

# XII CONFERENZA DEL SISTEMA NAZIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE

Vent'anni di controlli ambientali. Esperienze e nuove sfide.

**20**anni  
DI CONTROLLI  
AMBIENTALI  
XII CONFERENZA

Convegno

Aria: quale qualità?

*Sistema conoscitivo, problemi, sfide*



Bologna, 20 - 21 marzo 2014 - CNR Area della Ricerca



in collaborazione con



## Misure non convenzionali di sorgenti specifiche: il caso degli aeroporti.

Vorne Gianelle<sup>(1)</sup>, Colombi Cristina<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Responsabile Centro Regionale Monitoraggio della Qualità dell'Aria ARPA Lombardia

<sup>(2)</sup>Referente Progetti Speciali – CRMQ-ARPA Lombardia

## Contesto, motivazioni, obiettivo

Attorno all'aeroporto di Malpensa sono installate tre stazioni fisse della rete di rilevamento della qualità dell'aria (RRQA) dotate di **analizzatori automatici convenzionali** per la misura dei principali **inquinanti normati: O3, NO2, CO, PM10, BTEX**.

Sulla base delle serie storiche raccolte nel corso degli anni si può affermare che **pur essendo l'aeroporto una sorgente emissiva importante, non risulta nell'intorno una differenziazione sensibile dello stato di QA rispetto ad altre aree del territorio provinciale**.

In accordo con i comuni del Consorzio Urbanistico Volontario (CUV), circostanti l'aeroporto di Malpensa, è stato proposto un monitoraggio della Qualità dell'Aria intensivo .

**Scopo** del monitoraggio intensivo: valutazione della 'possibile presenza in atmosfera di sostanze potenzialmente pericolose per la salute', non **limitate agli inquinanti normalmente rilevati** nelle stazioni della rete di rilevamento.

## Approccio metodologico:

- ✓ Verifica del carico emissivo dell'area attraverso inventari delle emissioni disponibili
- ✓ Scelta degli inquinanti correlati alle emissioni aeroportuali attraverso analisi di letteratura
- ✓ Verifica della specificità degli inquinanti individuati attraverso analisi di tutte le potenziali sorgenti presenti nel territorio di interesse
- ✓ Scelta dei punti di monitoraggio tenendo conto sia dell'estensione e delle attività che della dislocazione dei recettori sensibili
- ✓ Scelta di punti di monitoraggio di 'bianco' per il confronto dei risultati
- ✓ Scelta dei periodi di monitoraggio per tener conto della variabilità meteorologica nel corso dell'anno

## ✓ Il carico emissivo

INEMAR ha un modulo specifico in cui sono stimate singolarmente le emissioni degli aeroporti civili della Regione.

Emissioni dall'aeroporto MXP	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CO	CO <sub>2</sub>	PM2.5	PM10	PTS
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	t/anno	t/anno
Traffico aereo nazionale (cicli LTO - < 1000 m)	15	201	75	248	46	1,9	2,0	2,0
Traffico aereo internazionale (cicli LTO - < 1000 m)	76	1.060	437	1.226	233	7,5	8,2	8,2
Mezzi di supporto a terra	0,2	82	17	244	5,3	6,8	7,2	7,2
<b>Totale</b>	<b>91</b>	<b>1.343</b>	<b>529</b>	<b>1.718</b>	<b>284</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>17</b>

dati calcolati in base ai cicli di atterraggio, movimentazione a terra e decollo (ciclo LTO)

Emissioni della rete autostradale della provincia di Varese:

Rete Autostradale	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CO	CO <sub>2</sub>	PM2.5	PM10	PTS
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	t/anno	t/anno
Trasporto su strada	2,8	2.114	150	1.375	454	99	127	164

	Aeroporto MXP	Rete autostradale
	(%)	(%)
SO <sub>2</sub>	6,9%	0,2%
NO <sub>x</sub>	9,1%	14,3%
COV	3,2%	0,9%
CO	7,1%	5,7%
CO <sub>2</sub>	4,8%	7,7%
PM2.5	0,8%	5,0%
PM10	0,8%	5,8%
PTS	0,7%	6,7%

L'inventario delle emissioni INEMAR relativo al 2010-PR non stima le emissioni di IPA da attività aeroportuali in quanto non comprese nel modello europeo CORINAIR.

Per una valutazione si può far riferimento ad una indicazione tratta da una review scientifica (Ravindra et al., 2008) che indica le emissioni di B(a)P in 1,24 mg per ciclo LTO. Considerando invece i consumi di diesel stimati per i mezzi di supporto a terra è invece possibile calcolare il contributo di tale attività sulle emissioni di B(a)P.

Attività	Emissioni B(a)P [kg/anno]
Cicli LTO	0,25
Mezzi di supporto a terra – diesel	0,07
Mezzi di supporto a terra - benzina	0,01
<b>Totale</b>	<b>0,33</b>

**= 0.002% (PM10)**

Emissioni B(a)P dal settore aeroportuale in Regione Lombardia (Fonte: INEMAR 2010 - PR)

Settore	Emissioni di B(a)P (kg/anno)
Produzione energia e trasformazione combustibili	1
Combustione non industriale	2983
Combustione nell'industria	277
Processi produttivi	14
Trasporto su strada	100
Altre sorgenti mobili e macchinari	10
Trattamento e smaltimento rifiuti	48
Agricoltura	206
Altre sorgenti e assorbimenti	30
<b>Totale</b>	<b>3668</b>

**= 0.02% (PM10)**

Emissioni di B(a)P in Regione Lombardia (Fonte: INEMAR 2010 - PR)

Aria: quale qualità?  
*Sistema conoscitivo, problemi, sfide*

## ✓ La scelta degli inquinanti specifici

Gli approfondimenti hanno riguardato la determinazione degli elementi e degli IPA in fase particolato. e il rilevamento delle aldeidi e dei COV.

Table 1  
Aircraft-Related\* HAPs Included in the  
U.S. EPA National Toxics Inventory Ranked in Order

Pollutant	Total Emission (Tons/Year)	Ranking	Percent of Total	Cumulative Percent
Formaldehyde	6,408	1	42.3	42.3
Acetaldehyde	1,969	2	13.0	55.3
Benzene	1,184	3	7.8	63.1
Toluene	1,174	4	7.7	70.8
Acrolein	938	5	6.2	77.0
1,3-Butadiene	824	6	5.4	82.5
Xylene	702	7	4.6	87.1
Lead**	541	8	3.6	90.7
Naphthalene	454	9	3.0	93.7
Propionaldehyde	396	10	2.6	96.3
Ethylbenzene	211	11	1.4	97.7
Styrene	195	12	1.3	99.0
n-Hexane	71	13	0.5	99.4
2,2,4-Trimethylpentane°	30	14	0.2	99.6
Acenaphthylene°	17	15	0.1	99.7
Phenanthrene°	10	16	0.1	99.8
Fluorene°	8	17	0.1	99.9
Fluoranthene°	5	18	<0.1	99.9
Pyrene°	5	19	<0.1	99.9
Anthracene°	4	20	<0.1	100
Acenaphthene°	3	21	<0.1	100
Benzo(ghi)perylene°	1	22	<0.1	100
Benzo(b)fluoranthene°	0.5	23	<0.1	100
Benzo(k)fluoranthene°	0.5	24	<0.1	100
Benzo(a)anthracene°	0.4	25	<0.1	100
Benzo(a)pyrene°	0.4	26	<0.1	100
Chrysene°	0.4	27	<0.1	100
Indeno(1,2,3-cd)pyrene°	0.3	28	<0.1	100
Dibenz(a,h)anthracene°	0	29	<0.1	100

\* Includes commercial and GA aircraft and GSE.

\*\* Lead is not a component of jet fuel. It is listed here as a possible component of avgas fuel used in GA aircraft and/or GSE fuel.

° As polycyclic organic matter (POM) or polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) given as a group of 7-PAH or 16-PAH.

  = Top Ten HAPs

La FAA (Federal Aviation Administration) ha identificato tra le sostanze emesse dai velivoli un gruppo di 'inquinanti atmosferici potenzialmente pericolosi (Hazardous Air Pollutants, HAPs)'

### Inoltre:

- Sebbene sia possibile che i livelli di questi inquinanti nelle aree adiacenti gli aeroporti siano superiori rispetto alle aree più lontane, tuttavia essi non sono apprezzabilmente differenti rispetto agli ambienti urbani.
- E' estremamente difficile l'individuazione della sorgente specifica aeroportuale rispetto all'emissione di sorgenti non-aeroportuali.
- Eventuali studi di esposizione devono tenere in considerazione la corretta quantità di tempo che la popolazione è esposta a tali inquinanti.

## ✓ La scelta delle specie complessivamente monitorate

- Inquinanti convenzionali
- PM10
- Concentrazione numerica e distribuzione dimensionale delle particelle (OPC)
- Microinquinanti
- FASE PARTICOLATO (PM10):
  - IPA (Acenaftilene, Benzo(a)Antracene, Crisene, Benzo(b)Fluorantene, Benzo(k)Fluorantene, Benzo(j)Fluorantene, Benzo(a)Pirene, Indeno, diBenzo(a,h)Antracene, Benzo(g,h,i)Perilene, diBenzo(a,e)Perilene) – GC/MS
  - Elementi (Z>11) (alluminio (Al), silicio (Si), fosforo (P), zolfo (S), cloro (Cl), potassio (K), calcio (Ca), titanio (Ti), vanadio (V), cromo (Cr), manganese (Mn), ferro (Fe), nichel (Ni), rame (Cu), zinco (Zn), bromo (Br), rubidio (Rb), stagno (Sn), Bario (Ba), **piombo (Pb)**, antimonio (Sb) e stronzio (Sr)) – XRF a fascio polarizzato
  - Levoglucosano – GC/MS
- FASE GAS:
  - Aldeidi (**Formaldeide, Acetaldeide, Acroleina e Propionaldeide**) – camp. passivi
  - **Naftalene** – camp. passivi
  - COV (**Benzene, Toluene, EtilBenzene, Meta/Para-Xilene e Orto-Xilene**) – analizzatori/camp. passivi



Qualità?  
critico, problemi, sfide

## ✓ La scelta dei punti di monitoraggio



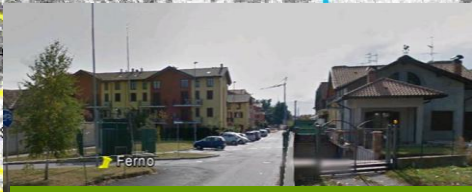
**Casorate Sempione - Fondo Urbano:**

- Biomass burning
- Secondario
- Traffico in minor misura
- Aeroporto?



➤ Saronno Santuario (UE)

Cabine RRQA



**Ferno - Fondo Urbano:**

- Aeroporto
- Biomass burning
- Secondario
- Traffico in minor misura



**Lonate Pozzolo – Industriale Urbana:**

- Aeroporto
- Traffico (exhaust e risollelamento)
- Industrie limitrofe

- Somma Lombardo
- Ferno (UF)
- Lonate Pozzolo (UI)

- Casorate Sempione (UF) all'interno del giardino comunale

**Legenda**

- Flight-Tracks
- Comuni

Scala: 1:170,000

## ✓ Il periodo di monitoraggio

Dal 20 ottobre 2011 al 30 agosto 2012 si sono effettuate 4 campagne intensive, parallelamente ai consueti monitoraggi istituzionali:

	<b>Start</b>	<b>Cambio delle fiale</b>	<b>Stop</b>
<b>I campagna</b>	20 ottobre 2011	27 ottobre 2011	3 novembre 2011
<b>II campagna</b>	26 gennaio 2012	2 febbraio 2012	9 febbraio 2012
<b>III campagna</b>	3 maggio 2012	10 maggio 2012	17 maggio 2012
<b>IV campagna</b>	9 agosto 2012	16 agosto 2012	23 agosto 2012

**Autunno**

**Inverno**

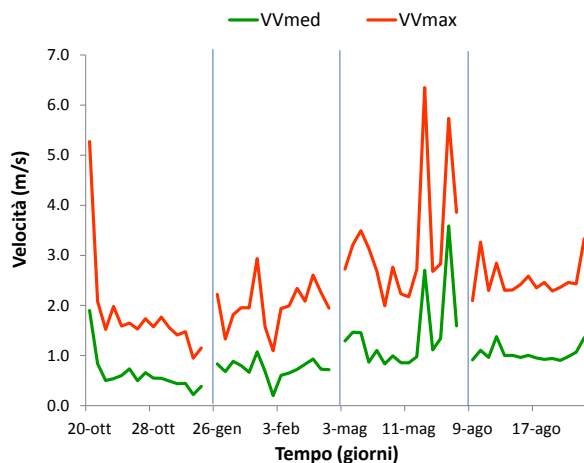
**Primavera**

**Estate**

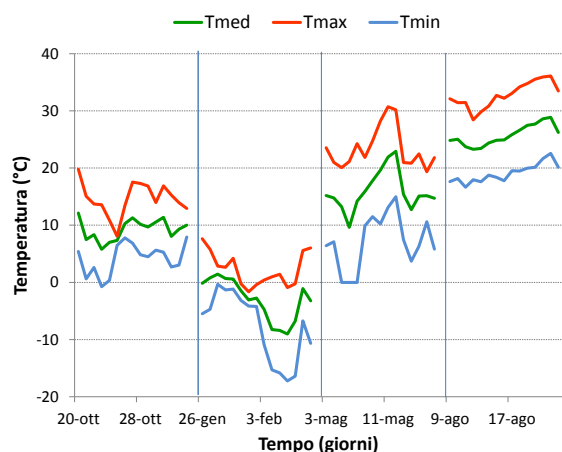
Parallelamente ai monitoraggi intensivi, sono state inoltre effettuate quattro campagne con laboratorio mobile, realizzate ciascuna su due mesi rappresentativi del periodo invernale ed estivo, nei comuni di Arsago Seprio, Samarate, Golasecca e Vizzola Ticino.

## Risultati: la meteorologia

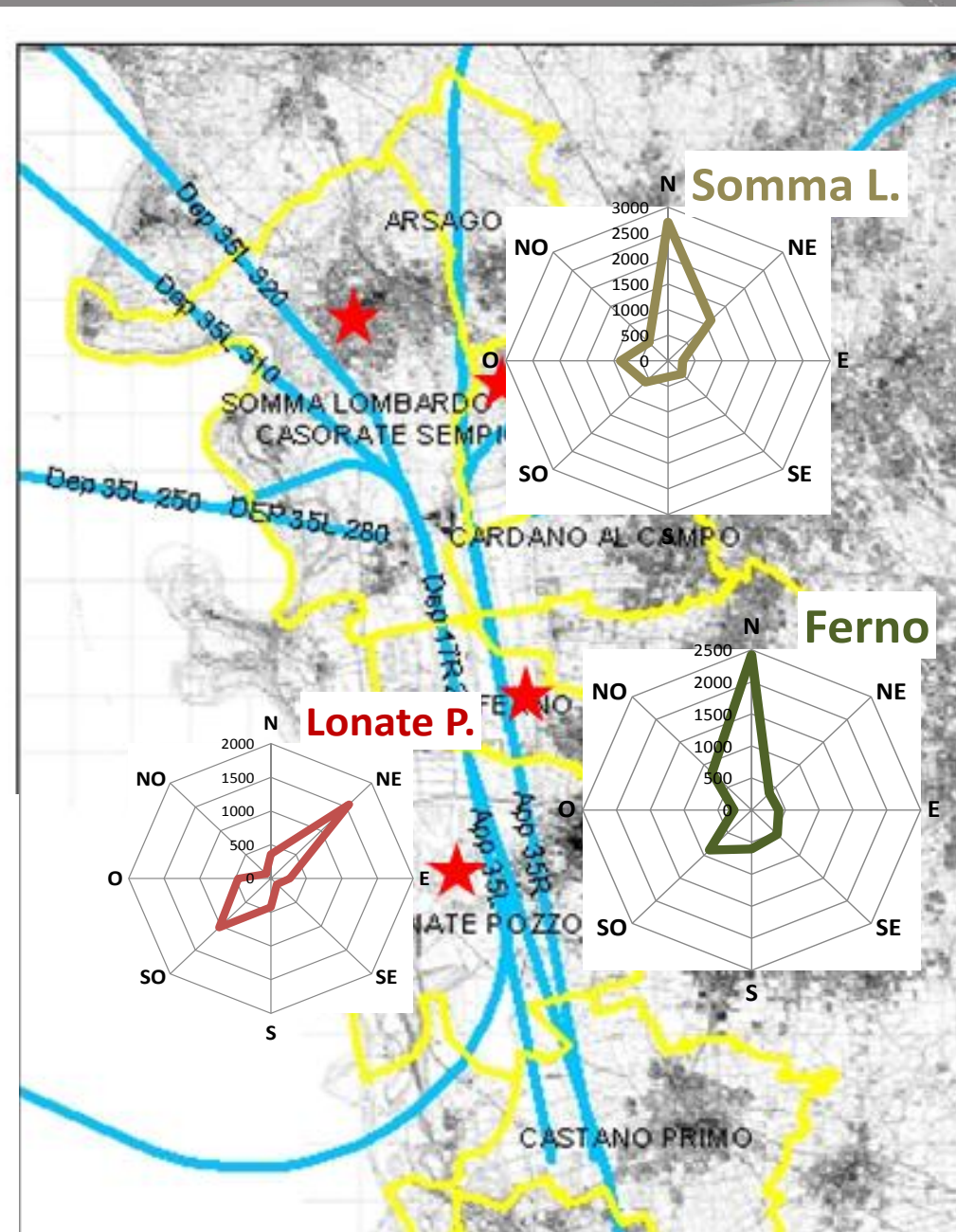
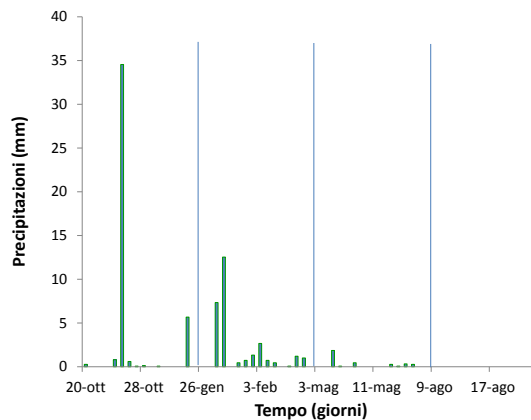
Velocità del vento - Area MXP



Temperatura dell'aria - Area MXP

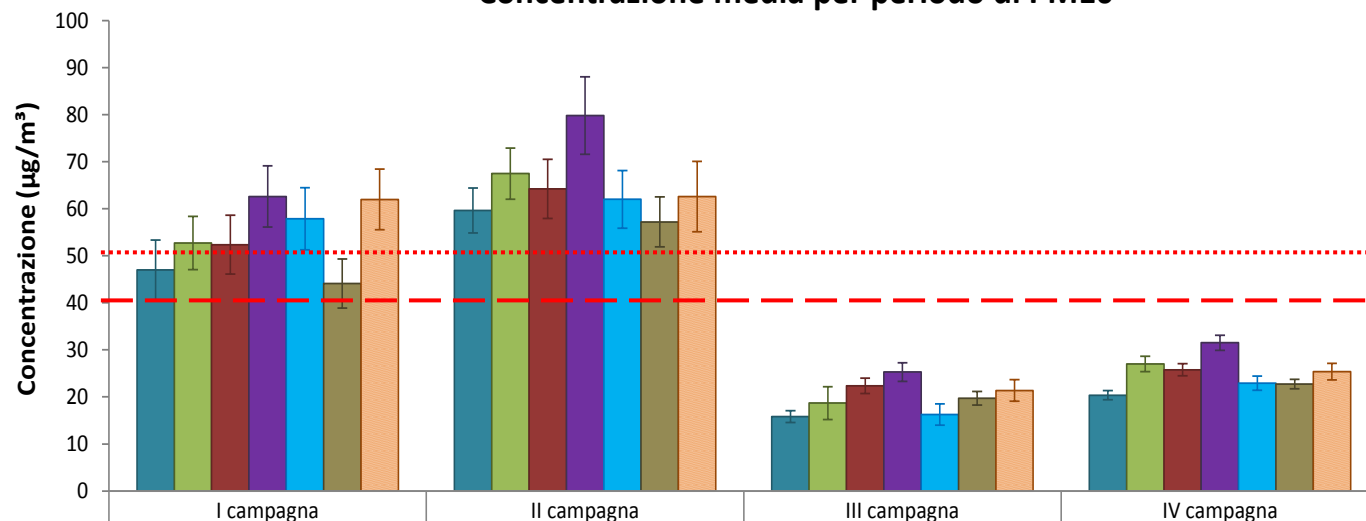


Precipitazioni totali giornaliere - Area MXP



## Risultati: focus PM e microinquinanti

Concentrazione media per periodo di PM10

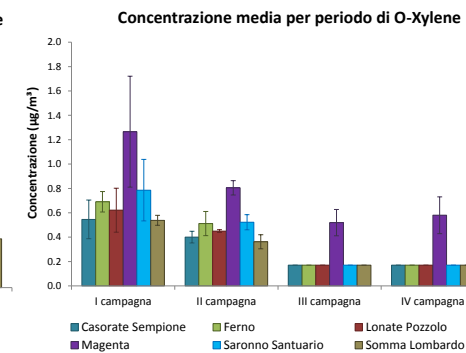
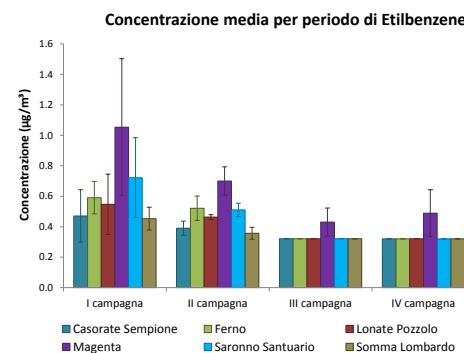
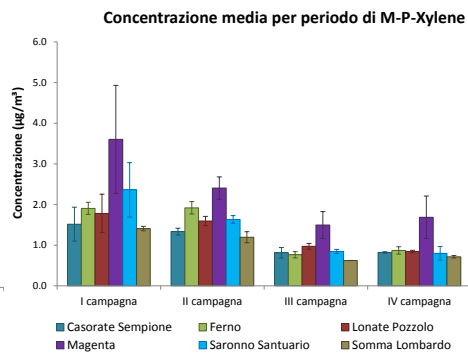
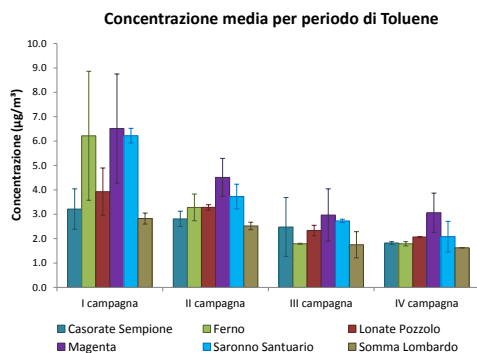
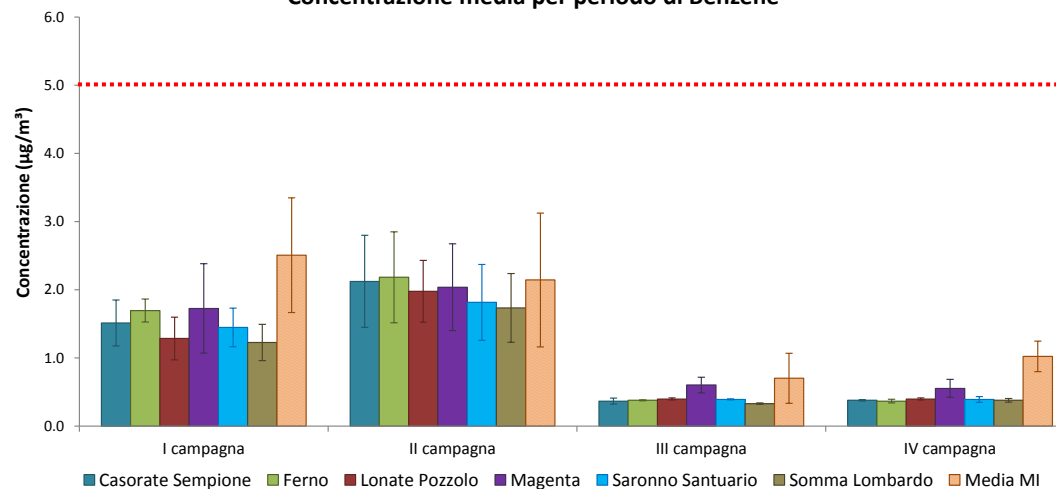
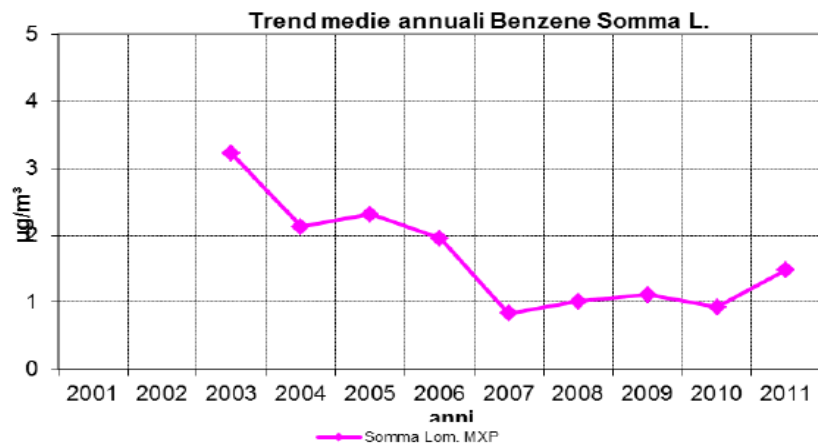


	I campagna	II campagna	III campagna	IV campagna
■ Casorate Sempione	47.0	59.6	15.8	20.4
■ Ferno	52.7	67.5	18.7	27.0
■ Lonate Pozzolo	52.4	64.2	22.3	25.8
■ Magenta	62.6	79.8	25.3	31.5
■ Saronno Santuario	57.9	62.0	16.3	22.9
■ Somma Lombardo	44.1	57.2	19.7	22.7
■ Media MI	62.0	62.6	21.4	25.4

PM10	N. Superamenti	Max sui periodi	Media
	(#)	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Casorate Sempione	16	99.5	35.7
Ferno	17	104.0	41.5
Lonate Pozzolo	16	102.9	41.2
Magenta	20	132.3	49.8
Saronno Santuario	19	110.4	39.8
Somma Lombardo	14	85.8	35.9
Media MI	18	144.6	42.8

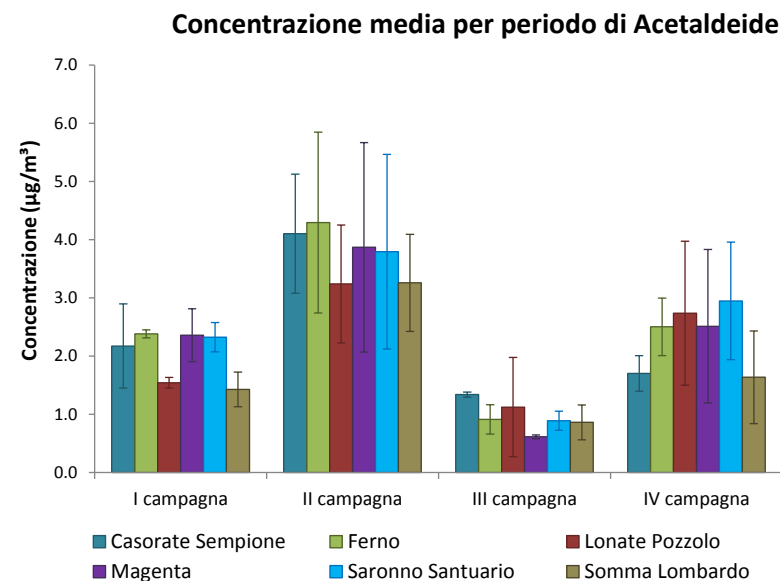
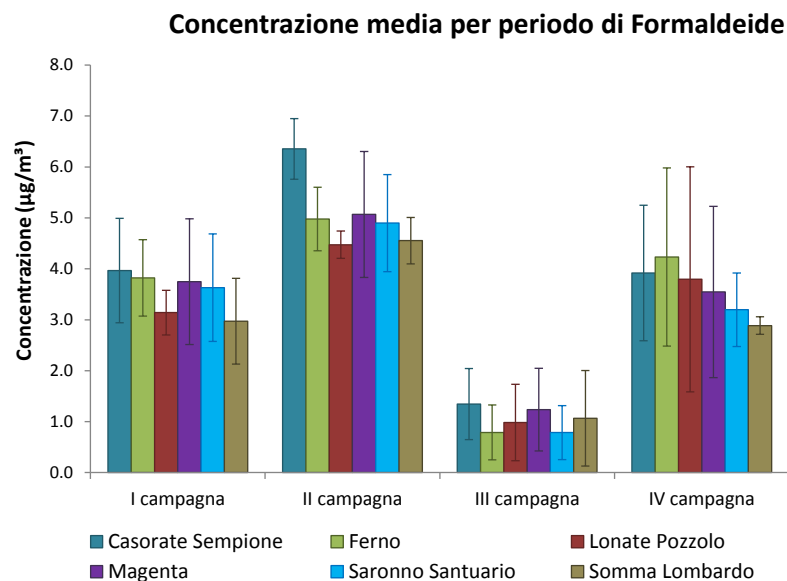
## Aria: quale qualità? Sistema conoscitivo problemi sfide Concentrazione media per periodo di Benzene

### Benzene



## Toluene, M-P-Xylene, Etilbenzene, O-Xylene

## Aldeidi



Media area MXP:  $3.33 \pm 1.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$   
 Media siti 'bianco':  $3.26 \pm 1.54 \mu\text{g}/\text{m}^3$   
 Media Varese (2004-2008):  $3.35 \pm 0.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$

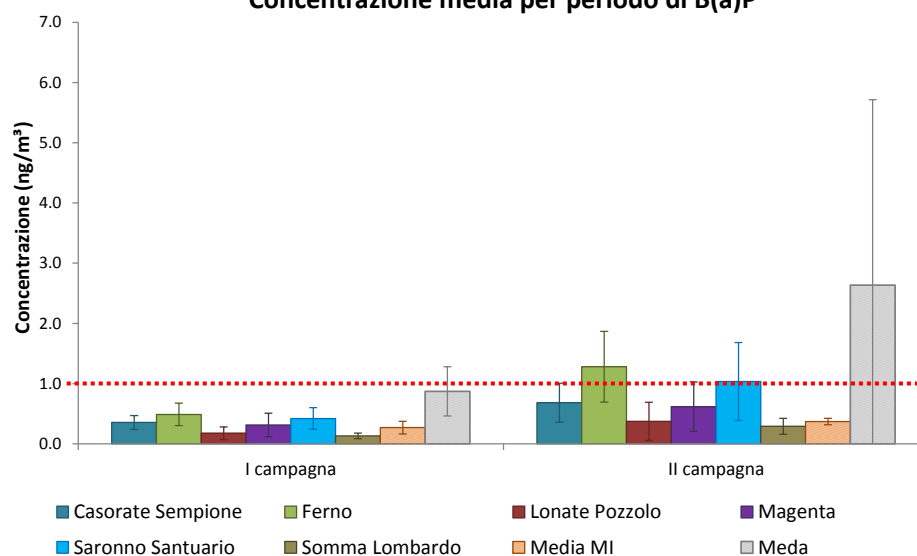
Media area MXP:  $2.20 \pm 1.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$   
 Media siti 'bianco':  $2.42 \pm 1.19 \mu\text{g}/\text{m}^3$   
 Media Varese (2004-2008):  $1.82 \pm 0.60 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Aria: quale qualità?  
Sistema conoscitivo, problemi, sfide

## IPA e B(a)P

	Casorate S.	Ferno	Lonate P.	Magenta	Saronno S.	Somma L.	Media MI
<b>IPA totali</b>	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )
I campagna	2.741	4.490	1.559	2.415	3.945	1.153	3.087
II campagna	5.378	12.763	3.566	5.581	11.417	2.528	2.579
III campagna	< 0.050	0.663	< 0.050	0.150	0.664	0.051	< 0.050
IV campagna	< 0.050	< 0.050	0.188	< 0.050	0.163	< 0.050	< 0.050

Concentrazione media per periodo di B(a)P



**!!Attenzione:**

➤ Il limite è annuale, non stagionale!

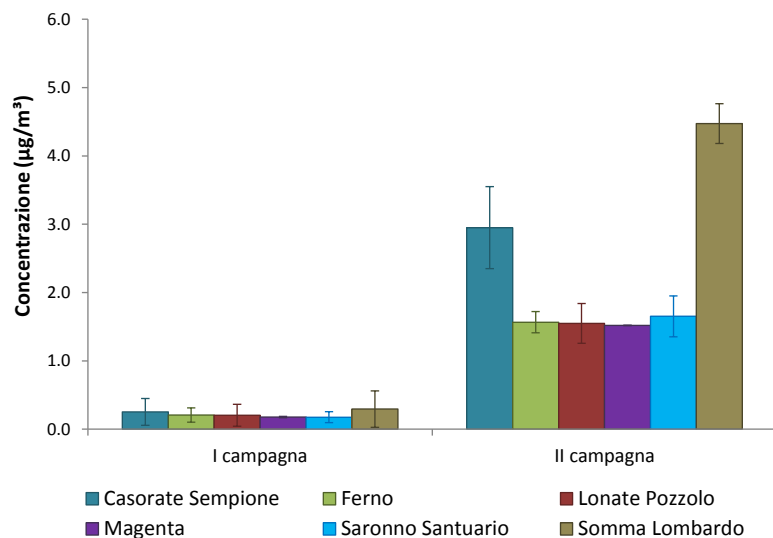
➤ La Dev.St rappresenta la variabilità delle concentrazioni!

	Casorate S.	Ferno	Lonate P.	Magenta	Saronno S.	Somma L.	Media MI
<b>B(a)P</b>	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )
MEDIA	0.272	0.455	0.150	0.244	0.375	0.118	0.172
DEV. ST	0.315	0.592	0.165	0.282	0.476	0.126	0.174

Aria: quale qualità?  
Sistema conoscitivo, problemi, sfide

## Naftalene

Concentrazione media per periodo di Naftalene



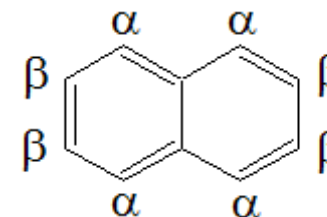
Media area MXP:  $0.744 \pm 1.290 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Media siti 'bianco':  $0.465 \pm 0.694 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Tipico valore urbano:  $0.943 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (US-EPA)

Nelle campagne primaverile ed estiva il Naftalene è sempre  $< \text{LR}$  ( $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Il naftalene (o naftalina) è un IPA. La sua molecola è formata da due anelli benzenici fusi:



Si ottiene per distillazione dal catrame, dal carbone e dal petrolio.

Oltre all'impiego nell'industria chimica principalmente come materia prima per la sintesi di coloranti, trova uso domestico anche come insetticida, specialmente contro le tarme. In passato è stato utilizzato come combustibile nel campo automobilistico e ferroviario.

Evapora facilmente ma la temperatura e l'umidità dell'aria tendono facilmente ad abbatterlo.

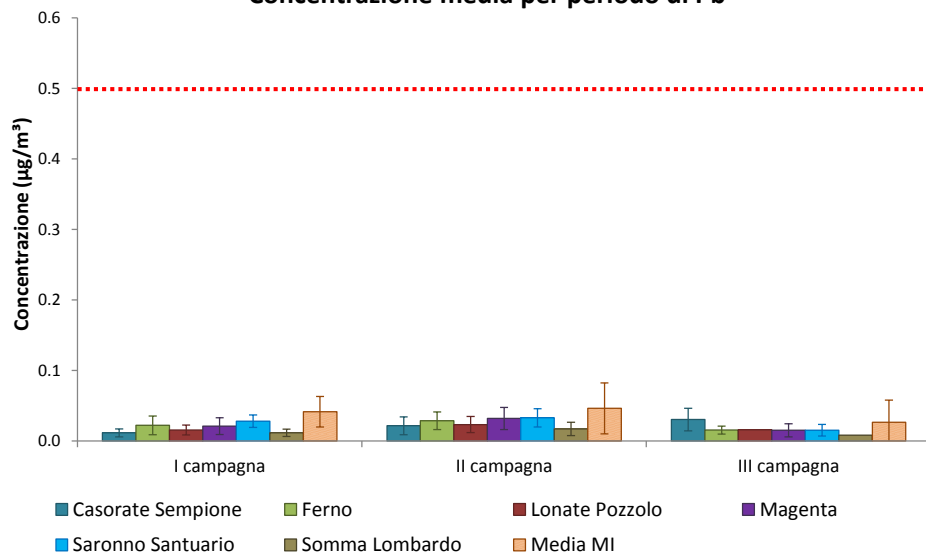
La principale sorgente di naftalene nell'aria è rappresentata dalle aree a traffico sostenuto o dove vi siano esalazioni di carburante o in prossimità di raffinerie di petrolio.

Dalla letteratura: soglia olfattiva in aria  $\approx 480 \mu\text{g}/\text{m}^3$

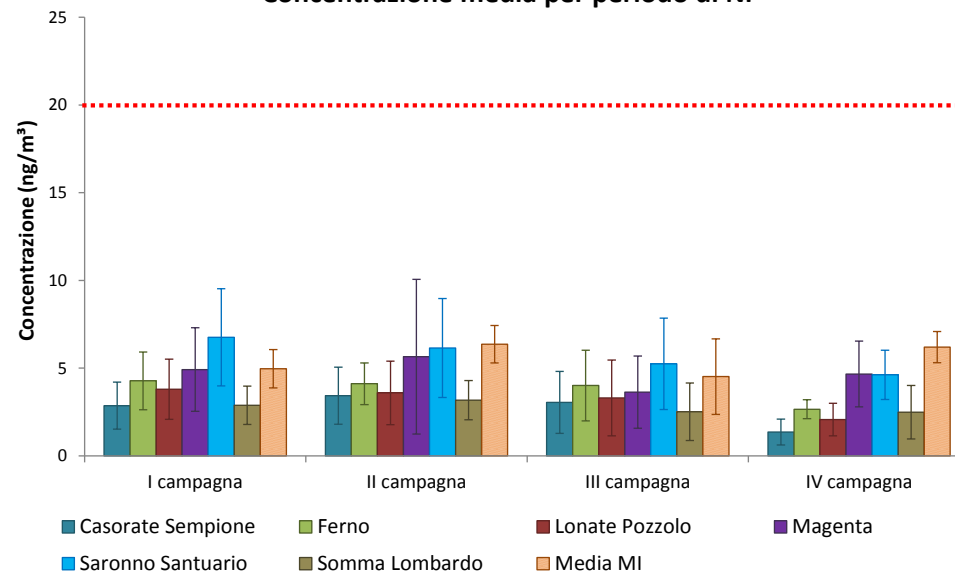


## Piombo e Nichel

Concentrazione media per periodo di Pb



Concentrazione media per periodo di Ni



Piombo	Casorate S.	Ferno	Lonate P.	Magenta	Saronno S.	Somma L.	Media MI
	(µg/m³)	(µg/m³)	(µg/m³)	(µg/m³)	(µg/m³)	(µg/m³)	(µg/m³)
MEDIA	0.018	0.019	0.016	0.019	0.021	0.011	0.030
DEV. ST MEDIA	0.005	0.005	0.003	0.006	0.004	0.003	0.010

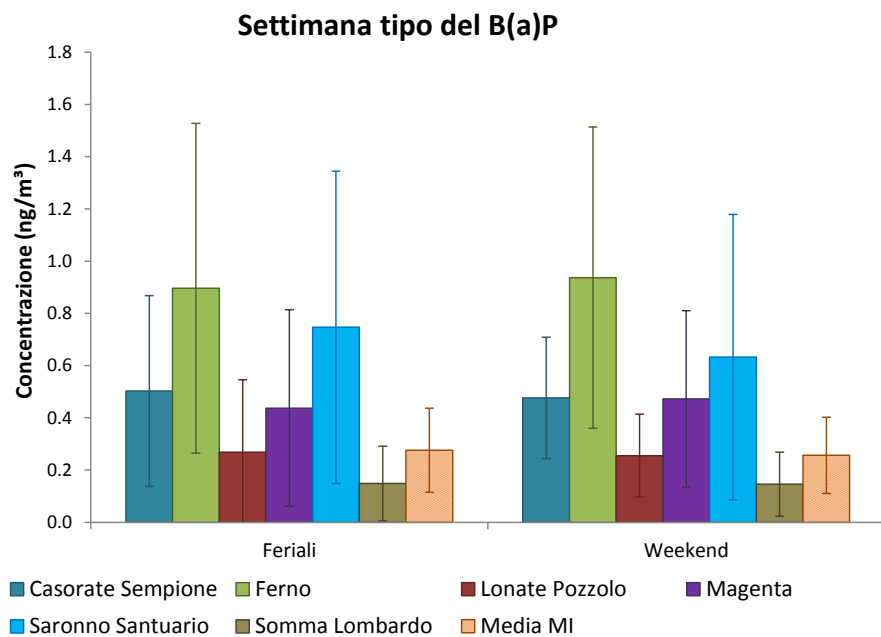
Nichel	Casorate S.	Ferno	Lonate P.	Magenta	Saronno S.	Somma L.	Media MI
	(ng/m³)	(ng/m³)	(ng/m³)	(ng/m³)	(ng/m³)	(ng/m³)	(ng/m³)
MEDIA	2.7	3.8	3.2	4.7	5.7	2.8	5.5
DEV. ST MEDIA	2.8	2.9	3.4	5.7	4.9	2.7	2.8

Aria: quale qualità?  
Sistema conoscitivo, problemi, sfide

Esiste un 'effetto week-end'?

N. voli	Riduzione nel w-end
	(%)
I campagna	10.8
II campagna	11.0
III campagna	14.2
IV campagna	-1.9

Sull'attività aeroportuale: SI'



	Casorate S.	Ferno	Lonate P.	Magenta	Saronno S.	Somma L.	Media MI
	PM10	PM10	PM10	PM10	PM10	PM10	PM10
MEDIA	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Feriali	32.2	40.2	39.5	49.1	39.3	30.6	43.4
Weekend	33.2	41.2	38.8	48.6	37.1	31.3	43.3
DEV. ST.							
Feriali	26.1	26.3	28.3	33.3	29.9	23.9	30.6
Weekend	21.6	28.9	21.5	26.9	27.0	22.1	23.2

	Casorate S	Ferno	Lonate P.	Magenta	Saronno S.	Somma L.	Media MI
	B(a)P	B(a)P	B(a)P	B(a)P	B(a)P	B(a)P	B(a)P
MEDIA	( $\text{ng}/\text{m}^3$ )	( $\text{ng}/\text{m}^3$ )	( $\text{ng}/\text{m}^3$ )	( $\text{ng}/\text{m}^3$ )	( $\text{ng}/\text{m}^3$ )	( $\text{ng}/\text{m}^3$ )	( $\text{ng}/\text{m}^3$ )
Weekday	0.503	0.896	0.268	0.437	0.747	0.148	0.276
Weekend	0.477	0.937	0.255	0.473	0.632	0.146	0.256
DEV. ST.							
Weekday	0.365	0.631	0.278	0.376	0.598	0.143	0.161
Weekend	0.233	0.577	0.159	0.338	0.547	0.123	0.146

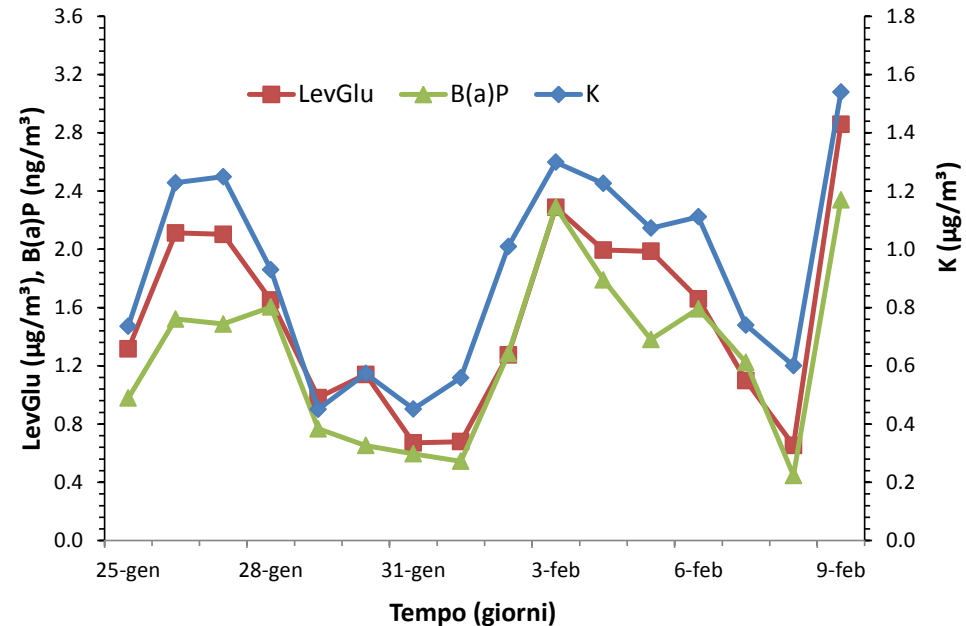
**NON si evidenzia altrettanto sulle concentrazioni!**

## Quale sorgente prevalente per gli IPA può essere individuata?

Dalle stime dell'inventario INEMAR le combustioni non industriali sono la sorgente di B(a)P prevalente; il levoglucosano è un tracciante specifico delle combustioni di biomassa; Il potassio è un altro tracciante, seppur non specifico, delle stesse combustioni. Le tre specie hanno caratteristiche di «inquinanti primari»

LevGlu e B(a)P con K nel PM10

Ferno (VA) - II campagna - inverno



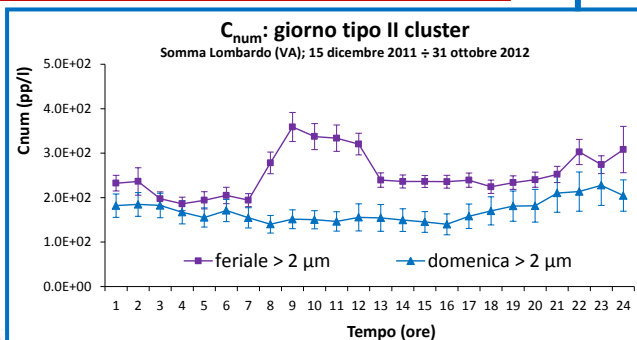
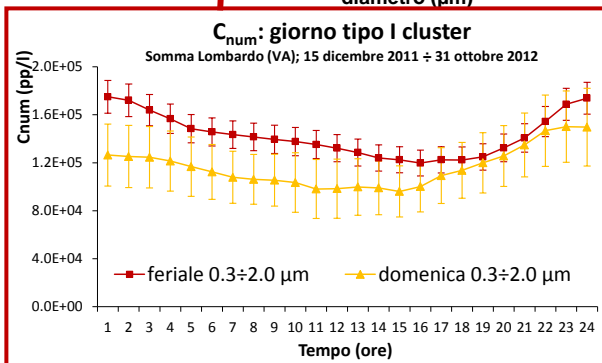
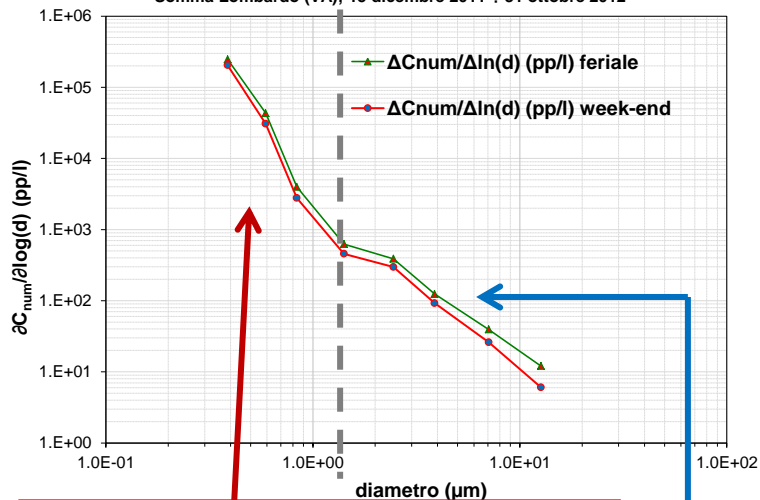
La buona correlazione osservata tra B(a)P, levoglucosano e potassio indica che le **combustioni di biomassa** sono la sorgente prevalente di IPA nell'area.

## Approfondimenti: OPC, ...

Somma Lombardo

**Funzione distribuzione dimensionale numerica**

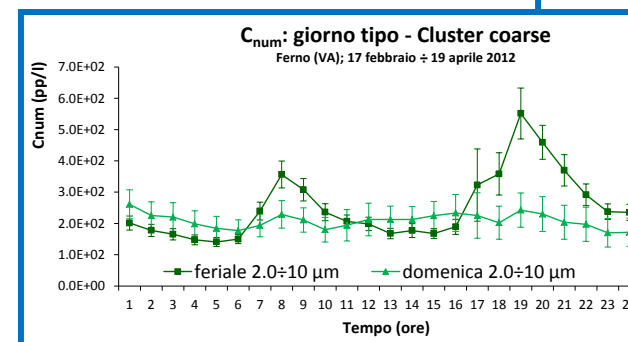
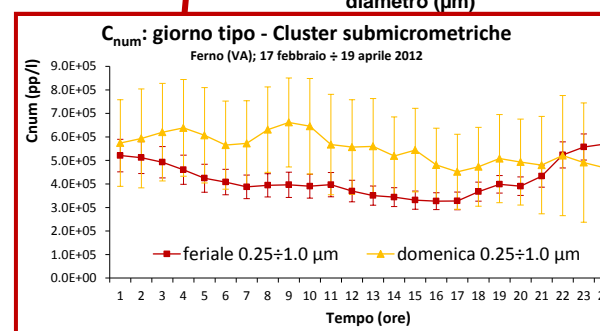
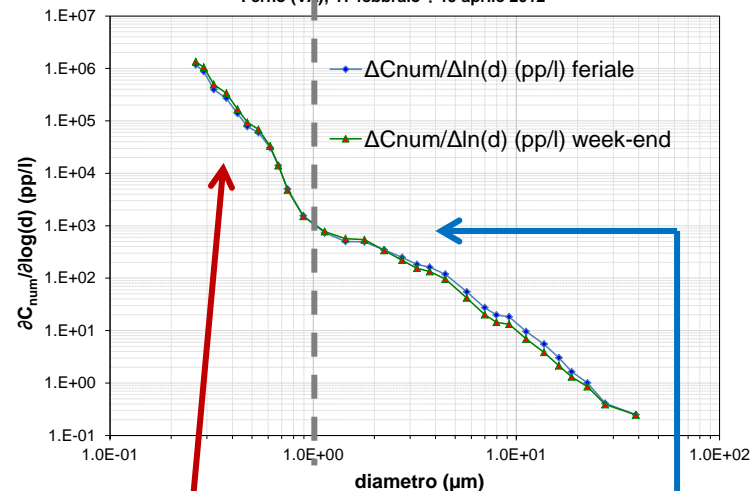
Somma Lombardo (VA); 15 dicembre 2011 ÷ 31 ottobre 2012



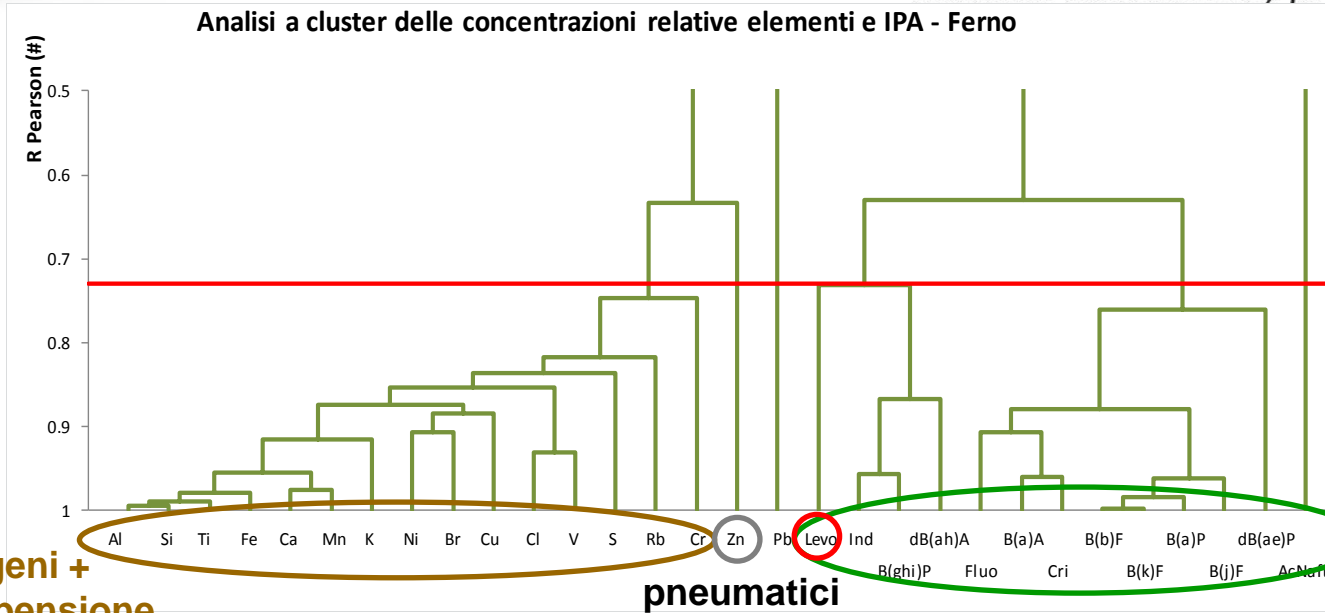
## Aria: quale qualità? Sistema conoscitivo, problemi, sfide

**Funzione distribuzione dimensionale numerica**

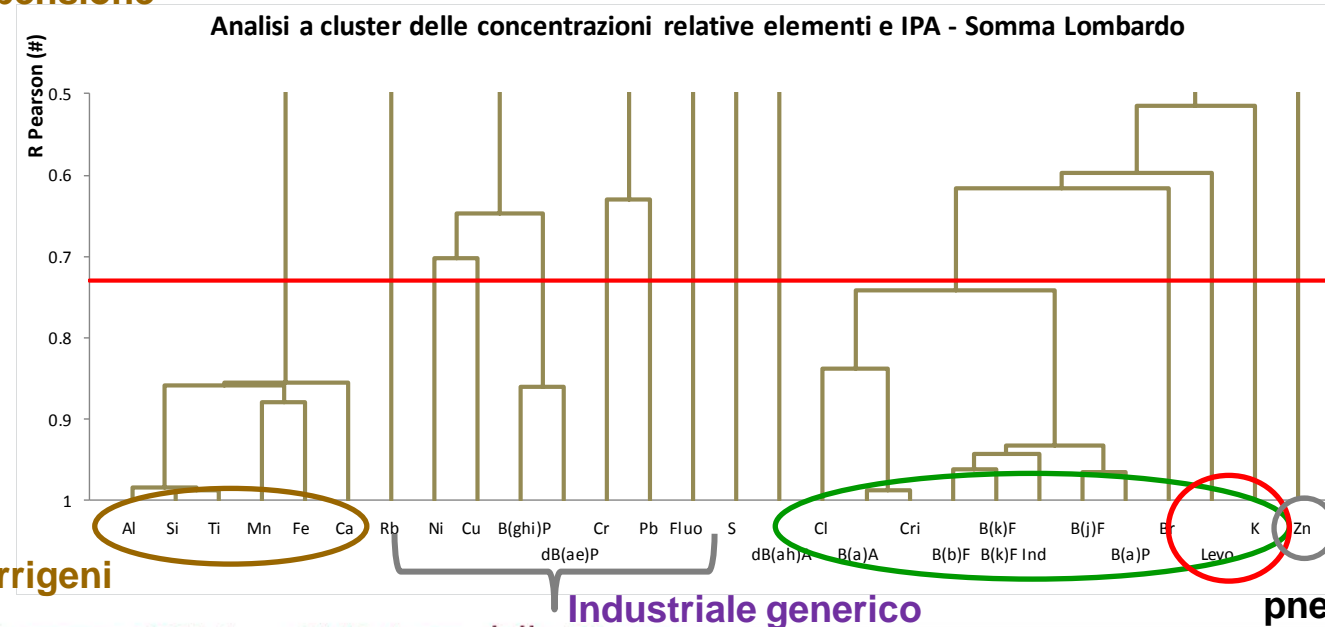
Ferno (VA); 17 febbraio ÷ 19 aprile 2012



Ferno



**Ferno**



**Somma Lombardo**

## Conclusioni

Sono stati considerati e rilevati i microinquinanti che la letteratura considera maggiormente connessi con le emissioni aeroportuali.

La contestualizzazione del territorio nel quale l'aeroporto è inserito, insieme al confronto con i siti di 'bianco' non consente di attribuire direttamente quanto osservato alle emissioni dei velivoli.

L'approccio metodologico e le elaborazioni sui dati raccolti hanno messo in evidenza che (anche) altre sorgenti diffuse nel territorio hanno un ruolo fondamentale per determinare i livelli di inquinamento rilevati.

**Grazie per l'attenzione**

Aria: quale qualità?

