



Linea 3.9: “Bilancio dei flussi di microinquinanti organici ed inorganici all’interfaccia atmosfera-acqua della laguna di Venezia.”



# **FLUSSI ATMOSFERICI DI MICROINQUINANTI ORGANICI ED INORGANICI NELLA LAGUNA DI VENEZIA**

**Dr. A. Gambaro**

**Prof. I. Moret**

**Dr. L. Manodori**

**Dr. C. Turetta**

**Dr. L. Zagolin**

**Dr. G. Toscano**

**Dr. R. Zangrando**

**Dr. A. Stortini**

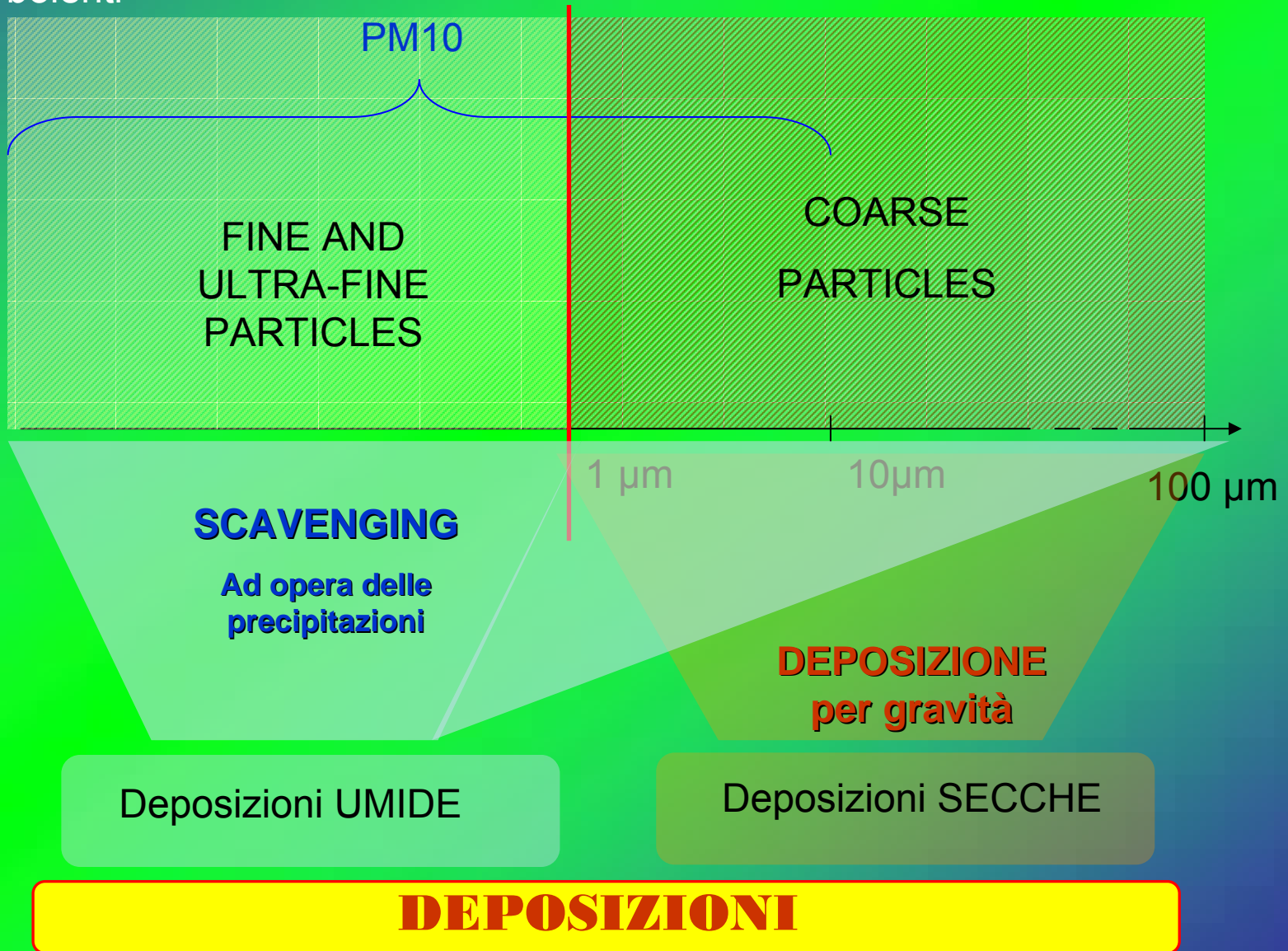
**Dr. W. Cairns**

**Dr. E. Mattiuzzo**



# AEROSOL ATMOSFERICO

Diffusione  
Flussi turbolenti

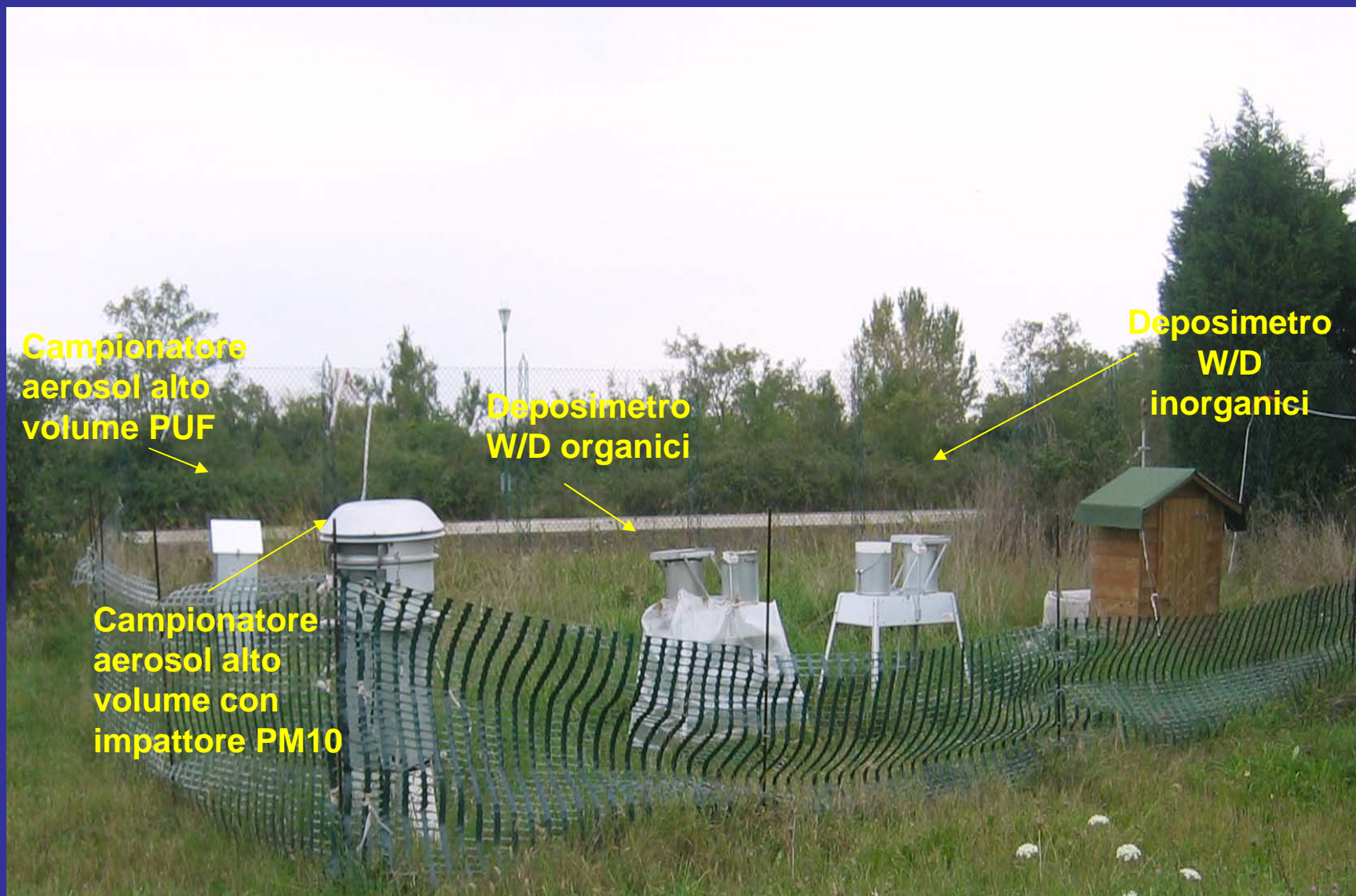


# Obiettivi:

Determinare i flussi di microinquinanti organici e inorganici mediante deposizione secca e umida in un sito della Laguna di Venezia.

Determinare gli elementi in traccia e i microinquinanti organici nell'aerosol  $PM_{2,5}$  e stimarne il contributo alla deposizione del particolato più fine mediante i flussi medi turbolenti.

Determinare la concentrazione dei microinquinanti organici in atmosfera nella frazione “gassosa” e “particellata” e nel microlayer e stimare infine il flusso di diffusione all'interfaccia atmosfera-acqua.





# MICROINQUINANTI

## Elementi analizzati:

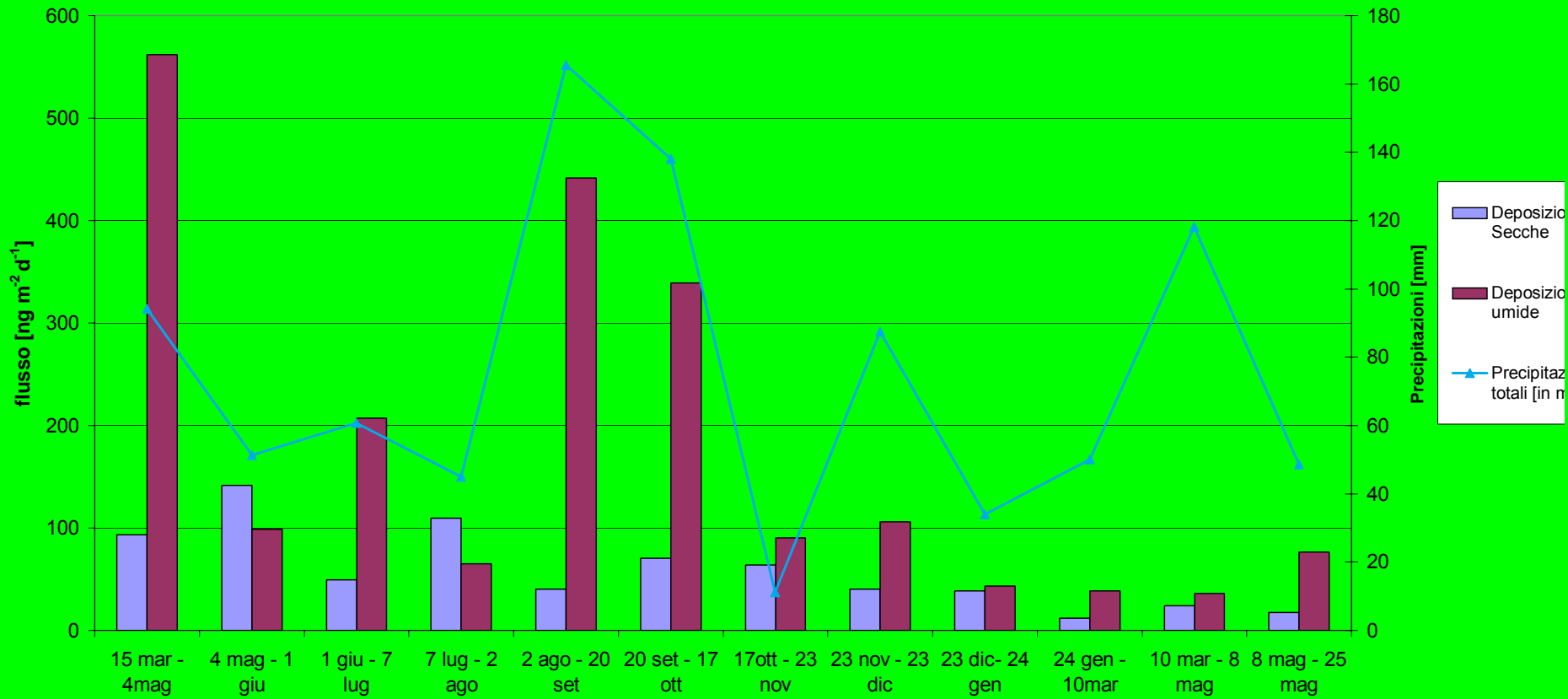
**Li, Na, Mg, Al, K, Ca, V, Cr, Mn, Fe,  
Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Cd, Cs, Ba, Pb, U**

Possono avere origine naturale (es. Na, K, Ca) o antropica (es. V, Cd, Pb).

## Composti organici:

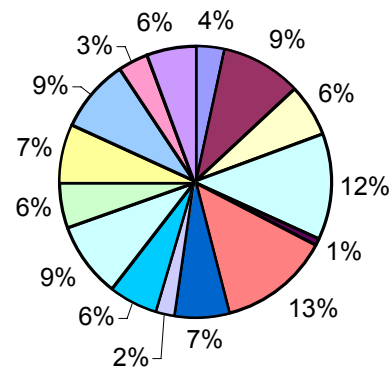
**Idrocarburi policiclici aromatici (IPA); 16  
Policlorobifenili (PCB); 122  
Polibromodifenil eteri (PBDE); 14  
Policloronaftaleni (PCN); 18**

# Flussi di deposizione secca e umida IPA Mazzorbo marzo 2005 - maggio 2006



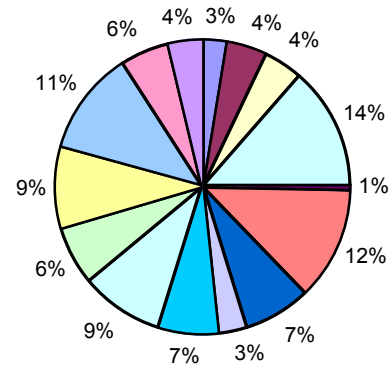
# DEPOSIZIONI

## Dry deposition



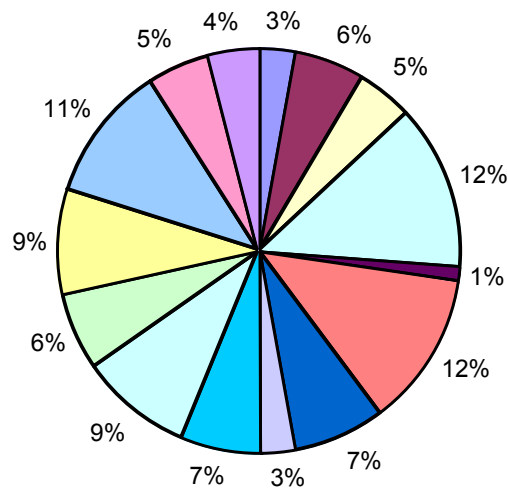
- acenaftilene
- acenaftene
- fluorene
- fenantrene
- antracene
- fluorantene
- pirene
- benzo(a)antracene
- crisene
- benzo(b)fluorantene
- benzo(k)fluorantene
- benzo(a)pirene
- indeno(1,2,3-c-d) perylene
- dibenzo (a,h) antracene
- benzo(g,h,i) perilene

## Wet deposition



- acenaftilene
- acenaftene
- fluorene
- fenantrene
- antracene
- fluorantene
- pirene
- benzo(a)antracene
- crisene
- benzo(b)fluorantene
- benzo(k)fluorantene
- benzo(a)pirene
- indeno(1,2,3-c-d) perylene
- dibenzo (a,h) antracene
- benzo(g,h,i) perilene

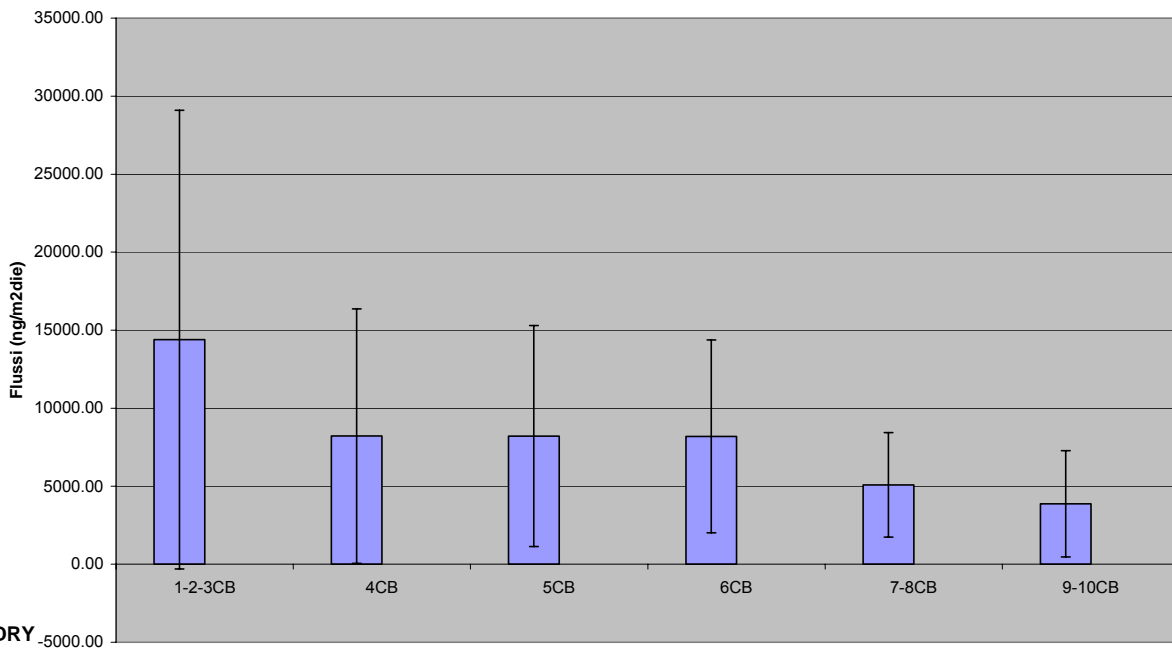
## Bulk Deposition (come somma di wet & dry)



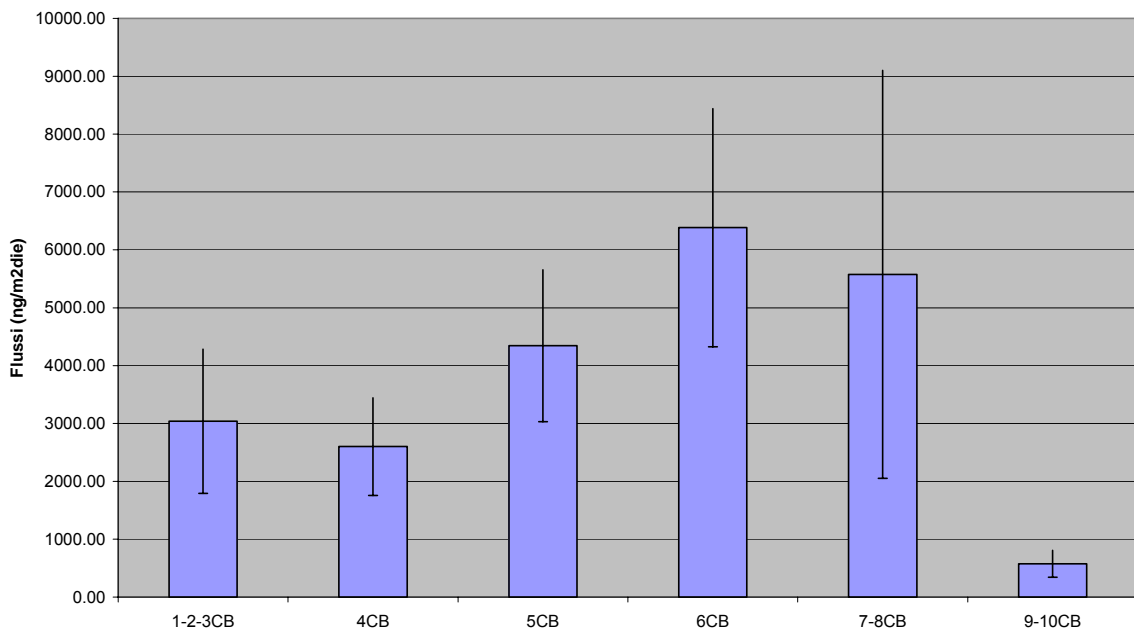
- acenaftilene
- acenaftene
- fluorene
- fenantrene
- antracene
- fluorantene
- pirene
- benzo(a)antracene
- crisene
- benzo(b)fluorantene
- benzo(k)fluorantene
- benzo(a)pirene
- indeno(1,2,3-c-d) perylene
- dibenzo (a,h) antracene
- benzo(g,h,i) perilene



### Flussi medi deposizioni Wet



### Flussi medi deposizioni DRY



# DEPOSIZIONI

Tipo Campione	Intervallo di campionamento	Giorni di esposizione	<sup>23</sup> Na	<sup>24</sup> Mg	<sup>27</sup> Al	<sup>39</sup> K	<sup>44</sup> Ca	<sup>51</sup> V	<sup>53</sup> Cr	<sup>55</sup> Mn	<sup>56</sup> Fe	<sup>60</sup> Ni	<sup>63</sup> Cu	<sup>66</sup> Zn	<sup>111</sup> Cd
			Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]	Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]	Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]	Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]	Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]	Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]	Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]	Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]	Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]	Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]	Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]	Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]	Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]
D Dry	26 feb-16 mar	19	567,2	424,4	94,7	108,0	1542,0	0,5	0,3	7,1	148,4	0,7	3,4	17,1	0,2
D Dry	16 mar - 4 mag	47	32,9	71,1	30,1	22,1	259,2	0,1	0,0	1,1	33,2	0,1	0,5	2,4	0,0
D Dry	4 mag- 1 giu	28	1315,1	669,7	223,8	1503,1	2355,3	1,0	0,5	10,2	239,0	1,1	4,7	17,6	0,1
D Dry	1 giu- 6 lug	35	1708,1	716,8	127,8	1662,1	2637,6	0,7	0,4	8,2	145,4	0,6	5,2	22,8	0,1
D Dry	6 lug- 2ago	27	1150,2	541,6	340,6	263,9	1881,9	1,0	1,0	11,4	279,8	0,8	5,4	7,7	0,0
D Dry	2 ago - 20 set	49	797,4	380,5	202,3	208,6	1235,6	1,2	0,6	8,5	130,2	1,0	7,1	11,3	0,1
D Dry	20 set - 17 ott	27	1240,4	715,5	466,0	461,8	1208,5	1,7	3,0	11,4	323,4	1,8	5,7	184,2	1,4
D Dry	17 ott - 23 nov	37	4168,9	2652,7	560,9	1568,3	3238,6	2,4	2,6	19,4	370,3	4,0	10,5	37,4	4,0
D Dry	23 nov - 23 dic	30	1430,4	1139,3	256,0	530,8	1074,6	1,0	0,7	6,7	10,6	1,1	4,3	10,6	0,6
D Dry	23 dic - 24 gen	32	7002,9	4239,9	1090,9	1588,8	4379,0	4,6	9,9	29,7	690,8	5,8	20,8	66,0	3,8
D Dry	24 gen - 8mag	103	1046,9	609,0	456,5	993,0	762,0	1,3	1,2	10,4	234,0	1,3	5,7	12,2	0,1
D Dry	8 mag - 25 mag	17	1377,9	964,6	886,3	1627,9	1331,6	2,8	2,9	20,0	586,6	3,1	10,7	24,5	0,2

Tipo Campione	Intervallo di campionamento	Giorni di esposizione	<sup>23</sup> Na	<sup>24</sup> Mg	<sup>27</sup> Al	<sup>39</sup> K	<sup>44</sup> Ca	<sup>51</sup> V	<sup>53</sup> Cr	<sup>55</sup> Mn	<sup>57</sup> Fe	<sup>60</sup> Ni	<sup>63</sup> Cu	<sup>66</sup> Zn	<sup>111</sup> Cd
			Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]	Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]	Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]	Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]	Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]	Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]	Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]	Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]	Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]	Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]	Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]	Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]	Flusso di deposizione metallo [µg 3m <sup>-2</sup> die <sup>-1</sup> ]
D Wet	26 feb-16 mar	19	228,8	22,7	2,2	35,3	135,1	0,2	0,0	0,5	20,7	0,3	1,1	12,9	0,0
D Wet	16 mar - 4 mag	47	3347,8	1286,7	1362,1	1491,5	5872,7	4,2	0,6	26,2	1016,1	1,9	7,9	22,9	0,3
D Wet	4 mag- 1 giu	28	1549,0	400,2	490,7	808,6	1558,9	2,2	3,8	21,2	422,8	2,5	4,2	17,6	0,1
D Wet	1 giu- 6 lug	35	5546,6	1027,8	747,8	597,8	2720,2	5,3	3,5	25,1	713,1	4,2	10,1	20,7	1,1
D Wet	6 lug- 2ago	27	4369,8	579,8	334,8	226,9	825,4	1,2	0,9	9,3	207,2	1,0	4,6	7,3	0,1
D Wet	2 ago - 20 set	49	4288,7	1172,7	3205,6	1089,5	1337,6	7,9	5,7	30,4	2001,7	4,2	14,7	17,1	0,2
D Wet	20 set - 17 ott	27	3831,2	507,7	215,1	363,8	314,3	1,1	1,1	4,9	103,4	1,5	4,5	1752,7	10,7
D Wet	17 ott - 23 nov	37	4004,5	841,1	411,0	278,5	425,4	1,5	19,9	4,9	214,3	0,7	0,9	4,4	0,1
D Wet	23 nov - 23 dic	30	1773,7	331,4	284,8	217,2	128,8	2,2	4,4	5,0	0,1	0,2	1,0	3,0	4,4
D Wet	23 dic - 24 gen	32	281,6	126,8	81,8	20,0	77,3	0,3	0,1	0,9	15,0	0,2	0,4	3,6	0,0
D Wet	24 gen - 8mag	103	1298,5	308,3	318,4	369,4	432,8	2,6	2,6	6,2	151,4	2,2	2,6	7,9	1,2
D Wet	8 mag - 25 mag	17	1928,1	452,1	334,6	668,2	505,8	1,9	1,2	8,2	224,6	1,4	2,1	31,7	0,1



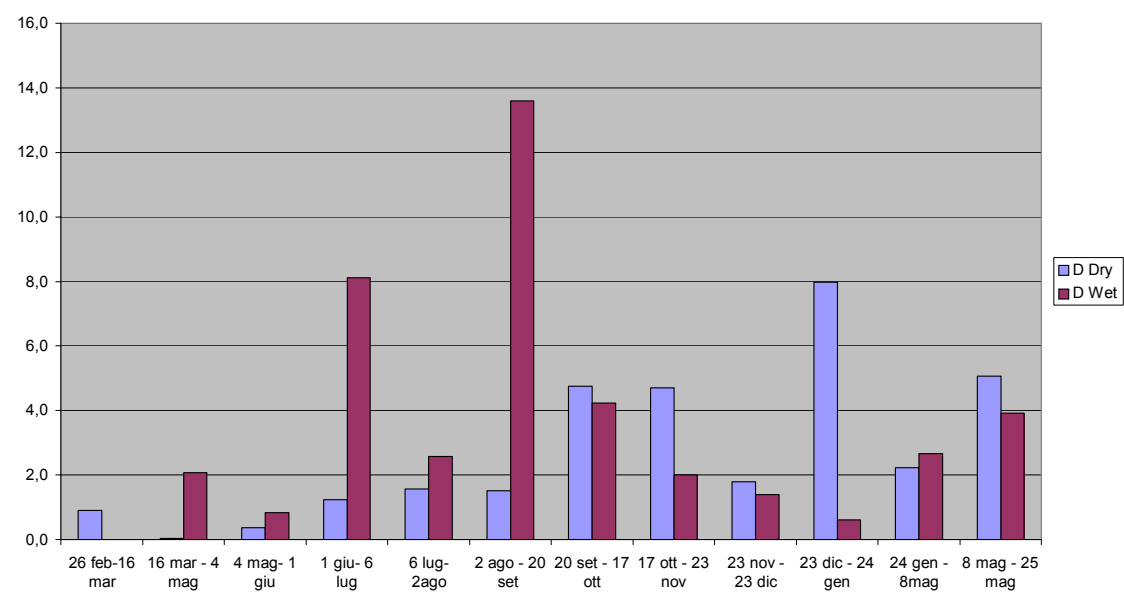
# DEPOSIZIONI BULK

<sup>23</sup> Na	<sup>24</sup> Mg	<sup>27</sup> Al	<sup>39</sup> K	<sup>44</sup> Ca	<sup>51</sup> V	<sup>53</sup> Cr	<sup>55</sup> Mn	<sup>57</sup> Fe	<sup>60</sup> Ni	<sup>63</sup> Cu	<sup>66</sup> Zn	<sup>111</sup> Cd	<sup>208</sup> Pb
Flusso di deposizione metallo [ $\mu\text{g m}^{-2}\text{die}^{-1}$ ]	Flusso di deposizione metallo [ $\mu\text{g m}^{-2}\text{die}^{-1}$ ]	Flusso di deposizione metallo [ $\mu\text{g m}^{-2}\text{die}^{-1}$ ]	Flusso di deposizione metallo [ $\mu\text{g m}^{-2}\text{die}^{-1}$ ]	Flusso di deposizione metallo [ $\mu\text{g m}^{-2}\text{die}^{-1}$ ]	Flusso di deposizione metallo [ $\mu\text{g m}^{-2}\text{die}^{-1}$ ]	Flusso di deposizione metallo [ $\mu\text{g m}^{-2}\text{die}^{-1}$ ]	Flusso di deposizione metallo [ $\mu\text{g m}^{-2}\text{die}^{-1}$ ]	Flusso di deposizione metallo [ $\mu\text{g m}^{-2}\text{die}^{-1}$ ]	Flusso di deposizione metallo [ $\mu\text{g m}^{-2}\text{die}^{-1}$ ]	Flusso di deposizione metallo [ $\mu\text{g m}^{-2}\text{die}^{-1}$ ]	Flusso di deposizione metallo [ $\mu\text{g m}^{-2}\text{die}^{-1}$ ]	Flusso di deposizione metallo [ $\mu\text{g m}^{-2}\text{die}^{-1}$ ]	Flusso di deposizione metallo [ $\mu\text{g m}^{-2}\text{die}^{-1}$ ]
796,0	447,0	96,9	143,3	1677,0	0,7	0,3	7,6	169,0	1,0	4,5	30,0	0,2	0,9
3380,7	1357,8	1392,2	1513,6	6132,0	4,3	0,6	27,3	1049,3	2,0	8,4	25,3	0,3	2,1
2864,2	1069,9	714,5	2311,7	3914,1	3,2	4,4	31,4	661,8	3,6	8,9	35,2	0,1	1,2
7254,7	1744,5	875,6	2259,8	5357,9	6,0	3,9	33,3	858,5	4,8	15,3	43,4	1,2	9,3
5519,9	1121,4	675,3	490,7	2707,3	2,2	1,9	20,7	487,0	1,7	10,0	15,0	0,1	4,1
5086,0	1553,2	3408,0	1298,1	2573,2	9,1	6,3	38,9	2131,9	5,2	21,9	28,4	0,3	15,1
5071,6	1223,2	681,1	825,6	1522,8	2,8	4,1	16,3	426,9	3,3	10,2	1936,9	12,1	9,0
8173,4	3493,8	971,9	1846,8	3664,0	3,9	22,5	24,4	584,6	4,7	11,4	41,8	4,0	6,7
3204,1	1470,7	540,9	748,0	1203,4	3,2	5,1	11,7	10,7	1,3	5,3	13,6	4,9	3,2
7284,5	4366,7	1172,7	1608,8	4456,3	4,9	10,1	30,6	705,8	6,1	21,2	69,5	3,8	8,6
2345,4	917,2	774,8	1362,4	1194,9	3,9	3,8	16,6	385,5	3,5	8,3	20,1	1,3	4,9
3306,1	1416,7	1220,9	2296,2	1837,4	4,6	4,1	28,3	811,1	4,5	12,7	56,2	0,2	9,0

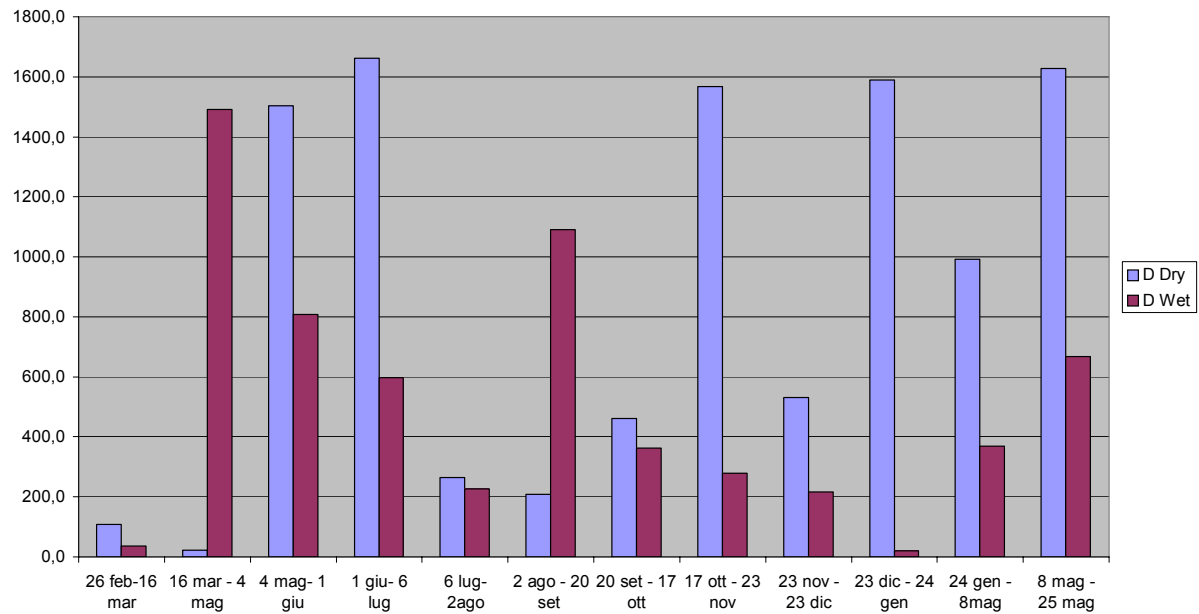
da P.Rossini et al. Atmospheric bulk deposition to the Lagoon of Venice Part I. Fluxes of metals, nutrients and organic contaminants, *Environment International* 31 (2005), 959-97.

		<sup>23</sup> Na	<sup>24</sup> Mg	<sup>27</sup> Al	<sup>39</sup> K	<sup>44</sup> Ca	<sup>51</sup> V	<sup>53</sup> Cr	<sup>55</sup> Mn	<sup>57</sup> Fe	<sup>60</sup> Ni	<sup>63</sup> Cu	<sup>66</sup> Zn	<sup>111</sup> Cd
Range di variazione della mediana	Min	1488	1011	450	804	3506	3,5	1,54	10,6	286	2,5	6,8	53,7	0,141
	Max	3894	1337	894	959	6032	7,8	4,6	17,8	594	6,9	12,3	79,4	0,398

## PIOMBO ( $\mu\text{g m}^{-2} \text{g}^{-1}$ )

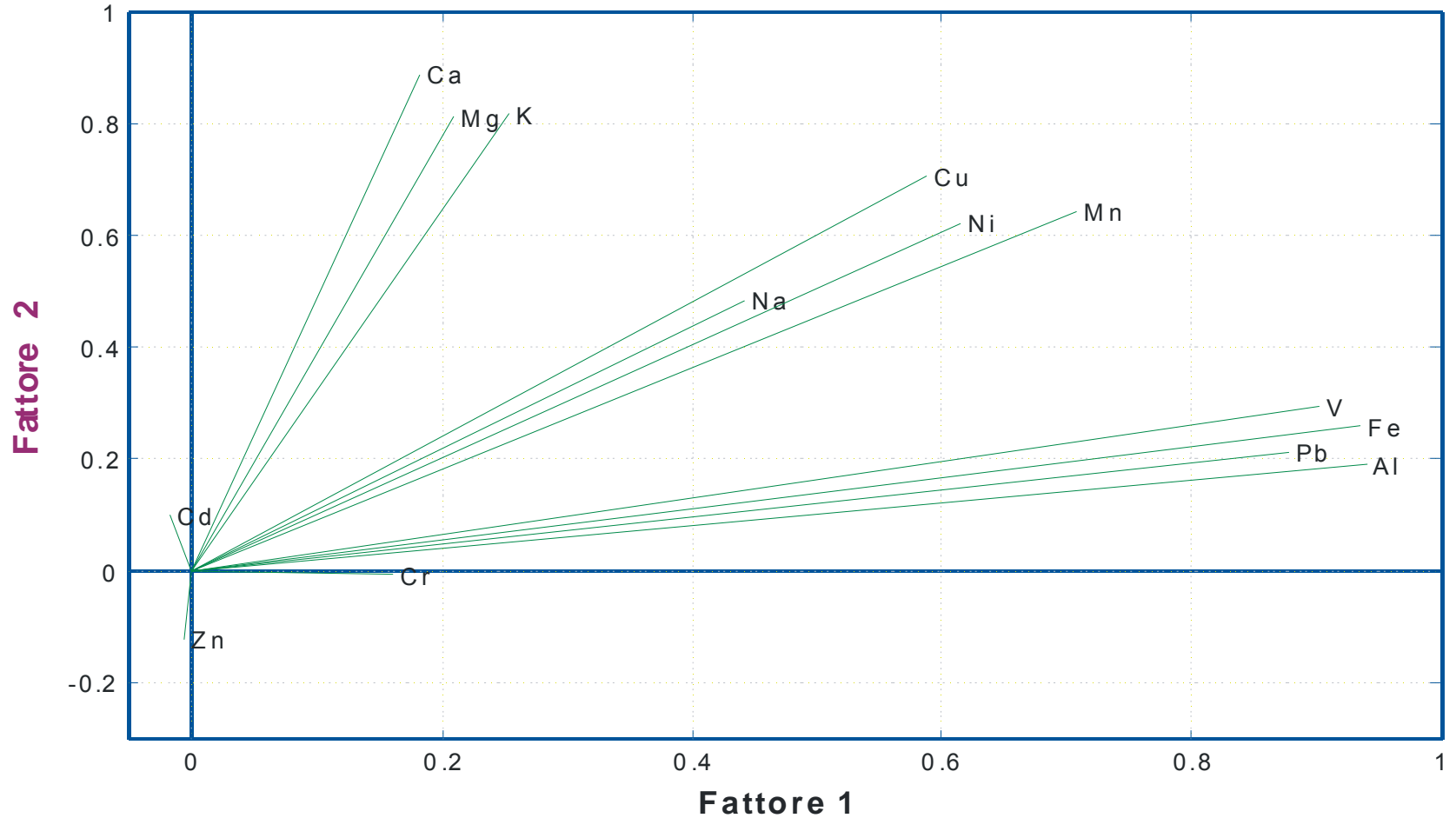


## POTASSIO ( $\mu\text{g m}^{-2} \text{g}^{-1}$ )



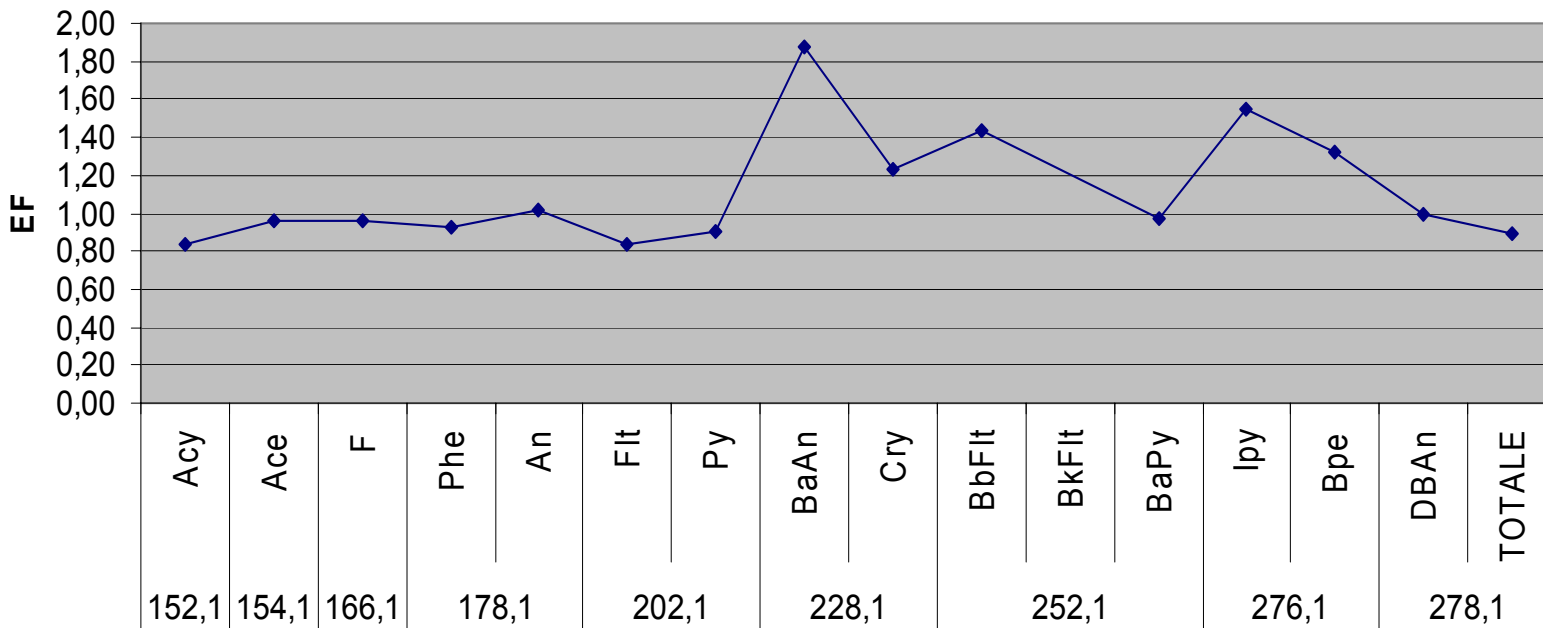
# Componenti fattoriali principali: Rotazione varimax

Grafico di fattori: Rotazione varimax



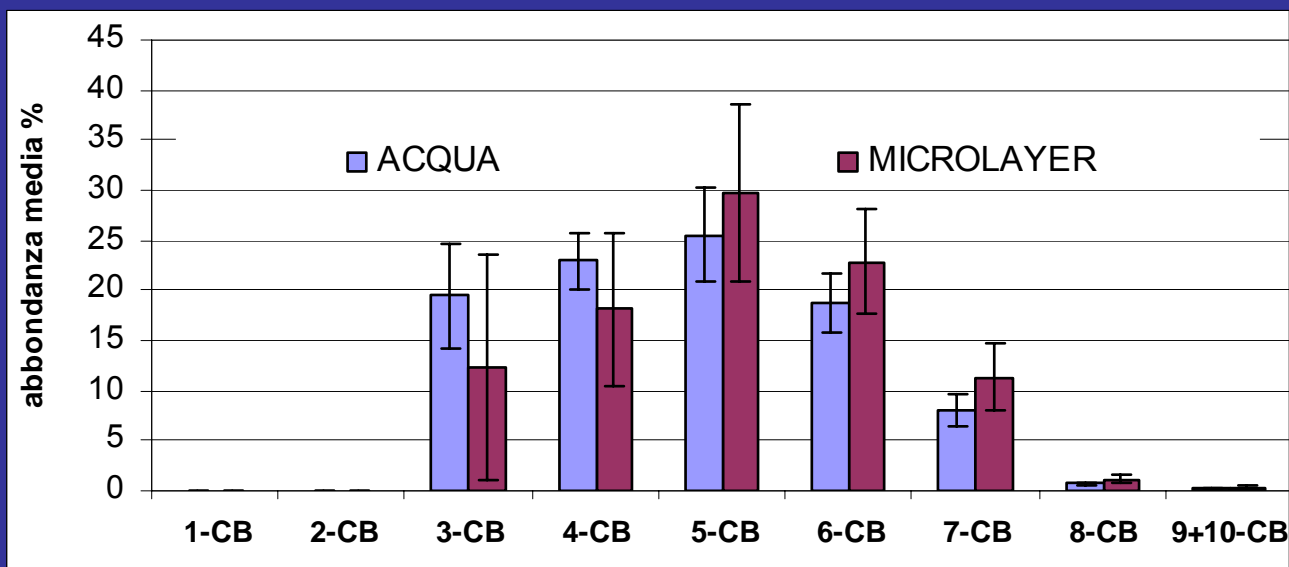


# Acqua/Microlayer



IPA

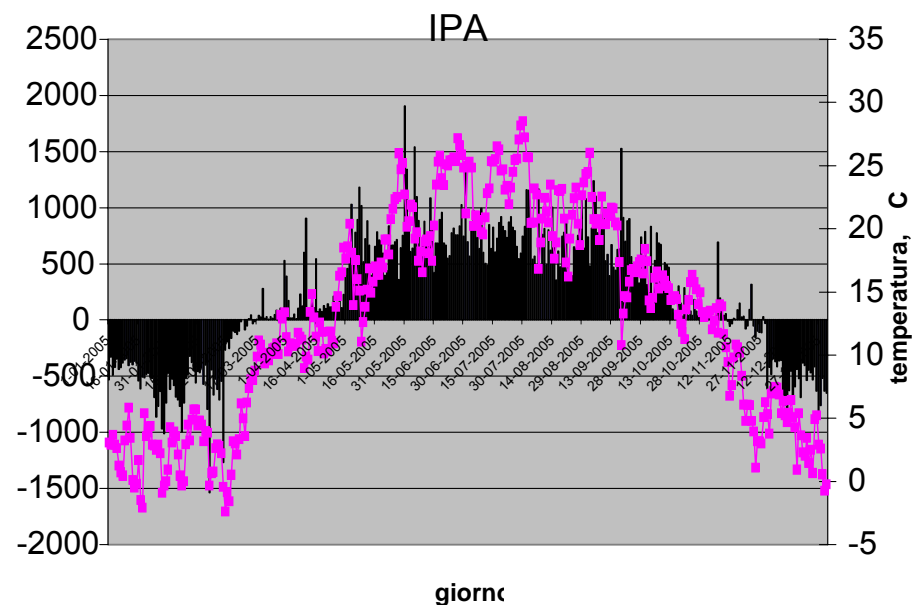
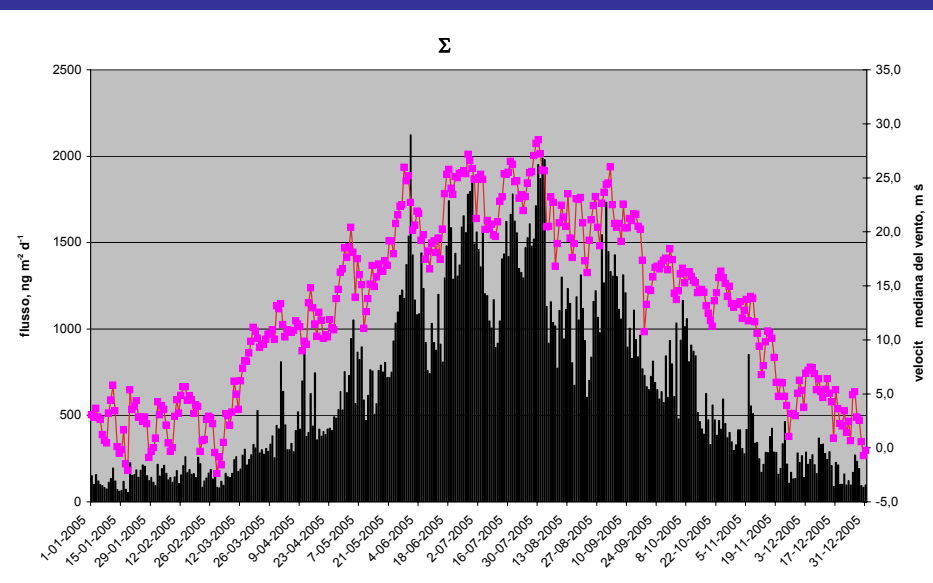
PCB



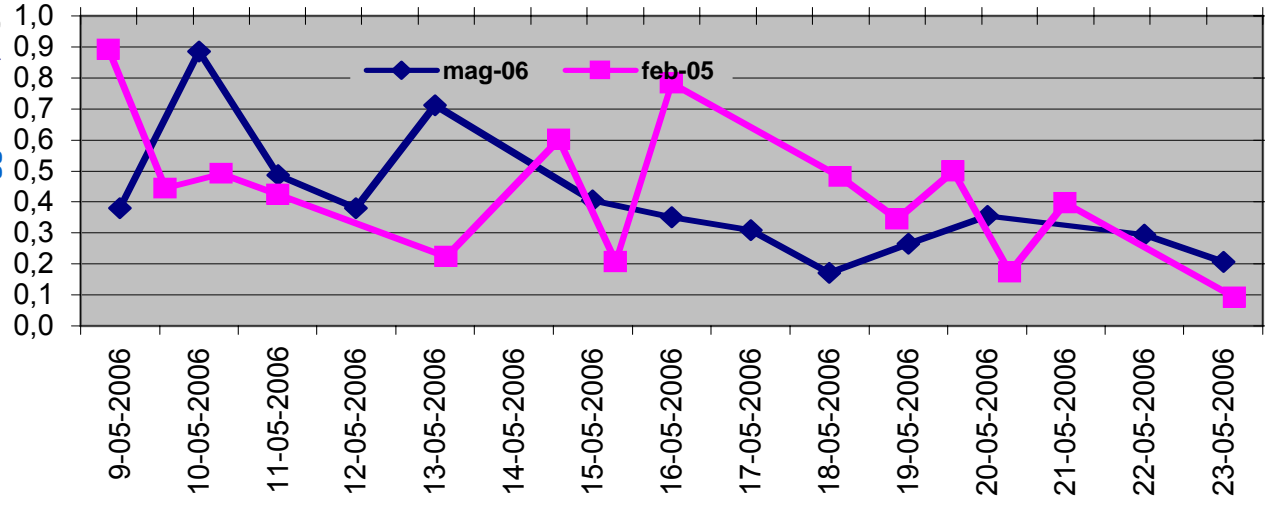
# Stima del flusso diffusivo annuale (ng m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) degli IPA totali.

$$F = K_o(C_w - C_aRT/H)$$

dove  $C_w$  è la concentrazione in acqua,  $C_a$  quella in aria,  $R$  la costante universale dei gas,  $T$  la temperatura dell'aria,  $H$  la costante di Henry, mentre  $K_o$  è il coefficiente di trasferimento di massa totale.



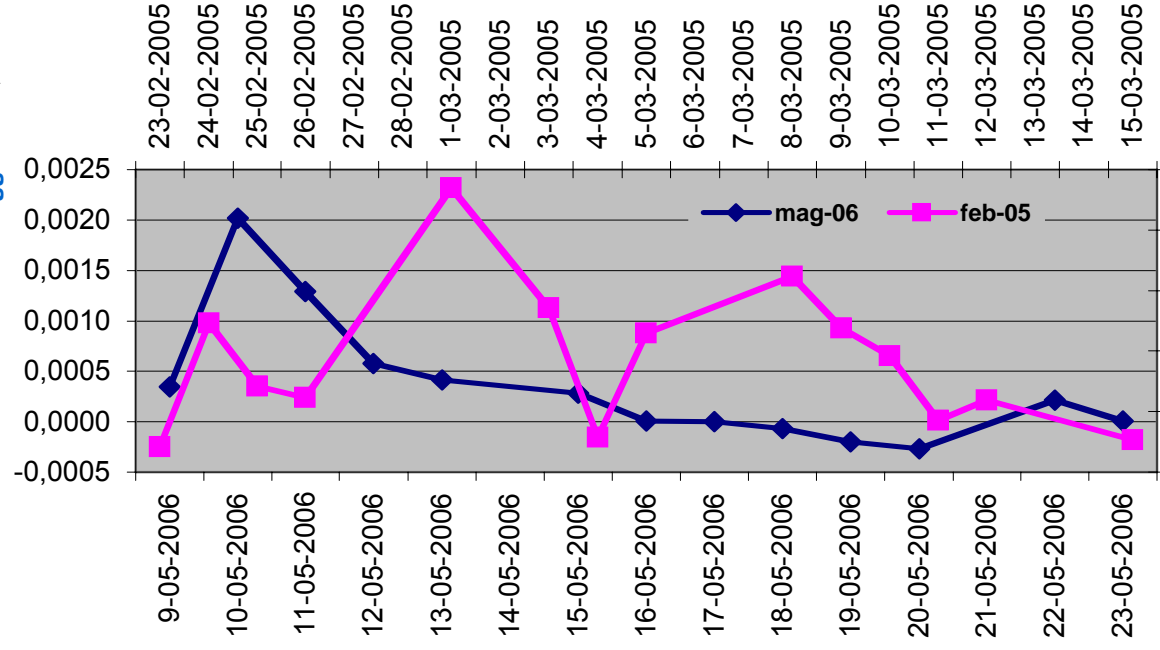
[totale PAH] maggio 2006, ng/m3



[totale PAH] febbraio 2005, ng/m3

PM<sub>2.5</sub>

flusso totale PAH maggio 2006,



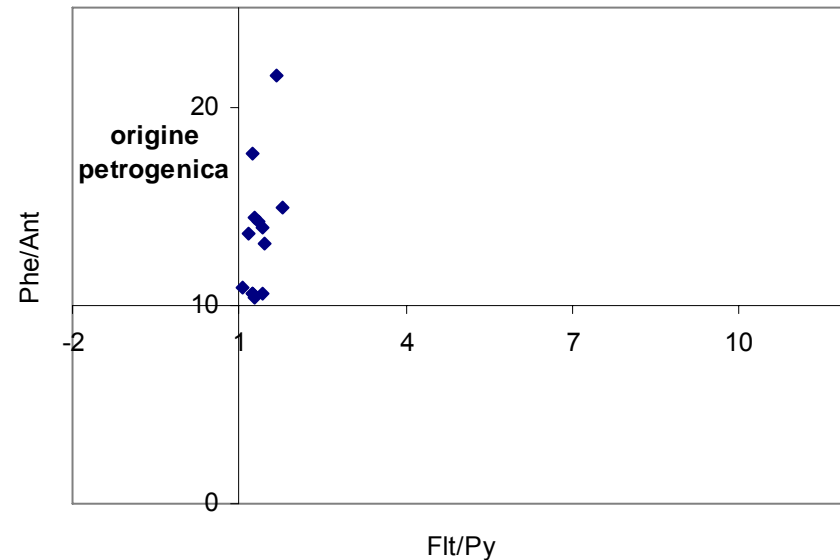
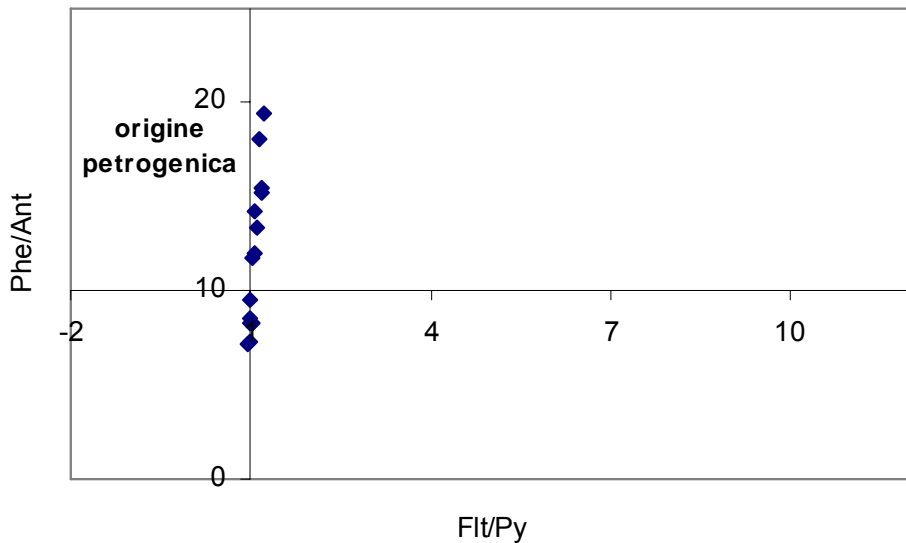
flusso totale PAH febbraio 2005, ng/m2/s

# PM<sub>2,5</sub>

	diagnostic ratio		literature data
<i>Ant/(Ant+Phe)</i>	<b>0,07</b>	± <b>0,01</b>	< 0.1: petroleum/petrogenic source; > 0.1: combustion
<i>Flt/(FLT+Py)</i>	<b>0,57</b>	± <b>0,03</b>	< 0.4: petroleum/petrogenic source; 0.4-0.5: gasoline, diesel and crude oil combustion car and diesel trucks;
<i>BaA/(BaA+Chr+Tri)*</i>	<b>0,24</b>	± <b>0,03</b>	< 0.2: petroleum/petrogenic source; 0.2-0.35: petroleum/petrogenic source or combustion, > 0.35: combusti
<i>IPY/(IPY+BPE)</i>	<b>0,48</b>	± <b>0,03</b>	< 0.2: petroleum/petrogenic source; 0.2-0.5: liquid fossil fuel combustion, > 0.5. grass, wood and coal combu
<i>BaP/BPE</i>	<b>0,59</b>	± <b>0,16</b>	< 0.6: non-traffic sources; > 0.6: traffic sources
<i>CombPAH/16PAH*</i>	<b>0,87</b>	± <b>0,13</b>	0.3: petroleum/petrogenic source; 0.7: combustion dominated source
<i>Flt/Py</i>	<b>1,35</b>	± <b>0,20</b>	> 1: pyrolitic source
<i>Phe/An</i>	<b>14</b>	± <b>3</b>	> 10: petrogenic source
<i>BeP/(BeP+BaP)</i>	<b>0,62</b>	± <b>0,04</b>	0.29-0.40: diesel engines; 0.60-0.80: gasoline engines; 0.48: wood combustion

2005

2006

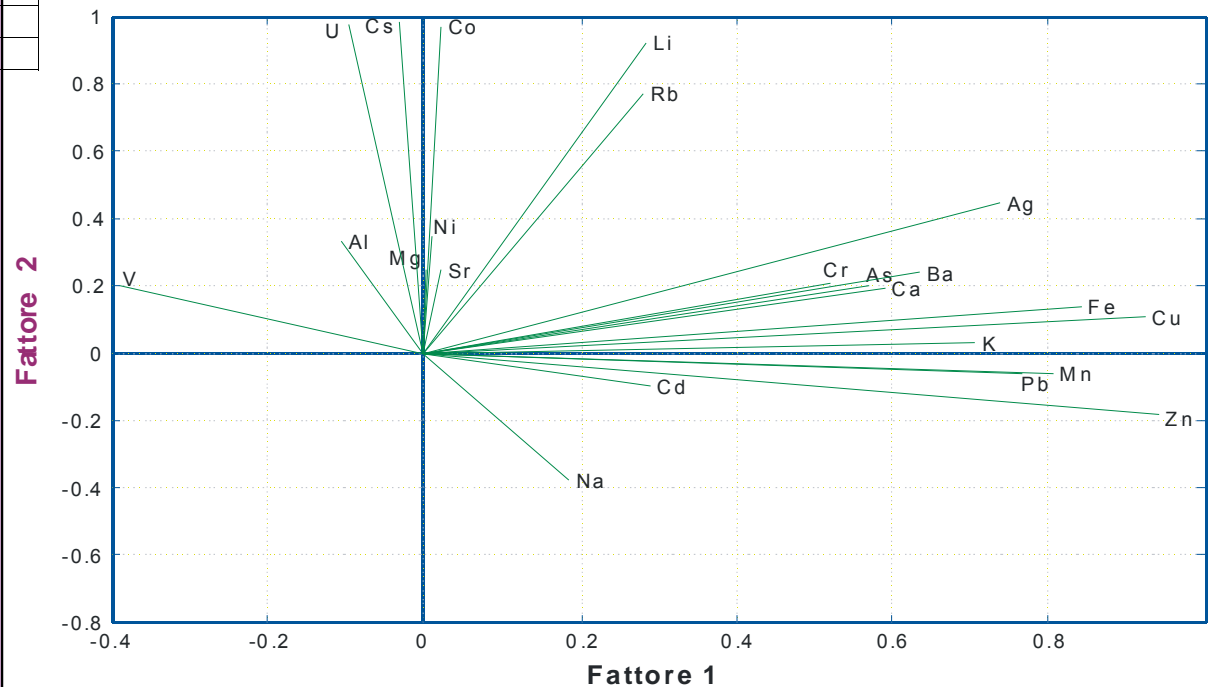


Elemento	Media (ng/m <sup>3</sup> )	Valore max (ng/m <sup>3</sup> )	Valore min (ng/m <sup>3</sup> )
Li	0,2	1,3	0,0
Na	106,7	550,5	Nd
Mg	17,3	30,4	3,8
Al	35,8	93,2	7,7
K	93,8	153,1	36,9
Ca	27,2	52,5	10,5
V	7,2	17,2	0,4
Cr	1,3	3,4	0,2
Mn	2,7	5,6	0,9
Fe	55,0	117,3	21,0
Co	0,1	0,7	Nd
Ni	3,0	6,4	0,3
Cu	2,0	4,6	Nd
Zn	12,3	39,5	2,0
As	2,3	8,6	0,3
Rb	0,3	0,9	0,1
Sr	0,4	1,1	0,0
Cd	0,4	2,3	0,0
Cs	0,1	0,6	Nd
Ba	0,9	2,1	0,3
Pb	5,2	11,6	1,6
U	0,1	0,5	0,0

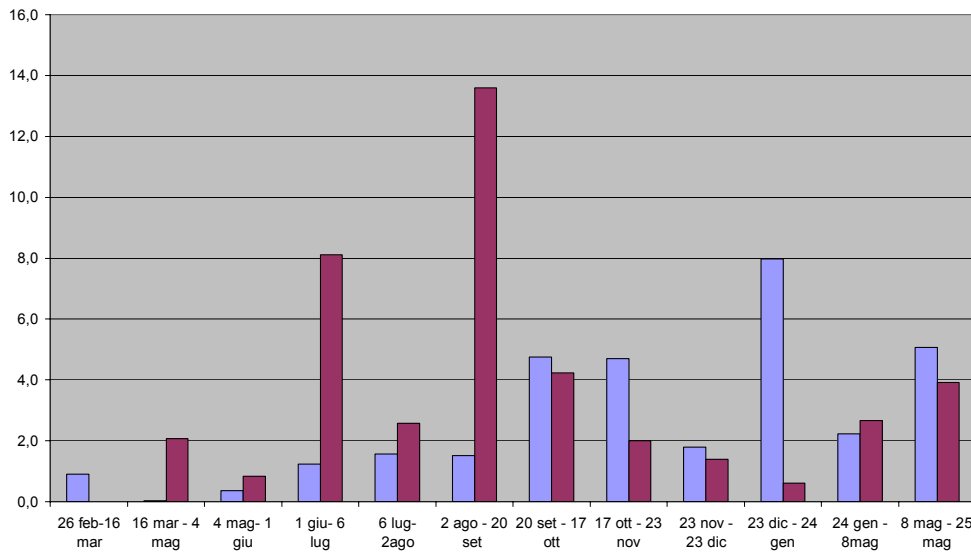
PM<sub>2.5</sub>

## Componenti fattoriali principali: Rotazione varimax

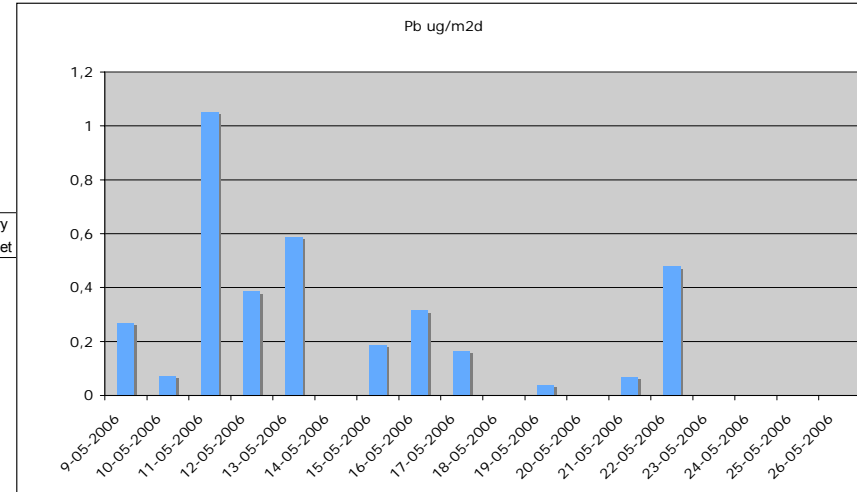
Grafico di fattori: Rotazione varimax



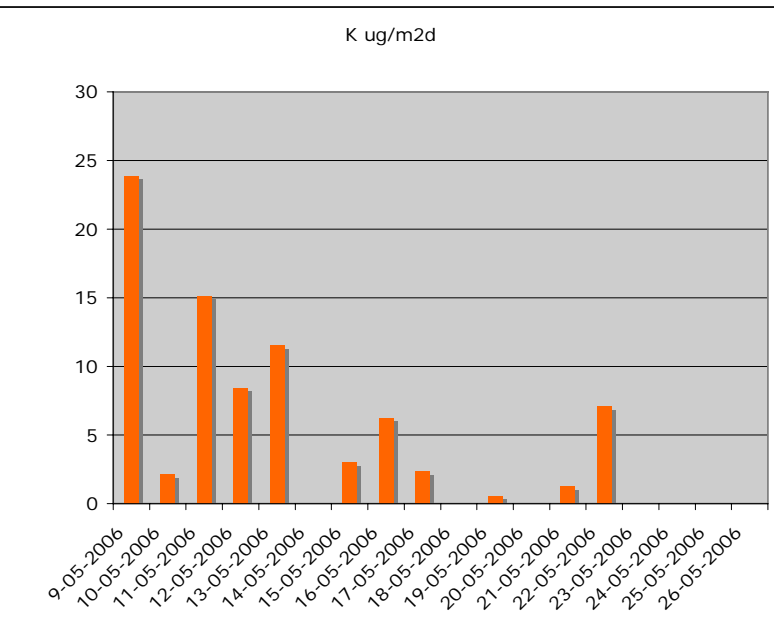
### PIOMBO ( $\mu\text{g m}^{-2} \text{g}^{-1}$ )



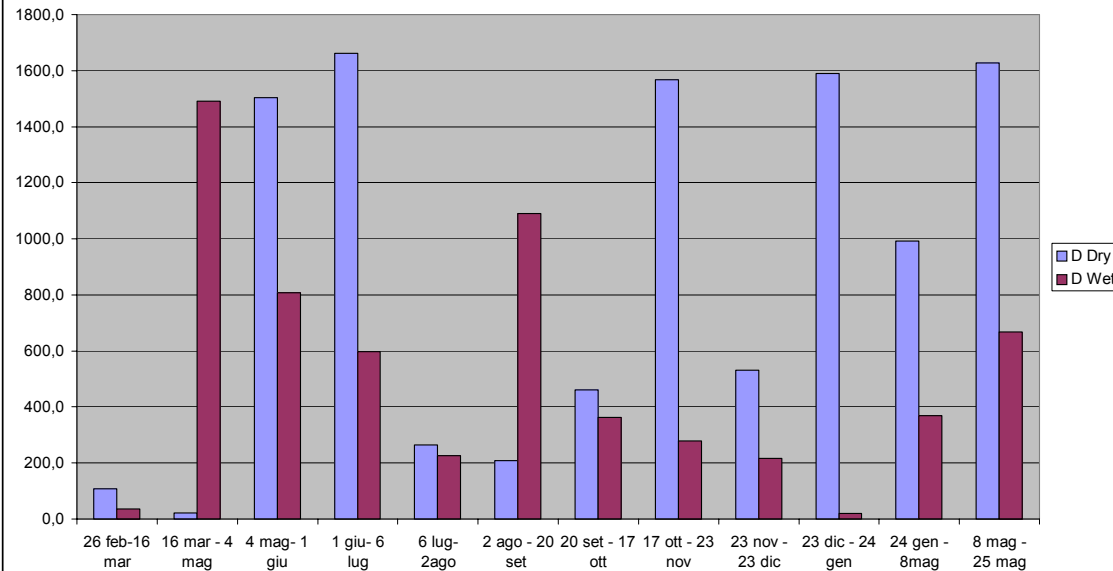
### PM<sub>2,5</sub>



### PM<sub>2,5</sub>



### POTASSIO ( $\mu\text{g m}^{-2} \text{g}^{-1}$ )



**SI RINGRAZIA PER LA COLLABORAZIONE:**

**COMUNE DI VENEZIA**

**ARCHEOCLUB D'ITALIA SEDE DI VENEZIA**

**ENTE ZONA MARGHERA**

**Dr. ONGARO ITALO**