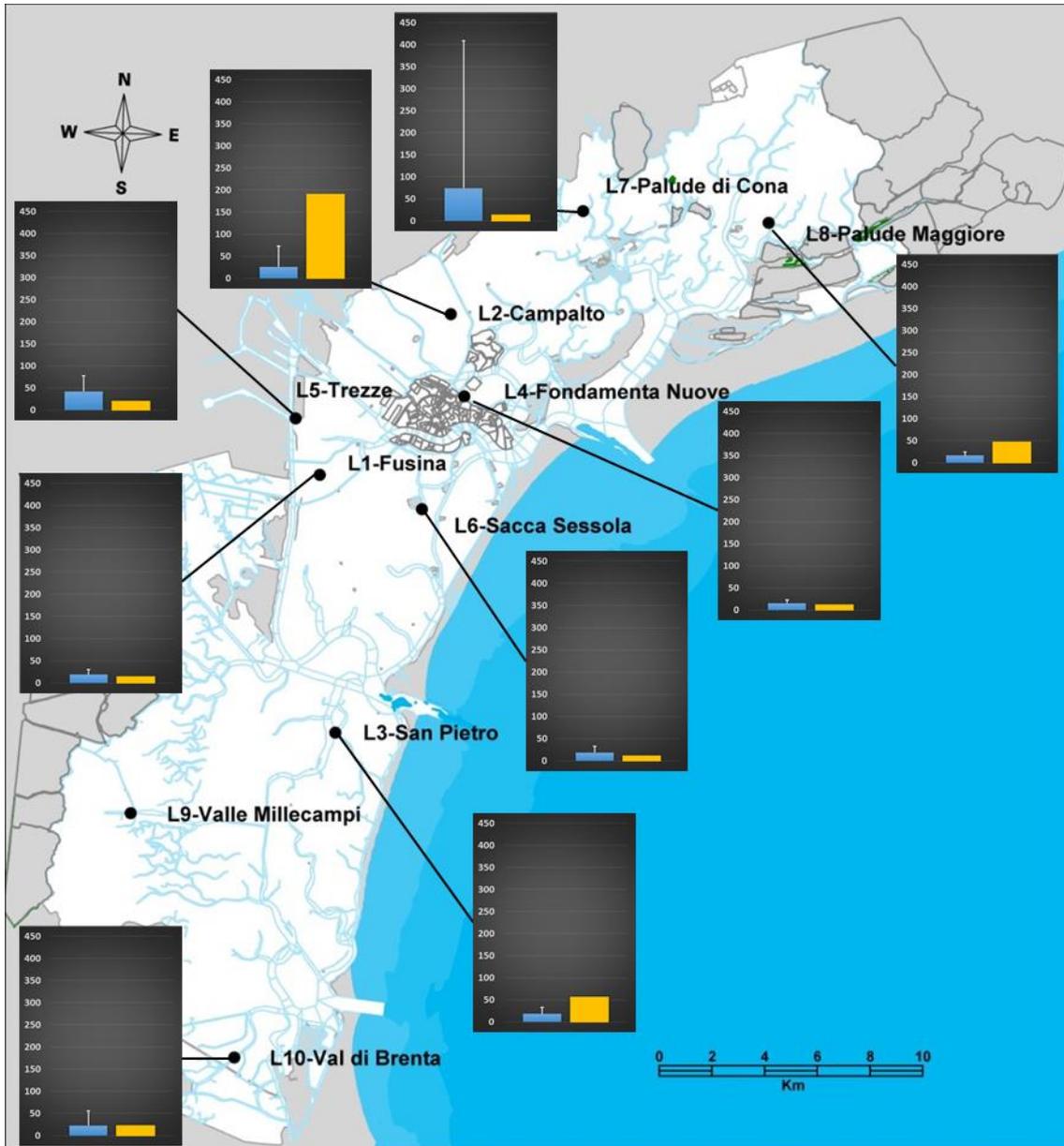
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**



**Figura 12.** Tassi medi giornalieri in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$  di deposizione di Cromo nelle stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-15; colonna gialla media 2016).



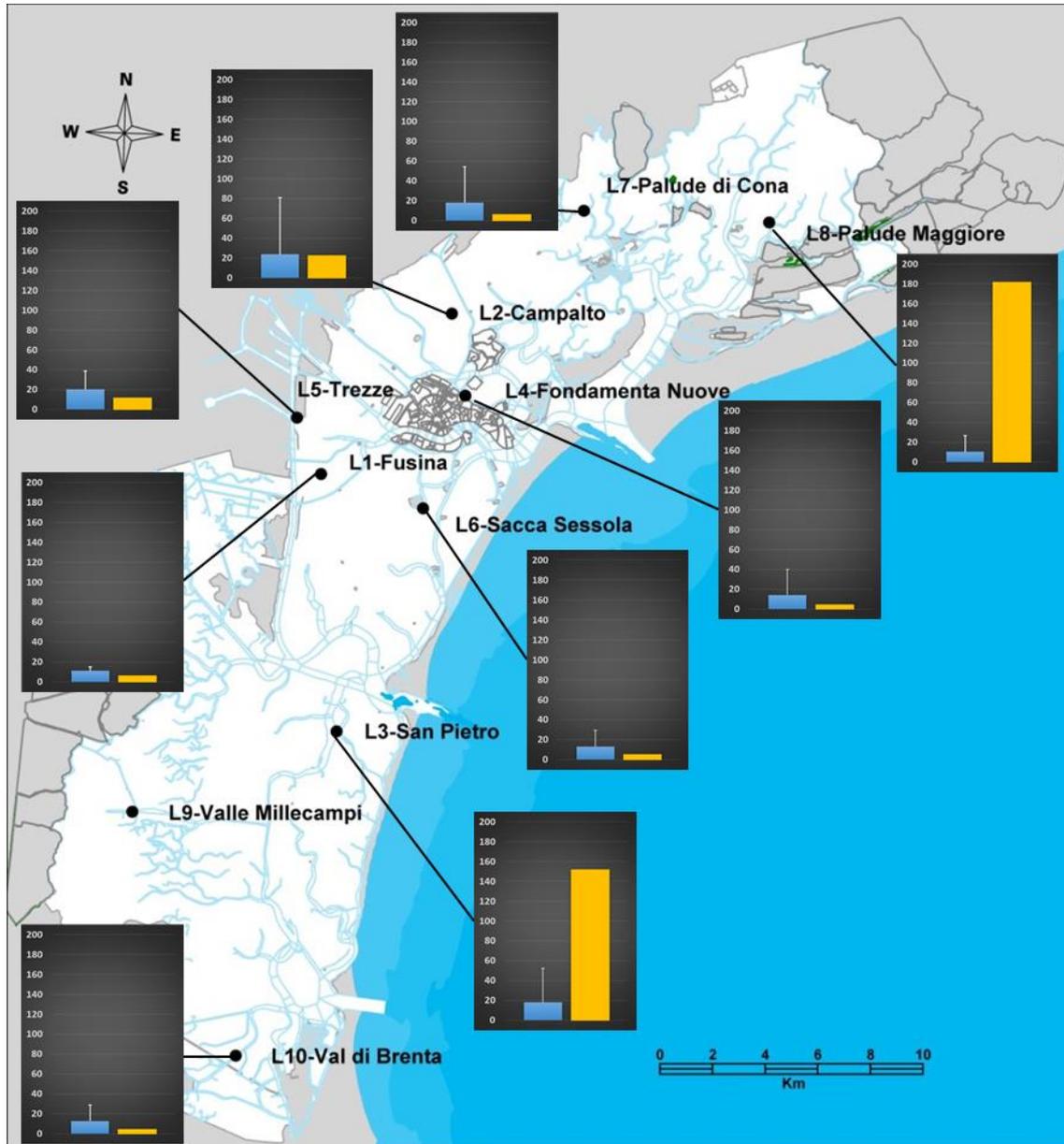
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**



**Figura 13.** Tassi medi giornalieri in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$  di deposizione di Manganese nelle stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-15; colonna gialla media 2016).



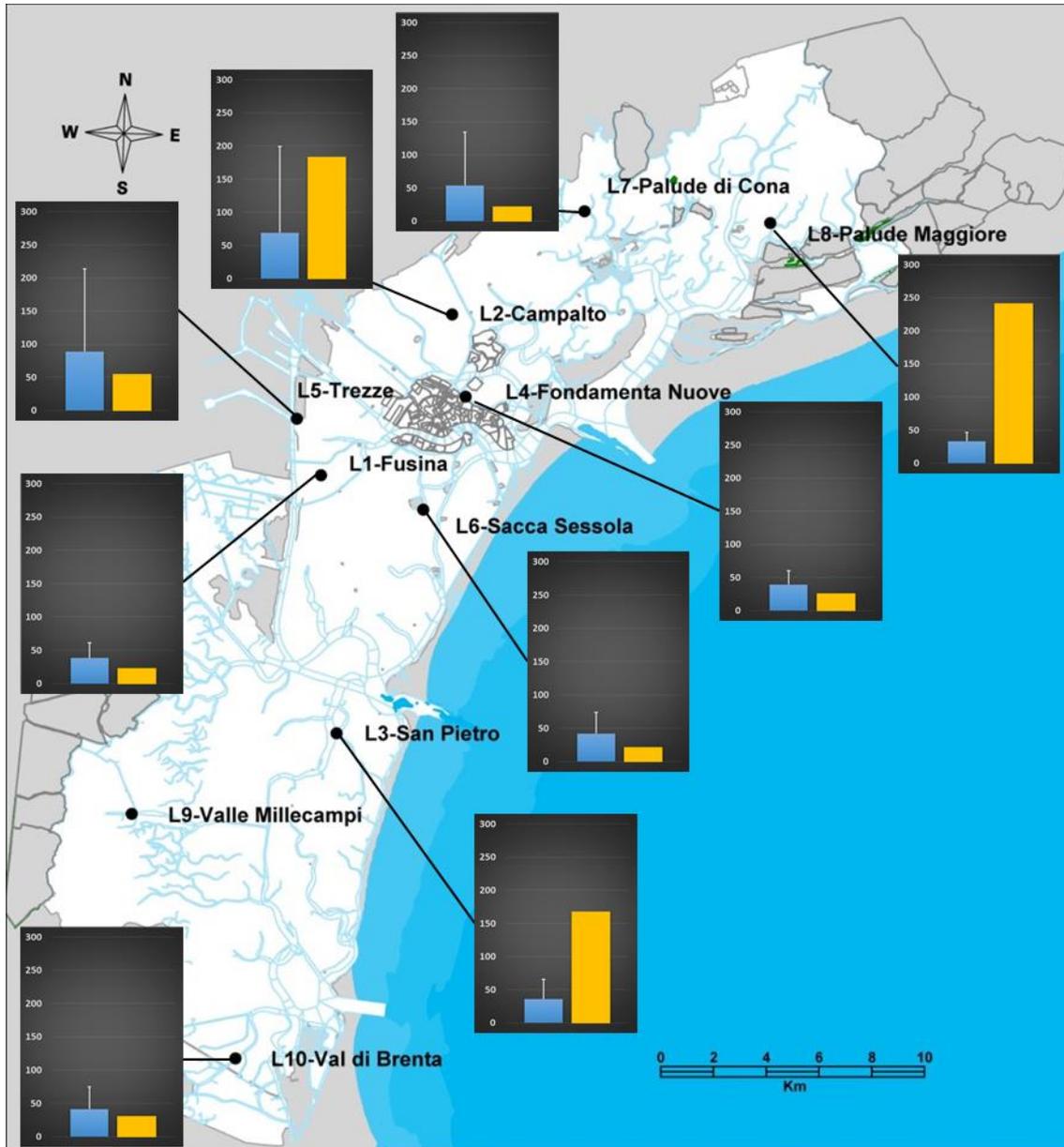
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**



**Figura 14.** Tassi medi giornalieri in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$  di deposizione di Rame nelle stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-15; colonna gialla media 2016).



**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 15.** Tassi medi giornalieri in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$  di deposizione di Zinco nelle stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-15; colonna gialla media 2016).



**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 rilevati nel 2016, espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$ , nelle stazioni della rete SAMANET e posti a confronto con la media del 2007-15**

stazione	Arsenico			Mercurio			Cadmio			Antimonio		
	2016	2007-15	2007-15	2016	2007-15	2007-15	2016	2007-15	2007-15	2016	2007-15	2007-15
	media	media	Dev.st	media	media	Dev.st	media	media	Dev.st	media	media	Dev.st
L1	0.3	0.5	0.5	0.024	0.118	0.529	0.1	0.5	0.8	0.5	0.6	0.9
L2	2.3	0.8	0.9	0.152	0.078	0.144	2.3	0.6	0.7	0.6	0.6	0.3
L3	3.0	0.9	2.2	0.258	0.039	0.080	1.4	0.3	0.2	0.4	0.4	0.5
L4	0.4	1.6	1.1	0.052	0.032	0.020	0.4	5.0	10.0	0.8	0.9	0.6
L5	0.8	1.5	1.4	0.078	0.124	0.318	0.2	0.7	1.2	0.4	0.6	0.3
L6	0.3	0.7	0.5	0.025	0.032	0.030	0.1	0.7	1.1	0.5	0.6	0.3
L7	0.4	0.9	1.7	0.032	0.059	0.139	0.2	0.4	0.8	0.3	0.4	0.2
L8	6.5	0.6	0.8	0.330	0.051	0.114	1.0	0.2	0.2	0.4	0.4	0.2
L9	0.7	0.6	0.5	0.040	0.032	0.042	0.1	0.2	0.1	0.3	0.4	0.2
L10	0.3	0.5	0.5	0.024	0.118	0.529	0.1	0.5	0.8	0.5	0.6	0.9

stazione	Piombo			Nichel			Manganese			Vanadio		
	2016	2007-15	2007-15	2016	2007-15	2007-15	2016	2007-15	2007-15	2016	2007-15	2007-15
	media	media	Dev.st	media	media	Dev.st	media	media	Dev.st	media	media	Dev.st
L1	7.9	16.5	12.5	1.9	4.1	2.6	14.2	19.3	11.4	1.9	2.9	1.8
L2	35.6	16.2	13.6	7.6	2.8	1.7	190.7	26.2	47.2	6.2	2.2	1.5
L3	47.5	15.3	21.4	5.6	2.8	2.5	56.2	18.4	14.5	5.2	2.3	1.7
L4	70.3	58.9	34.4	1.8	3.0	1.8	12.3	15.4	7.6	1.6	2.2	1.1
L5	22.9	35.4	53.7	2.7	7.2	4.8	20.3	42.6	35.7	2.5	5.1	2.8
L6	3.1	16.3	13.9	1.7	3.2	1.9	11.4	18.7	14.1	1.5	2.3	1.4
L7	6.8	14.6	12.2	1.5	4.8	10.5	13.3	74.3	334.7	1.4	3.1	5.3
L8	18.6	22.6	13.3	4.4	2.9	2.4	47.5	16.4	8.3	3.0	1.8	0.8
L9	9.3	16.4	17.5	2.5	3.0	2.3	22.7	22.6	33.1	2.1	1.8	1.2
L10	7.9	16.5	12.5	1.9	4.1	2.6	14.2	19.3	11.4	1.9	2.9	1.8



**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**

stazione	Cromo			Rame			Ferro			Zinco		
	2016	2007-15	2007-15 Dev.st									
	media	media	Dev.st									
<b>L1</b>	1.0	1.4	1.8	6.0	11.0	4.0	257	262	185	23	38	23
<b>L2</b>	3.6	1.1	0.8	22.5	23.7	57.2	2289	306	361	183	69	130
<b>L3</b>	3.0	1.2	1.8	151.6	18.0	34.4	1036	265	314	167	36	30
<b>L4</b>	1.1	1.0	0.5	4.4	14.0	26.0	146	206	151	25	39	21
<b>L5</b>	1.2	2.2	2.1	11.7	20.1	18.5	406	994	1257	55	89	124
<b>L6</b>	1.0	1.1	1.0	4.9	13.1	16.2	166	220	171	21	42	32
<b>L7</b>	0.8	1.7	4.2	6.0	17.9	36.5	81	780	2575	21	54	81
<b>L8</b>	1.5	0.8	0.5	181.4	10.4	16.1	602	171	122	241	33	13
<b>L9</b>	1.6	1.2	0.9	4.4	12.7	16.0	529	261	231	30	41	33
<b>L10</b>	1.0	1.4	1.8	6.0	11.0	4.0	257	262	185	23	38	23

## Andamenti temporali delle deposizioni di microinquinanti inorganici

Alle variazioni temporali dei flussi di deposizione atmosferiche sono stati applicati dei modelli di regressione lineare per verificare l'eventuale presenza di andamenti temporali. L'analisi statistica è stata condotta a scala lagunare e l'indice di tendenza centrale utilizzato per l'elaborazione è la mediana, in quanto risulta più rappresentativa della media dato che il coefficiente di variazione è superiore al 50% (ARPAV, 2014). I risultati confermano, in linea generale quanto già evidenziato nelle relazioni precedenti (tab.4):

Le deposizioni di arsenico, mercurio, risultano costanti e non presentano nessun andamento temporale significativo;

I flussi di cadmio, antimonio, piombo, nichel e vanadio continuano a confermare il loro trend temporale negativo (figg. 16-20)

Per gli altri elementi (manganese, rame, zinco, cromo e ferro) il comportamento risulta eterogeneo negli anni ed abbisogna di ulteriori approfondimenti per esser ritenuto significativo.



**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**

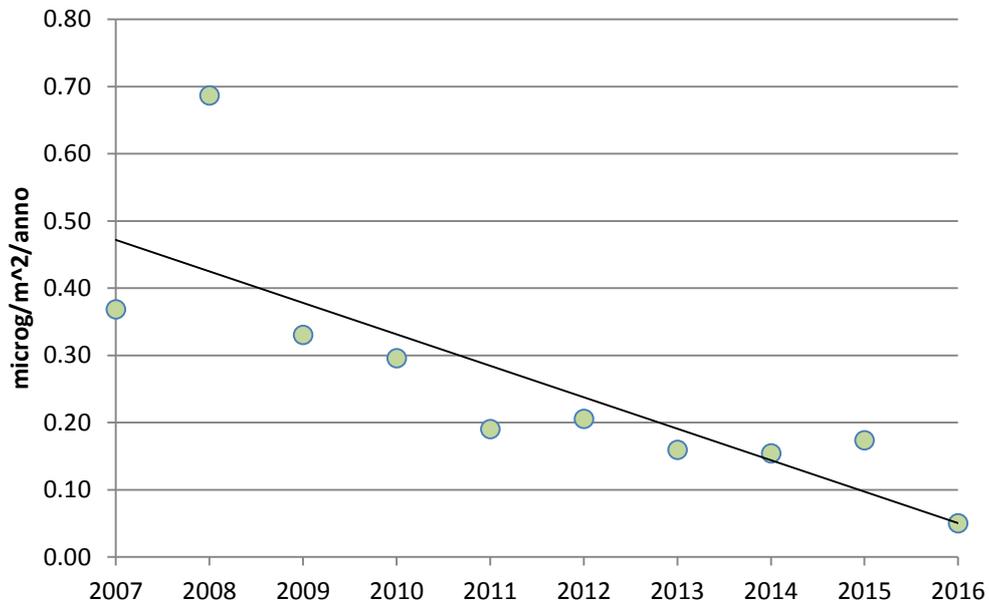
**Tabella 4- Risultati del modello di regressione lineare  $y = ax+b$  ,  $t$  e  $t_{\alpha(0.05, n-2)}$ . In grassetto sono riportate quelle risultate statisticamente significative.**

	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>t</b>	$t_{\alpha(0.05, n-2)}$
As	-0.058	117.9	-1.74	2.31
Hg	-0.0004	0.864	-0.45	2.31
Cd	<b>-0.046</b>	<b>94.4</b>	<b>-3.81</b>	2.31
Sb	<b>-0.039</b>	<b>79.63</b>	<b>-5.35</b>	2.31
Pb	<b>-1.824</b>	<b>3683.9</b>	<b>-4.78</b>	2.31
Ni	<b>-0.419</b>	<b>845.8</b>	<b>-6.97</b>	2.31
Mn	<b>-1.077</b>	<b>2182.8</b>	<b>-3.26</b>	2.31
V	<b>-0.194</b>	<b>394.0</b>	<b>-5.24</b>	2.31
Cr	<b>-0.065</b>	<b>132.4</b>	<b>-2.79</b>	2.31
Cu	<b>-0.657</b>	<b>1331.2</b>	<b>-3.39</b>	2.31
Fe	-12.419	25145	-2.13	2.31
Zn	<b>-1.669</b>	<b>3387.3</b>	<b>-2.87</b>	2.31



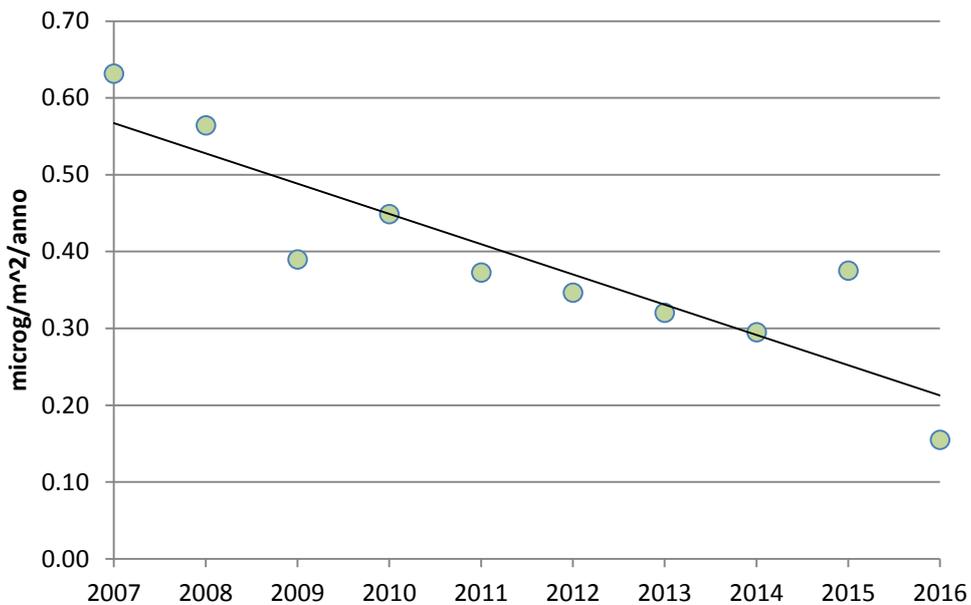
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antiquamento della laguna di Venezia**

### Cadmio



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

### Antimonio

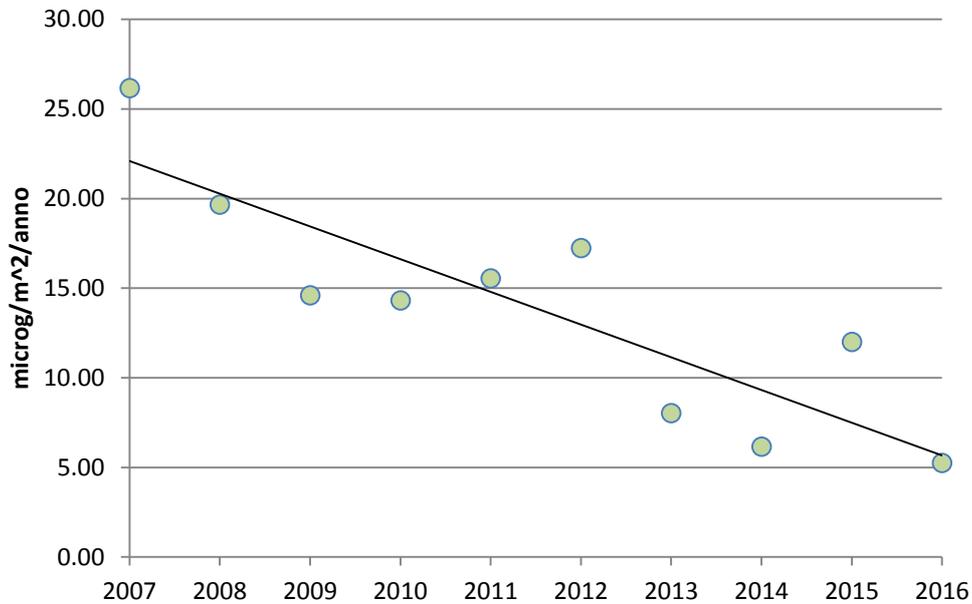


**Figura 17. Antimonio: flussi mediani e linea di tendenza in laguna di Venezia**



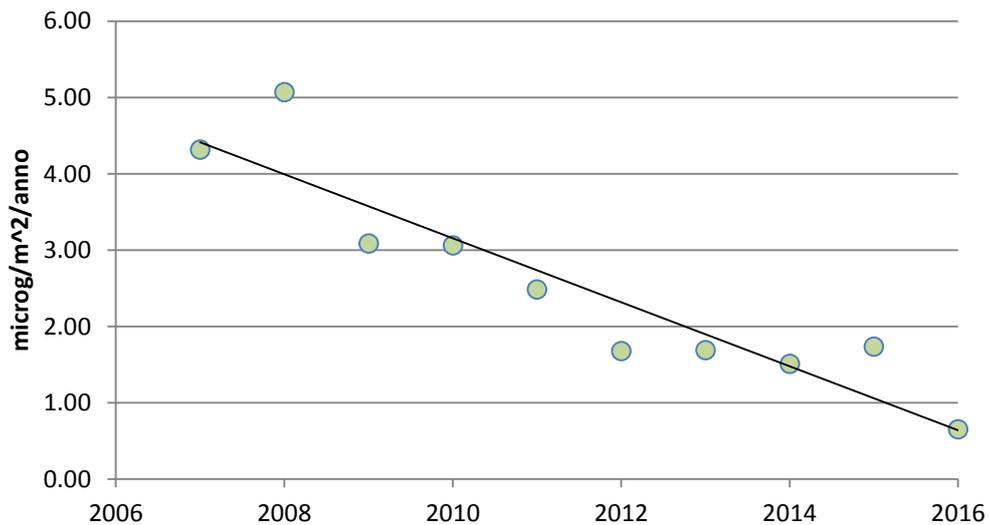
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**

### Piombo



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

### Nichel

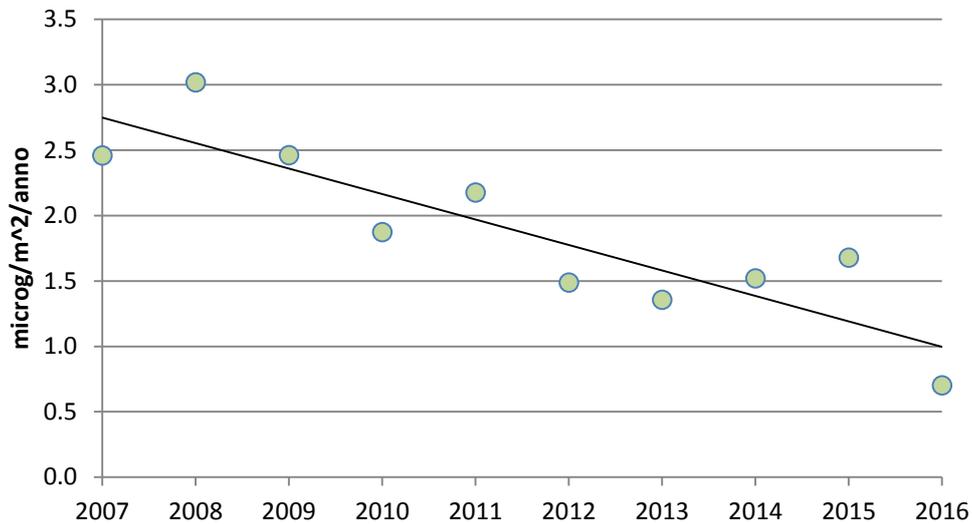


**Figura 19. Nichel: flussi mediani e linea di tendenza in laguna di Venezia**



**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**

## Vanadio



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

## Deposizioni di microinquinanti organici persistenti in laguna di Venezia

Il programma di monitoraggio del provveditorato prevede l'analisi di 77 microinquinanti organici (POPs) raggruppati in cinque famiglie: 7 diossine e 10 furani (PCDD-PCDF); 35 Policlorobifenili (PCB); 18 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA); 7 Polibromodifeniletere (PBDE); Esaclorobenzene. Queste molecole organiche sono: tossiche; persistenti; subiscono processi di bioaccumulo e di trasporto atmosferico anche a lungo raggio quindi 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).

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



**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**

al limite stesso. Per il 2016 oltre ai dati della stazione L9, non sono disponibili i dati della stazione L5 in quanto tutti i campioni raccolti sono stati ritenuti non idonei dal laboratorio perché contaminati da guano. In tabella 5 sono riportati i flussi medi giornalieri del 2016.

**Tabella 5- Tassi medi di deposizione del 2016 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	ΣPCDD/F			ΣPCBdl			ΣPCB		
	2016	2007-15	2007-15	2016	2007-15	2007-15	2016	2007-15	2007-15
	media	media	Dev.st	media	media	Dev.st	media	media	Dev.st
L1	0.44	0.77	1.00	0.33	0.31	0.24	1734	2160	3055
L2	2.98	0.79	0.86	0.22	0.29	0.13	4705	2038	4739
L3	0.50	0.65	0.68	0.00	0.28	0.30	703	1158	2611
L4	0.69	0.60	0.76	0.00	0.24	0.06	553	816	554
L5	n.d.	0.95	0.95	n.d.	0.43	0.57	n.d.	3600	5290
L6	0.63	0.61	0.70	0.20	0.29	0.23	477	2044	4966
L7	0.47	0.61	0.70	0.00	0.25	0.08	546	889	950
L8	0.04	0.54	0.76	0.59	0.34	0.75	8471	1742	7029
L9	n.d.	0.81	2.16	n.d.	0.31	0.34	n.d.	963	1117
L10	0.44	0.95	1.44	0.15	0.34	0.44	2992	2174	6655



**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**

stazione	HCB			$\Sigma$ IPA			$\Sigma$ PBDE		
	2016	2007-15	2007-15	2016	2007-15	2007-15	2016	2007-15	2007-15
	media	media	Dev.st	media	media	Dev.st	media	media	Dev.st
L1	0.03	0.19	0.27	196	298	389	806	468	221
L2	0.04	0.13	0.12	104	223	220	470	559	409
L3	0.03	0.12	0.14	151	233	333	327	440	577
L4	0.03	0.13	0.12	213	268	204	351	527	369
L5	n.d.	0.34	0.41	n.d.	514	548	n.d.	740	496
L6	0.03	0.13	0.14	174	332	414	334	430	316
L7	0.03	0.11	0.19	234	281	395	526	392	218
L8	0.04	0.11	0.11	63	239	378	379	344	154
L9	n.d.	0.13	0.14	n.d.	282	323	n.d.	415	292
L10	0.10	0.09	0.08	166	248	240	688	415	198

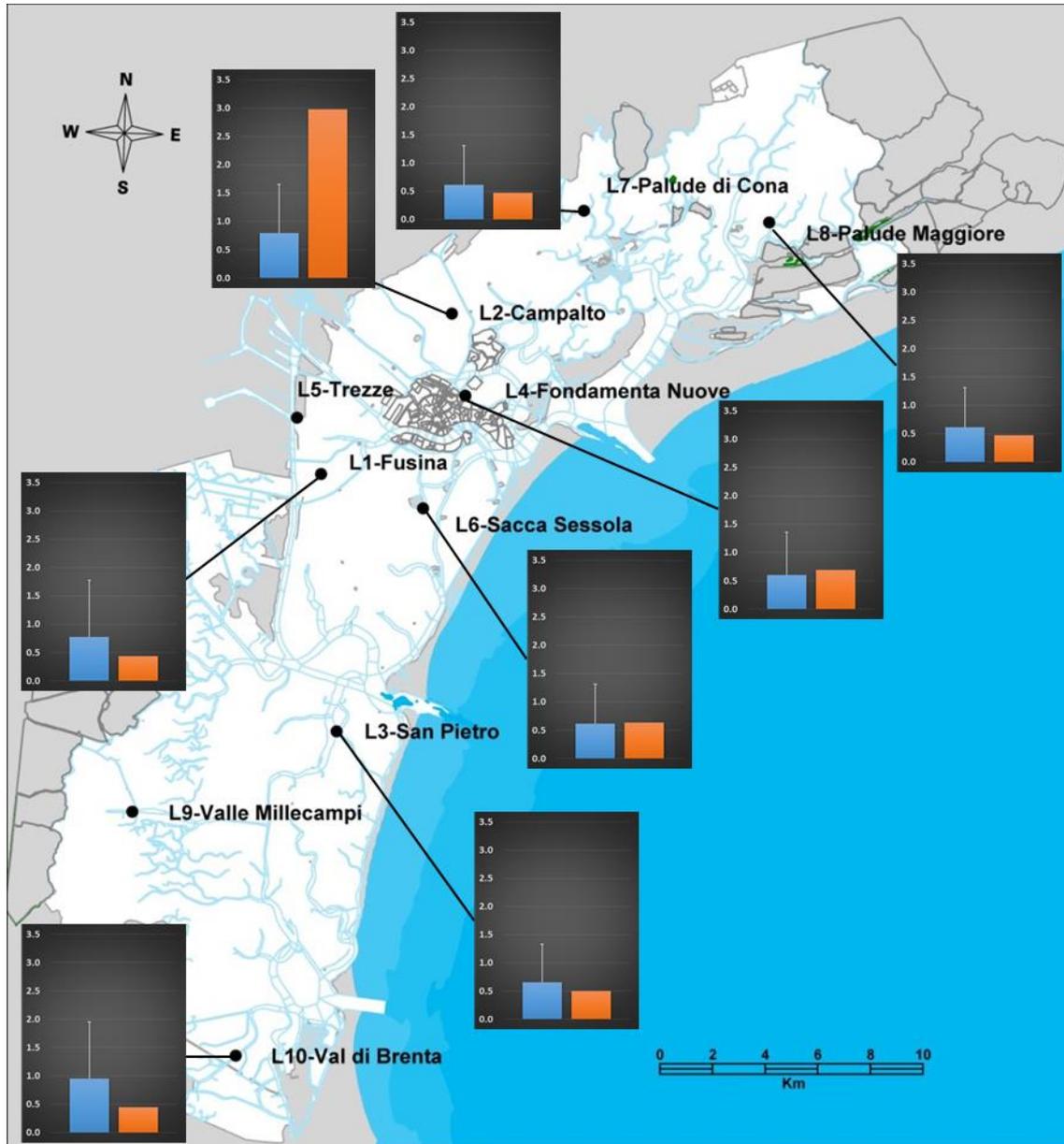
## Diossine e Furani (PCDD – PCDF)

Le diossine ed i furani sono idrocarburi aromatici clorurati particolarmente stabili e persistenti nell'ambiente che costituiscono due delle dodici classi di inquinanti organici persistenti riconosciute a livello internazionale dall'UNEP. In totale esistono 75 congeneri di diossine e 135 di furani, di questi solo 7 diossine e 10 furani hanno 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 un solo numero il loro potenziale tossicologico complessivo (Van Den Berg e al., 1998).

A parte la stazione di Campalto (L2) che presenta flusso maggiore rispetto alla media degli anni precedenti, tutte le altre stazioni sono paragonabili e come per gli anni precedenti non si evidenzia una variabilità spaziale (fig.25). I flussi di diossine e furani in laguna sono paragonabili a quelli stimati nelle aree rurali in Finlandia che hanno valori compresi tra i 0.3-3 pgWHO-TE/m<sup>2</sup>/giorno (Korhonen et al, 2016).



**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 25.** Flussi medi giornalieri in pgWHO-TE/m<sup>2</sup>/giorno di deposizione di PCDD-PCDF nelle diverse stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-15; colonna arancione media 2016).



**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**

## **Policlorobifenili (PCB)**

Il programma di monitoraggio del provveditorato prevede la determinazione di 35 dei 209 possibili congeneri così suddivisi:

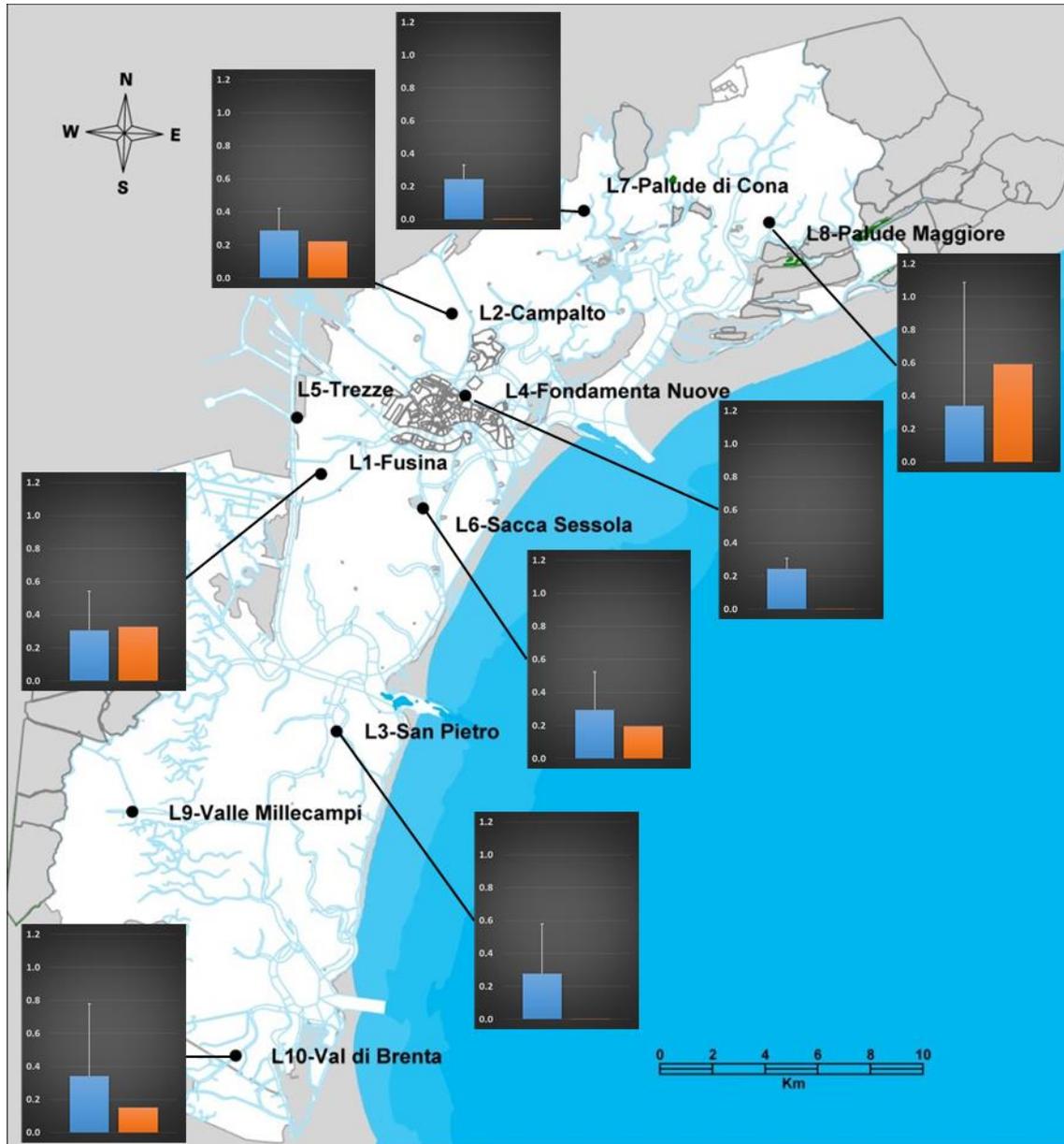
- 12 PCB-dioxin like previsti dal WHO;
- 23 PCB-no dioxin like proposti dall'Istituto Superiore di Sanità (28, 52, 95, 101, 99, 110, 151, 149, 146, 153, 138, 187, 183, 177, 180, 170, 128, 155, 188, 208, 205, 206, 209).

I PCB no dioxin-like comprendono la maggioranza dei congeneri che si ritrovano generalmente nelle catene alimentari. Per queste molecole non è stato ancora definito un approccio basato sul principio della tossicità equivalente a causa delle eterogeneità mostrata nei meccanismi di bioaccumulo, di persistenza in ambiente e di tossicità, (La Rocca et al., 2006). Per i PCB dioxin-like, che hanno comportamenti simili a quelli delle diossine invece è stato possibile definire dei valori di tossicità equivalente.

I flussi di PCBdl stimati nel 2016 risultano sempre inferiori a al valore medio 2007-15, ad eccezione della stazione di Palude Maggiore (L8), ma questo è dovuto ad un hotspot rilevato nel secondo ciclo di misura (aprile-maggio 2016). Come già evidenziato per le diossine la distribuzione spaziale dei flussi di PCBdl risulta sostanzialmente omogenea (fig.26).



**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 26. Flussi medi giornalieri in  $\text{pgWHO-TE}/\text{m}^2/\text{giorno}$  di deposizione di PCB-DL nelle diverse stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-15; colonna arancione media 2016).**

Per i Policlorobifenile totali le stazioni L2, L8 e L10 mostrano flussi medi giornalieri superiori alla media degli anni precedenti, ma in ogni caso inferiori alla variabilità interannuale. Come per le molecole precedenti la distribuzione spaziale non evidenzia sorgenti specifiche di PCB (fig.27).



**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**

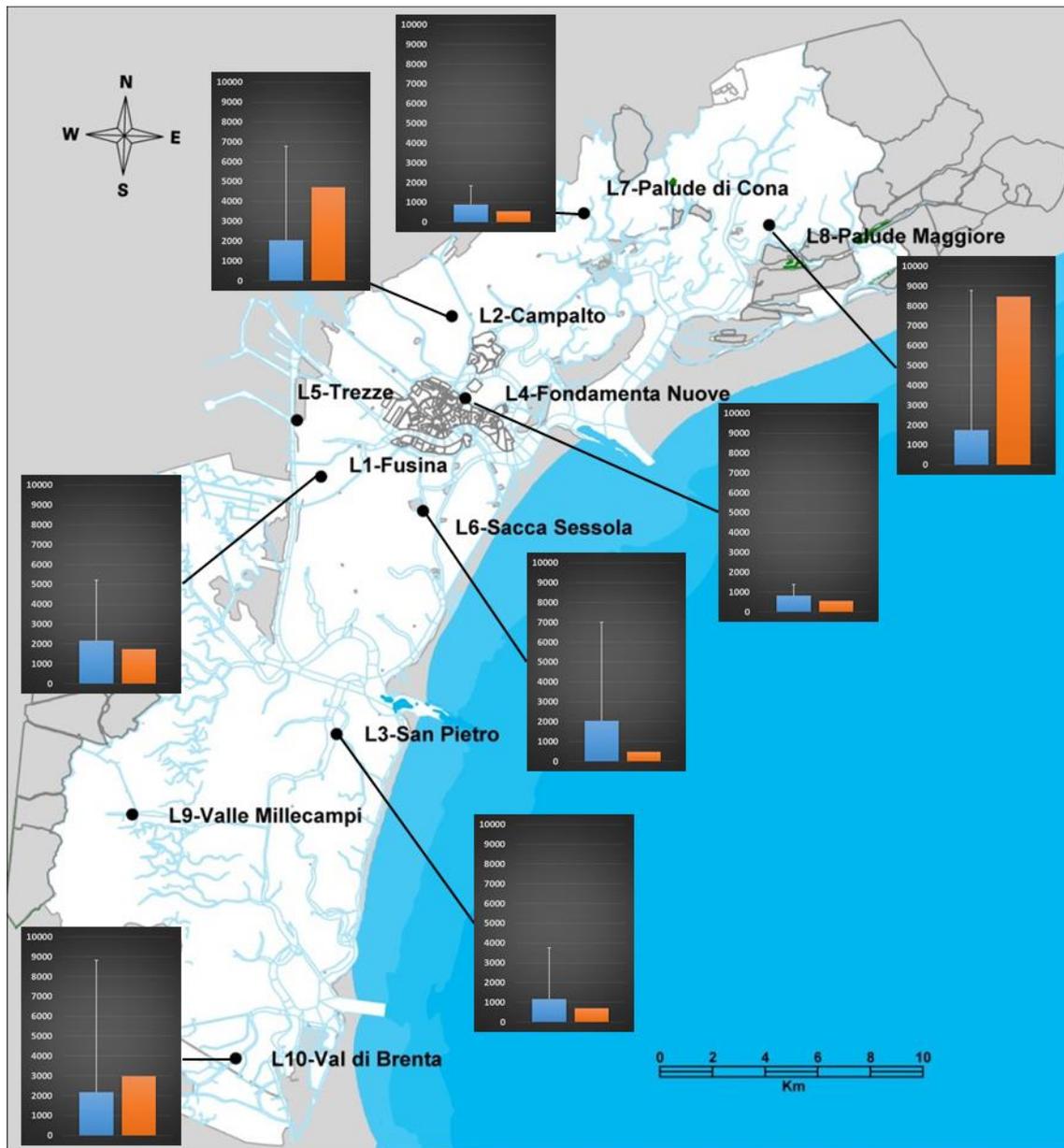


Figura 27. Tasso medio giornaliero in  $\text{pg}/\text{m}^2/\text{giorno}$  di deposizione della sommatoria dei PCB no dioxin like nelle diverse stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-15; colonna arancione media 2016).



**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**

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

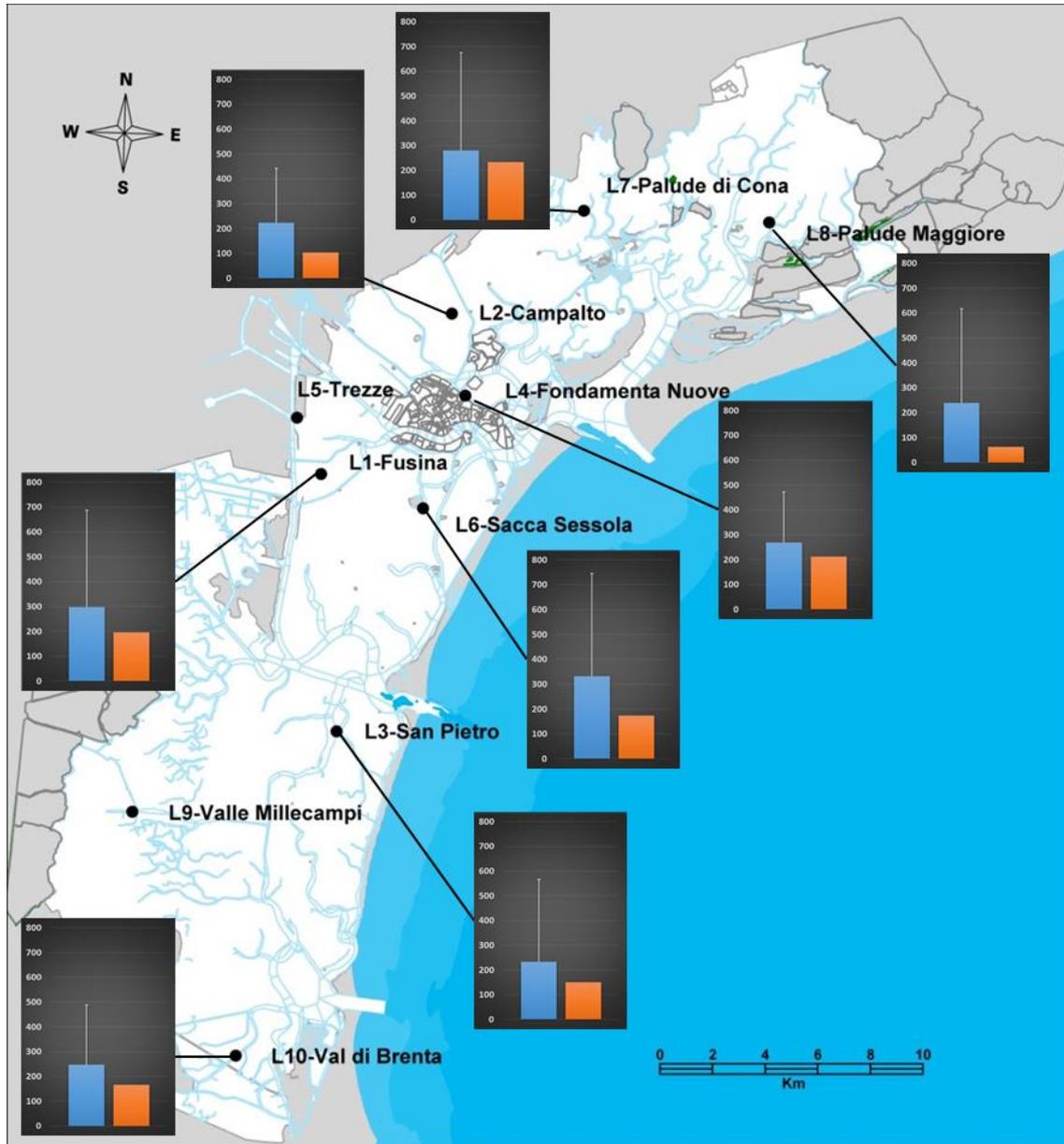
Gli idrocarburi policiclici aromatici sono molto diffusi in ambiente e hanno origine dalla combustione incompleta di materiale organico in particolare legno ed i combustibili fossili.

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

I flussi stimati nel 2016 risultano sempre inferiori alla media degli anni precedenti (fig.28). Il benzo(a)pirene è la molecola più tossica del gruppo degli IPA ed è ritenuta cancerogena dall'IARC. Le stazioni con flussi più alti sono quelle attorno al centro storico di Venezia L4 e L6 (fig.29). I flussi di benzo(a)pirene in laguna di Venezia sono compresi tra i 3 ed i 6 ng/m<sup>2</sup>/d comparabili con quelli misurati in aree rurali del sud Italia (Menechini et al., 2006).



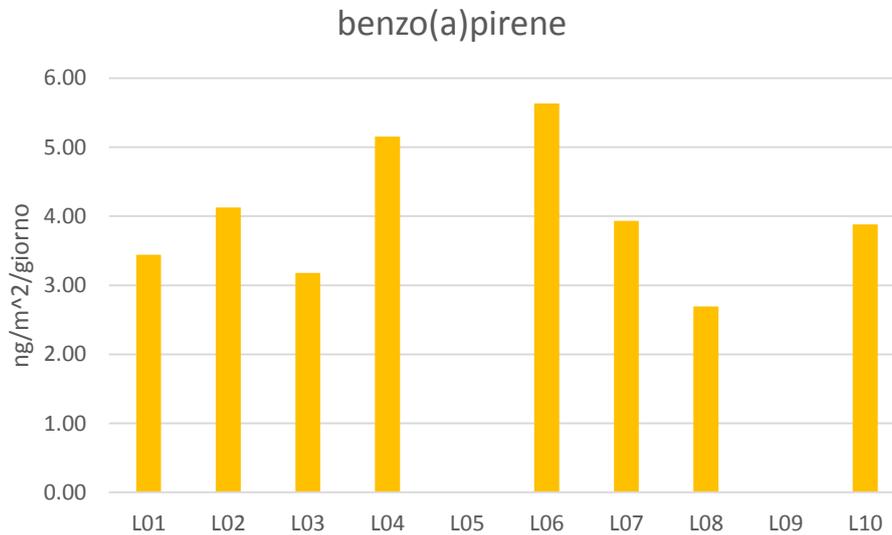
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche*  
*Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia*  
**Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia**



**Figura 28.** Tassi medi giornalieri in  $\text{pg}/\text{m}^2/\text{giorno}$  di deposizione degli idrocarburi policiclici aromatici (colonna azzurra media e dev.std 2007-15; colonna arancione media 2016).



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

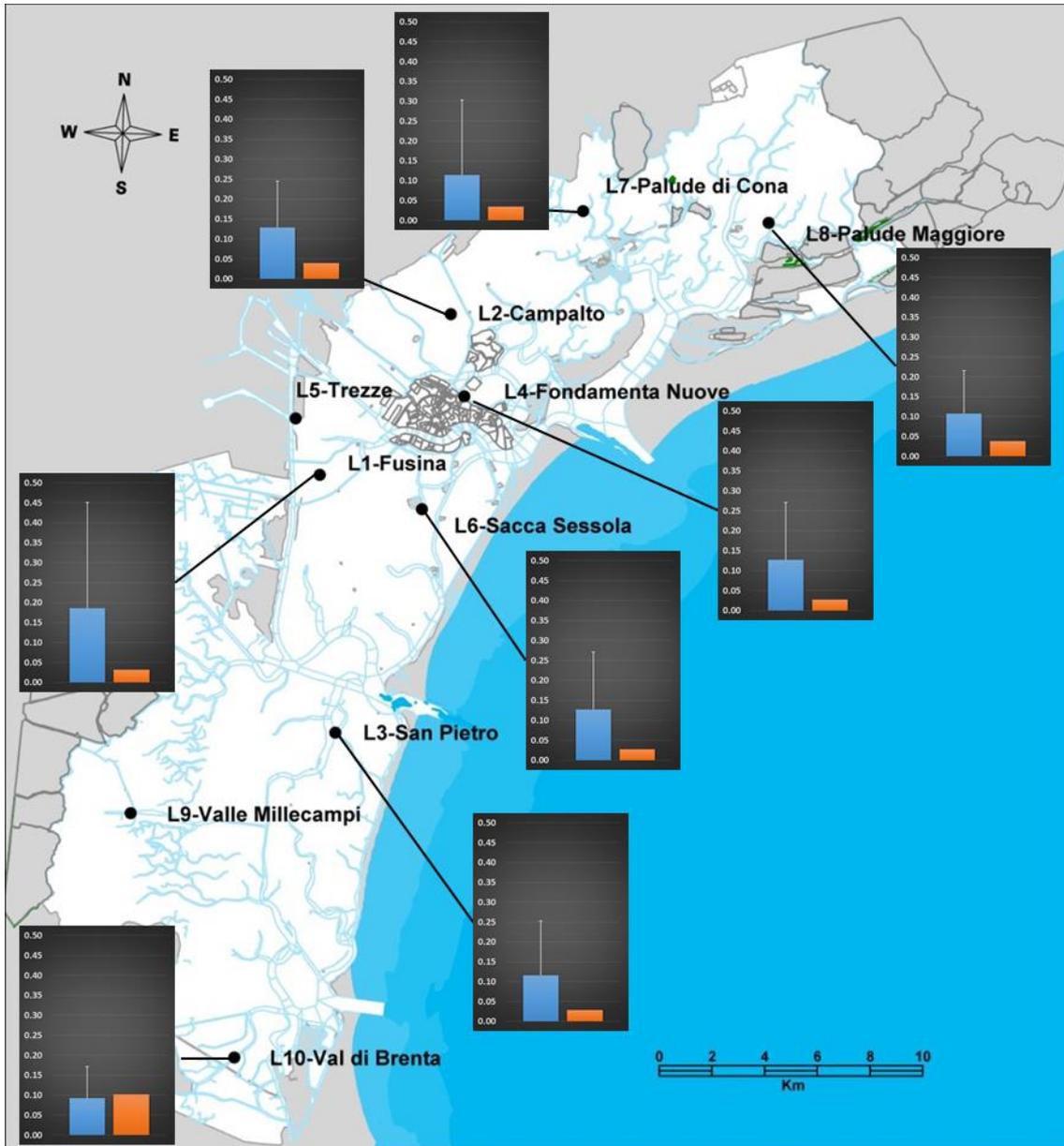
Nel 2016 nella miscela degli IPA il benzo(a)pirene non supera mai il 3% ciò probabilmente è dovuto ai processi di fotossidazione che subisce questa molecola in atmosfera (Kamens et al., 1986, 1988; Masclat et al., 1995; Behymer and Hites, 1988).

### **Esaclorobenzene (HCB)**

Per l'esaclorobenzene nel 2016 i flussi stimati risultano minori rispetto la media del periodo 2007-15, inoltre non si evidenzia una variabilità spaziale. Anche le stazioni (L1, L6) più vicine all'area industriale, generalmente sorgente principale di questa molecola, presentano flussi pari a circa 0.03 ng/m<sup>2</sup>/d confrontabili a quelli delle stazioni "rurali" (L3, L8) (fig. 30). Solo L10 presenta flusso medio giornaliero di 0.1 ng/m<sup>2</sup>/d imputabile ad un hotspot misurato nel ciclo di aprile-giugno (0.47 ng/m<sup>2</sup>/giorno) di un ordine di grandezza superiore ai cinque stimati nei cicli precedenti.



**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 30.** Tassi medio giornaliero in  $\text{ng/m}^2/\text{giorno}$  di deposizione dell'Esacolorobenzene (colonna azzurra media e dev.std 2007-15; colonna arancione media 2016).



**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**

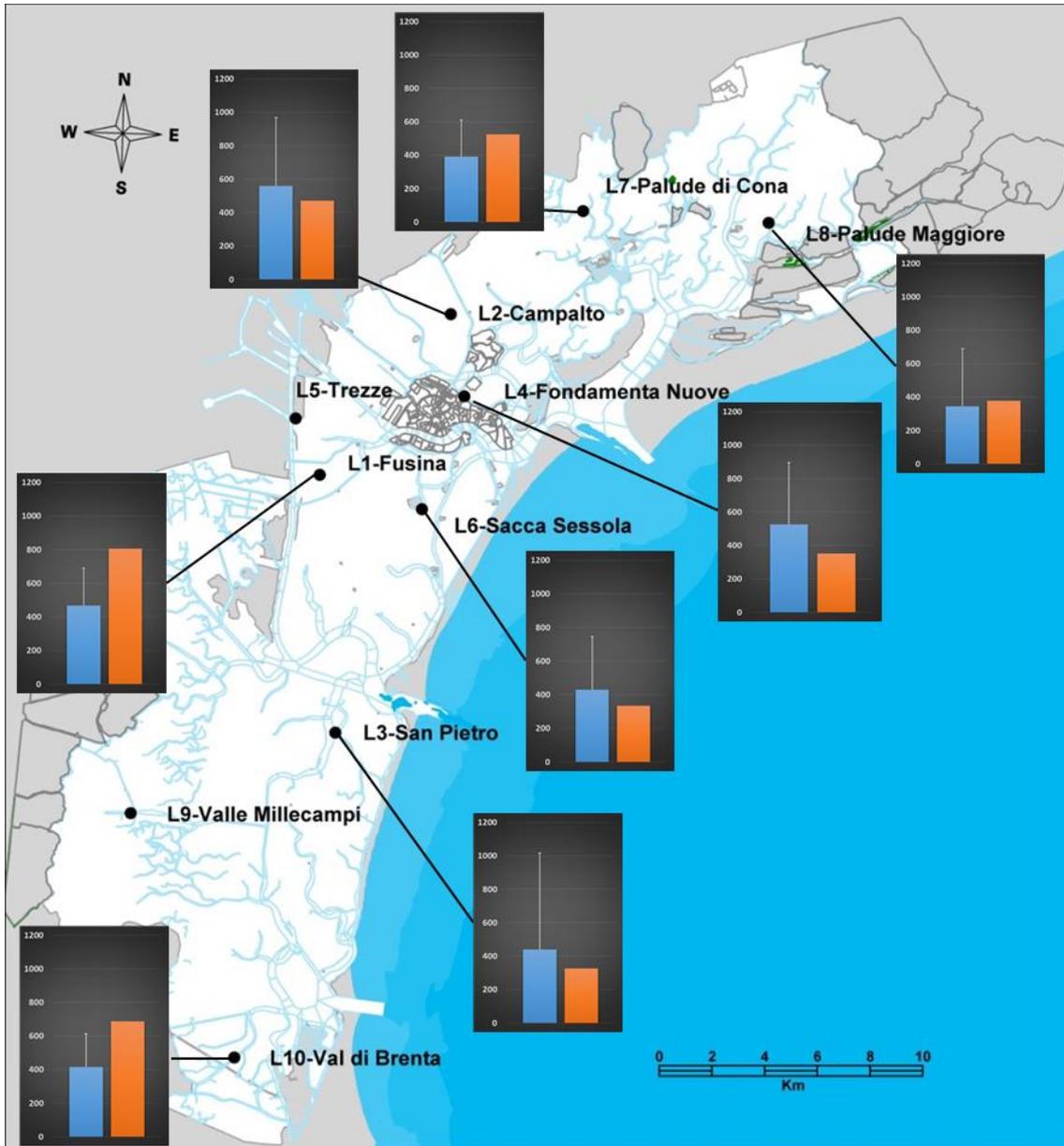
## **Polibromodifeniletere (PBDE)**

I PBDE sono molecole organiche polibromurate ampiamente utilizzate nei processi produttivi di plastiche, resine e gomme. Per la loro 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'esse dare origine a fenomeni di bioaccumulo (Kierkegaard et al, 2007). I congeneri analizzati ed anche i più diffusi sono: BDE-28; BDE-47; BDE-99; BDE-100; BDE-153; BDE-154.

Le stazioni che hanno presentato flussi più alti sono L1 e L10 (fig.31). Ciò è dovuto ad un hotspot misurato rispettivamente nel primo e nel quarto ciclo di misura a carico per entrambi del pentabromodifeniletere (BDE99). Escludendo questi la distribuzione dei flussi nella rete samantet risulta sostanzialmente omogenea.



**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 31. Tassi giornalieri in  $\text{pg/m}^2/\text{giorno}$  di deposizione della sommatoria di Polibromodifenil etero (colonna azzurra media e dev.std 2007-15; colonna arancione media 2016).**



**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

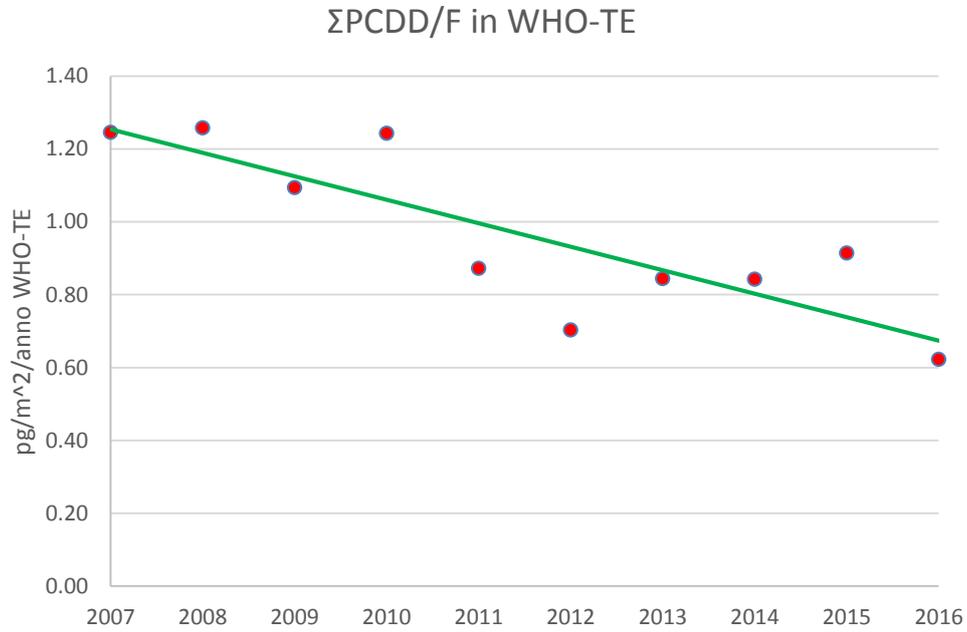
Anche per i microinquinanti organici l'andamento temporale dei valori medi dei flussi di ricaduta è stato sottoposto ad analisi mediante modelli di regressione lineare per verificare la presenza di andamenti statisticamente significativi. Come per i microinquinanti inorganici l'indice di tendenza centrale utilizzato nell'elaborazione statistica è la mediana, in quanto il coefficiente di variazione è superiore al 50% ed è più rappresentativa della media (ARPAV, 2014). I risultati dell'analisi (tab.6) mostrano che le diossine (fig.32); l'esaclorobenzene (fig.33), gli idrocarburi policiclici aromatici (fig.34) ed i policlorobifenile diossina simile (fig.35) hanno un andamento decrescente statisticamente significativo. Solo le diossine confermano quanto già visto negli anni precedenti. Da valutare nel tempo le tendenze dell'esaclorobenzene, degli idrocarburi policiclici aromatici ed in particolare dei policlorobifenile diossina simili.

**Tabella 6- Risultati del modello di regressione lineare  $y = ax+b$ ,  $t$  e  $t_{\alpha(0.05, n-2)}$ , solamente per i PBDE  $t_{\alpha(0.05, n-1)}$ . In grassetto sono riportate quelle risultate statisticamente significative.**

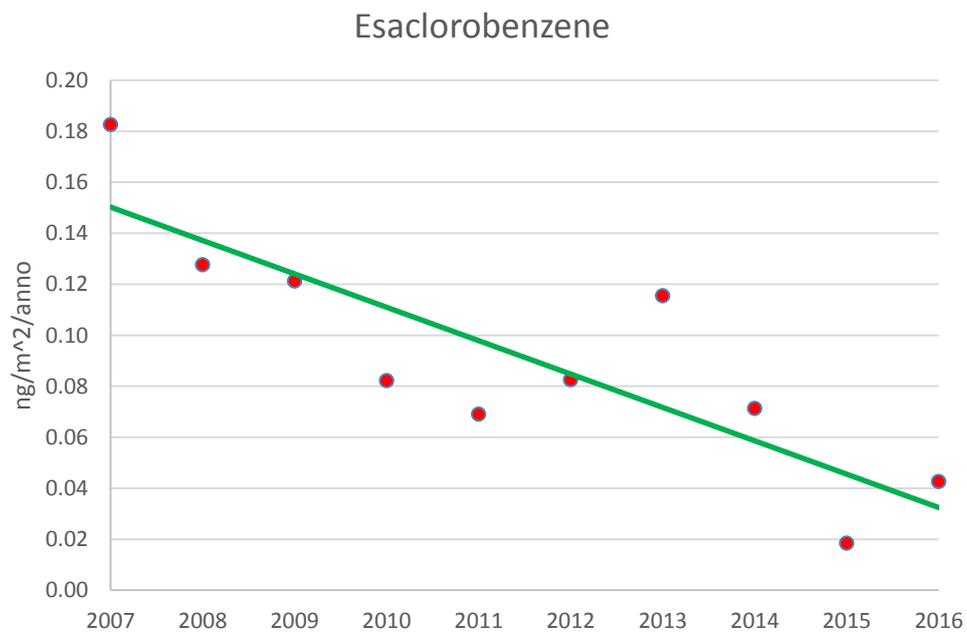
	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>t</b>	$t_{\alpha(0.05, n-2)}$
$\Sigma$ PCDD/F	<b>-0.064</b>	<b>130.5</b>	<b>-4.38</b>	2.3
$\Sigma$ PCBdl	<b>-0.008</b>	<b>16.18</b>	<b>-3.26</b>	2.3
PCB totali	36.81	-73128	0.63	2.3
HCB	<b>-0.013</b>	<b>26.41</b>	<b>-4.44</b>	2.3
$\Sigma$ IPA	<b>-21.11</b>	<b>42653</b>	<b>-3.84</b>	2.3
$\Sigma$ PBDE	-10.792	22117.2	-0.65	2.4



**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**



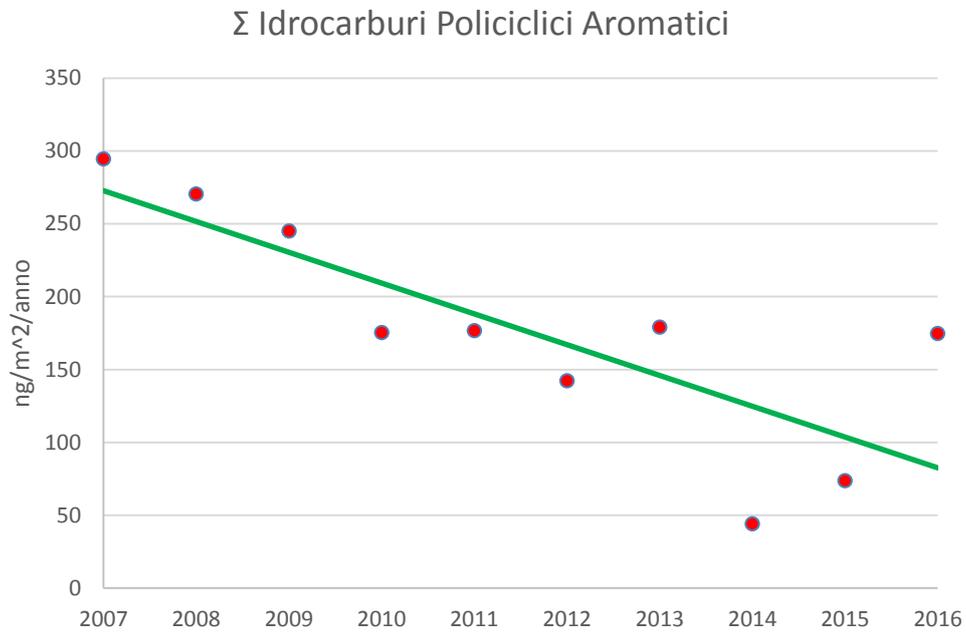
**Figura 32. Σ PCDD/F: flussi mediani e linea di tendenza in laguna di Venezia**



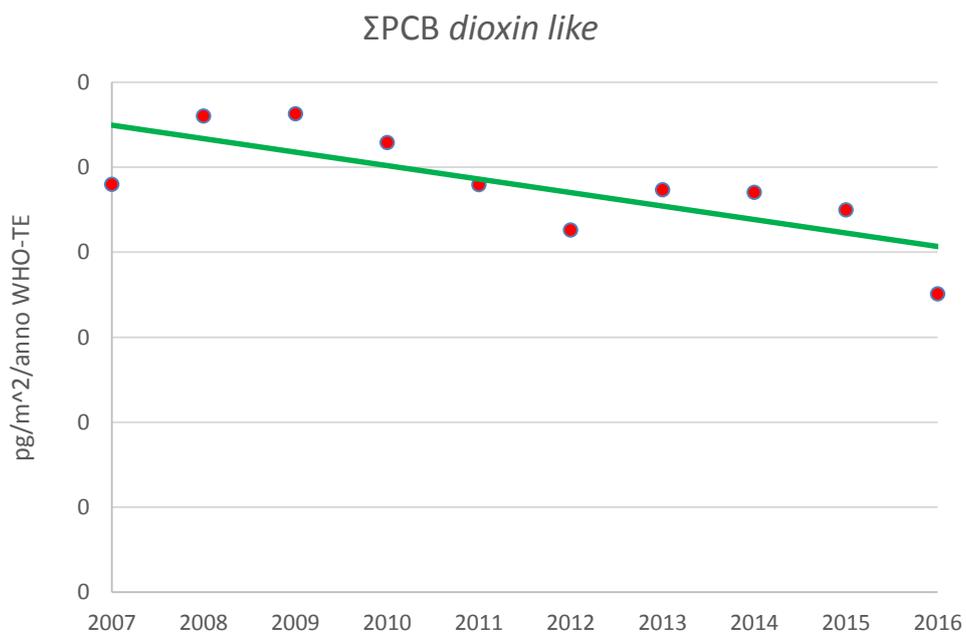
**Figura 33. Esaclorobenzene: flussi mediani e linea di tendenza in laguna di Venezia**



**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**



**Figura 34.**  $\Sigma$  IPA: flussi mediani e linea di tendenza in laguna di Venezia



**Figura 35.**  $\Sigma$  PCB dioxin like: 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**

## Considerazioni conclusive

Al di là della ampia variabilità dei flussi di deposizione in laguna di Venezia, attribuibile principalmente ai fenomeni atmosferici che influenzano in maniera significativa la dispersione e la deposizione dei microinquinanti, tanto quanto le fonti di emissione (Mijic *et al.* 2010), il risultato del programma di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche del 2016 attraverso la rete samant del Provveditorato ha evidenziato:

- Le stazioni di Campalto (L2), San Piero in Volta (L3) e Palude Maggiore (L8) hanno mostrato, per quasi tutti i metalli, tassi di deposizione ben superiori alla media degli anni precedenti. Per L2 si conferma quanto già visto nel 2015. La stazione di Campalto L2 si trova vicino Murano e l'aeroporto Marco Polo di Venezia, le altre due sono in laguna aperta e relativamente lontane da fonti dirette di emissione. Vedremo se tale scenario si confermerà in futuro o è dovuto a situazioni temporanee. Rimane sempre alto il tasso di deposizione per piombo nella stazione di Venezia L4.
- Riguardo i microinquinanti organici la distribuzione dei flussi per le diossine, PCB dioxin like e PBDE risulta sostanzialmente omogenea indicando una contaminazione diffusa. Per l'esaclorobenzene quest'anno non si evidenzia nell'attività industriale di porto Marghera la sorgente principale, purtroppo mancano i dati relativi alla stazione di Trezze. Per gli IPA la distribuzione dei flussi è eterogenea.
- Dal punto di vista temporale si conferma la diminuzione dei tassi di ricaduta delle diossine e di alcuni metalli: cadmio, antimonio, piombo, nichel, vanadio, indicando un miglioramento generale. Per Manganese, Cromo, Rame, Zinco, esaclorobenzene, idrocarburi policiclici aromatici ed i policlorobifenile *dioxin-like*, la costante diminuzione dei flussi nel tempo, benché statisticamente significativa, va confermata nel tempo.



**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. Markku Korhonen, Matti Verta, Simo Salo, Jussi Vuorenmaa, Hannu Kiviranta, Päivi Ruokojärvi. Atmospheric Bulk Deposition of Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins, Dibenzofurans and Polychlorinated Biphenyls in Finland. *J. Mar. Sci. Eng.* 2016, 4, 56; doi:10.3390/jmse4030056



## 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. La Rocca C., Mantovani A. (2006). From environment to food: the case of PCB. *Ann. Ist. Super. Sanità.* 42 (4): 410-416
12. 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.
13. Masplet P., Cachier H., Liousse C., Wortham H., 1995. Emission of polycyclic aromatic hydrocarbons by savanna fires. *J. Atmos. Chem.* 22, 41-54
14. Menichini E., Barbera S., Merli F., Settimo G., 2006. Atmospheric bulk deposition of carcinogenic PAHs in a rural area in Southern Italy. *Polycyclic Aromatic Compound* 26(4):253-263.
15. Mijić Z., Stojić A., Perisić M., Rajsic 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
16. 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.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. 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.



**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**

21. 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 dienzofurans in sediments and aquatic biota from the Venice Lagoon, Italy. *Chemosphere* 40:1179-1187.