

Qualità dell'aria in ambienti indoor: caratterizzazione delle polveri fini in alcune aule della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Perugia

David Cappelletti
Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale
Università di Perugia

introduzione e motivazioni

Gli esseri umani nei paesi occidentali passano circa il 70-80% del proprio tempo in ambienti confinati (Tsang & Klepper 1996)

Nonostante i molti studi in ambienti lavorativi ad alto rischio potenziale (industriale, ...) solo recentemente la attenzione è rivolta ad ambienti pubblici e privati (abitazioni, scuole, musei, ...)

Difficoltà di campionamento (i.e. personali vs fissi, Wallace, 2000)

Esistono fonti tipicamente indoor (cucine, impianti di areazione, solventi, fumo di sigaretta, ...)

Modalità di accumulo degli inquinanti negli ambienti confinati

Lo scambio outdoor-indoor in molti casi è determinante: per concentrazioni outdoor $< 40 \mu\text{g m}^{-3}$ le concentrazioni indoor sono più alte (Wigzell et al. 2000)

obiettivi

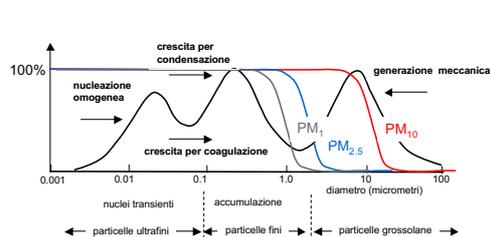
Valutare le concentrazioni di PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ e PM_1 negli ambienti di studio della Facoltà di Ingegneria

Caratterizzare numero, massa e dinamiche di mescolamento delle particelle

Determinare la composizione chimica in funzione delle dimensioni delle particelle

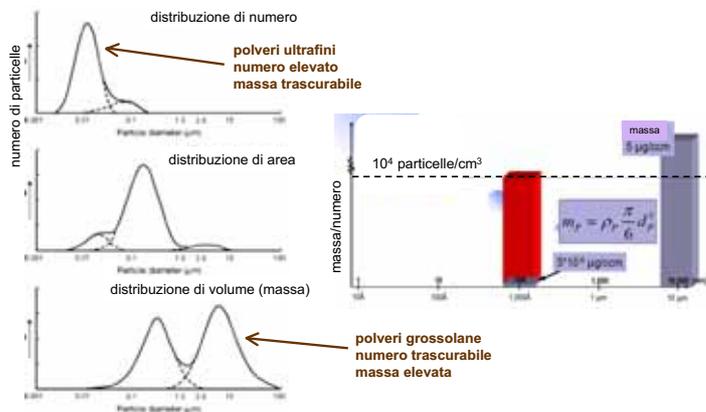
Trovare possibili relazioni fra caratteristiche outdoor ed indoor

la distribuzione dimensionale: PM_{10} ??



K.T. Whitby 1978

distribuzione dimensionale: numero e/o massa?



prassi: metodologie sperimentali / 1

CAMPIONAMENTO POLVERI:

Campionatore a singolo stadio TECORA EchoPM (38,3 Lmin⁻¹): PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁

Campagna di campionamento: Ottobre 2006 - oggi (OUTDOOR E INDOOR) (circa 150 campioni)

Filtri: teflon, fibra di quarzo, policarbonato

TRATTAMENTO DEI CAMPIONI:

Estrazione frazione solubile: 1h sonicazione in acqua UP(18 MΩ)

Estrazione frazione organica: forno MW (CEM Mars) in cicloesano

Estrazione metalli: mineralizzazione in forno MW (CEM Mars) in HNO₃, H₂O₂

metodologie sperimentali / 2

DETERMINAZIONE FRAZIONE IONICA SOLUBILE

Cromatografia ionica, spettrosc. UV-VIS

DETERMINAZIONE FRAZIONE ORGANICA:

Cromatografia, GC-MS

DETERMINAZIONE COMPOSIZIONE ELEMENTARE:

Spettr. Emissione atomica, ICP-AES (nebulizz: pneumatico e/o ultrasonico)

DISTRIBUZIONI DIMENSIONALI

OPC (Grimm)

CARATTERIZZAZIONE MORFOCHIMICA/SINGOLA PARTICELLA

Microscopia elettronica: SEM-EDX

ingegneria@unipg



concentrazione polveri outdoor (2007)

confronto valori annuali, con PG(P.za del Bacio, Cortonese), FI, GE, MI

Elemento	PM10	PM2.5	PM1
unipg	27,7 ± 3	17,3 ± 3	15,3 ± 3
Cortonese	23		
P.za del Bacio	69	18,4	
FI*			22(i)-12(e)
GE*			11(i)-16(e)
MI*			45(i)-19(e)

*Siti di fondo urbano 2003-2004
 *(e) estate (i) inverno

composizione elementare outdoor (PM₁₀)

confronto con Parco Cortonese (Ott 2006)

Elemento	unipg [ng/mc]	Cortonese [ng/mc]	P.za Bacio [ng/mc]
Ca	1940 (500)	1650 (700)	2940 (830)
Cr	2,7	4,8 (0,3)	11,5 (3,0)
Mn	8,6	6,9 (2,9)	16,7 (3,4)
Fe	403	265 (102)	920 (230)
Ni	3,1	<LOD	11,6 (3,0)
Zn	21,3 (3)	<LOD	9,1 (7,5)
Al	370	272 (18)	460 (130)
Pb	2,6	2,5 (1,7)	11,6 (4,4)

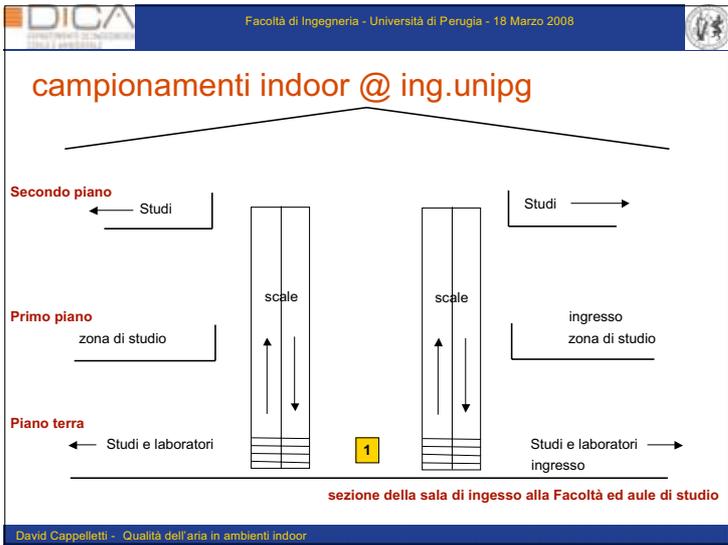
composizione elementare outdoor (PM_{2.5})

confronto con P.za. Del Bacio (2006-2007)

Elemento	unipg [ng/mc]	P.za Bacio [ng/mc]
Na	139	578 (256)
K	535	168 (72)
Mg	31,9	64 (20)
Ca	540	1540 (790)
Cr	1,0	7,0 (1,8)
Mn	3,2	6,0 (0,7)
Fe	110	165 (29)
Ni	1,9	13,4 (4)
Zn	19,3	9,8 (7)
Al	54	465 (140)
Pb	1,0	6,9 (3)

composizione elementare outdoor (PM₁)

Elemento	PM ₁ [ng/mc]	PM _{1,0-2,5} [ng/mc]	PM _{2,5-10}
Na	56	84	175
K	493 (2,8%)	42	71
Mg	9,5	22,4	78
Ca	420	120	1400
Mn	1,8	1,4	5,4
Fe	41	69	293
Ni	1,9	<LOD	1,2
Zn	12	7,5	2,0
Al	13	41	320
Pb	1,0	<LOD	1,6




 Facoltà di Ingegneria - Università di Perugia - 18 Marzo 2008

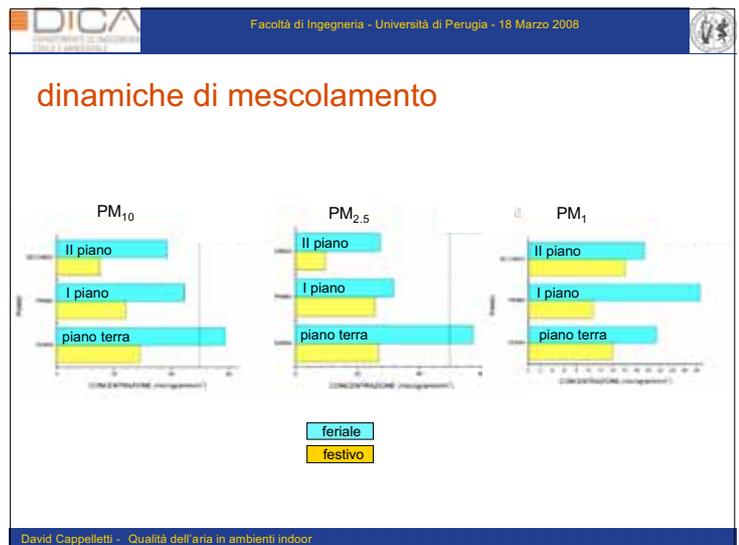
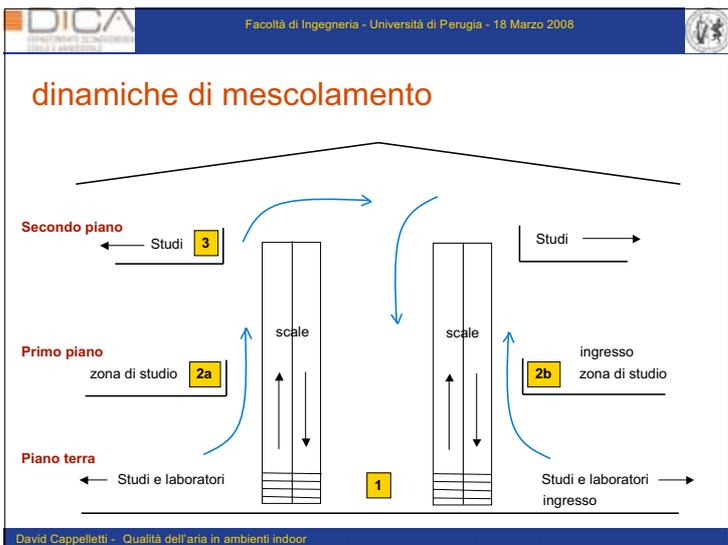
concentrazione polveri indoor (2007)

confronto con valori outdoor (trend stagionale)

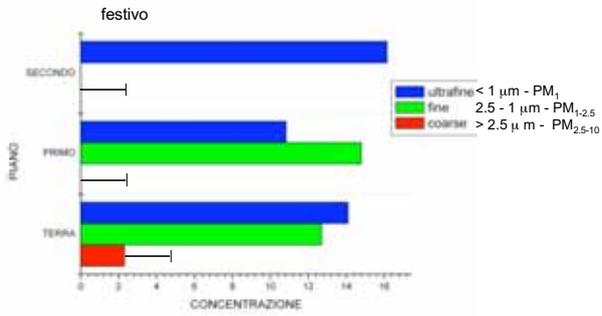
Elemento		PM10	PM2.5	PM1
OUTDOOR		27,7 ± 3	17,3 ± 3	15,3 ± 3
INDOOR		31,1 ± 4	21,5 ± 3	14,3 ± 1,5
ROMA (ufficio)	indoor	28	21	-
	outdoor	46	27	-

Marconi & coll. (2003)

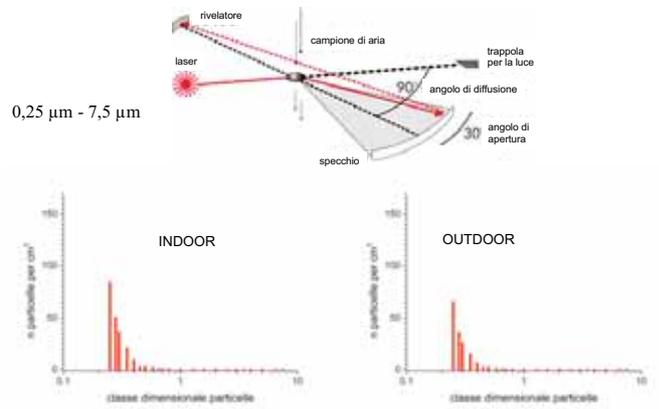
David Cappelletti - Qualità dell'aria in ambienti indoor



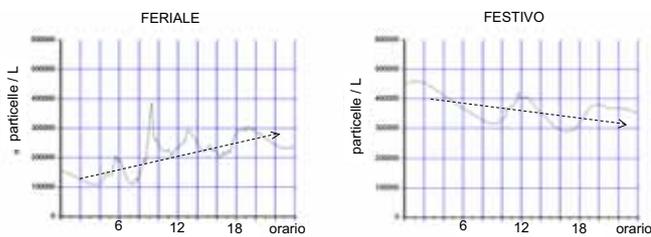
dinamiche di mescolamento



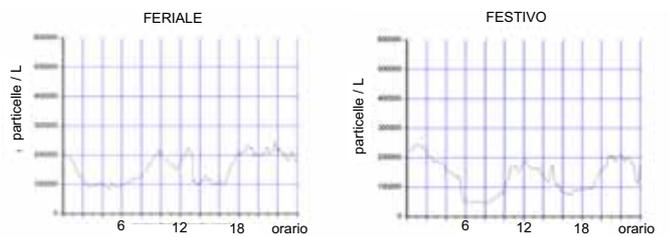
conta del numero delle particelle: OPC



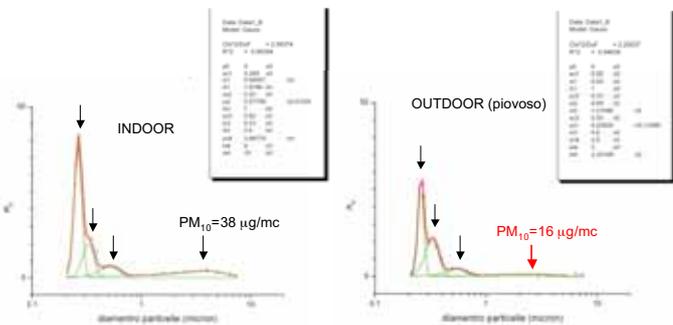
andamento giornaliero medio indoor



andamento giornaliero medio outdoor



distribuzioni di volume (confronto con dati outdoor - effetto pioggia)

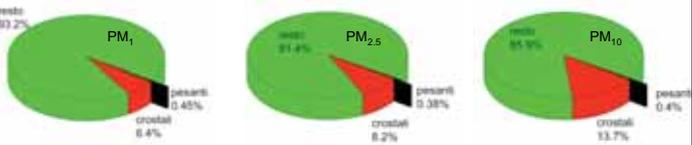


validazione OPC/ECHO-PM

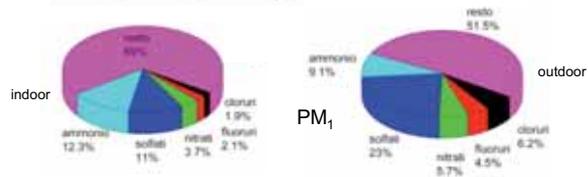
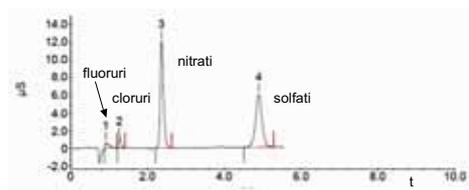
strumento	PM ₁ [g/mc]	PM _{2,5} [g/mc]	PM ₁₀ [g/mc]
ECHO-PM	13,3 ± 3	20,7	28,3
OPC	18,4 ± 2	20,2	28,0

composizione elementare indoor (confronto con dati outdoor)

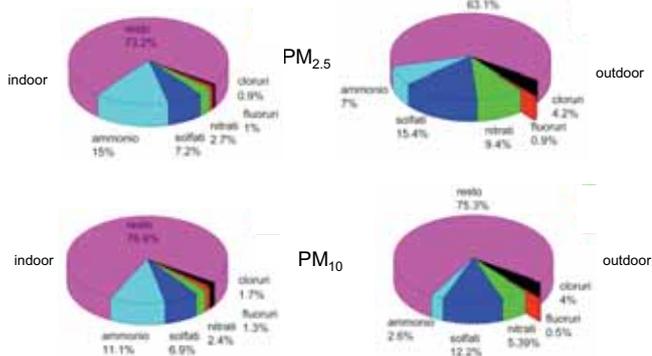
Elemento	PM ₁ [ng/mc]	PM _{1,2,5} [ng/mc]	PM _{2,5-10}
Na	140 (56)	45 (84)	26 (175)
K	297 (493)	43 (42)	26 (71)
Mg	11 (9,5)	21 (22)	45 (78)
Ca	120 (420)	255 (120)	1035(1400)
Mn	1,8	0,9 (1,4)	2,9 (5,4)
Fe	39 (41)	52 (69)	97 (290)
Ni	2,3 (1,9)	< LOD (< LOD)	< LOD (1,2)
Zn	76 (12)	< LOD (7,5)	< LOD (2,0)
Al	59 (13)	46 (41)	131 (320)
Pb	1,9 (1,0)	2,5 (< LOD)	< LOD (1,6)



frazione ionica solubile (confronto indoor-outdoor)



frazione ionica solubile (confronto indoor-outdoor)

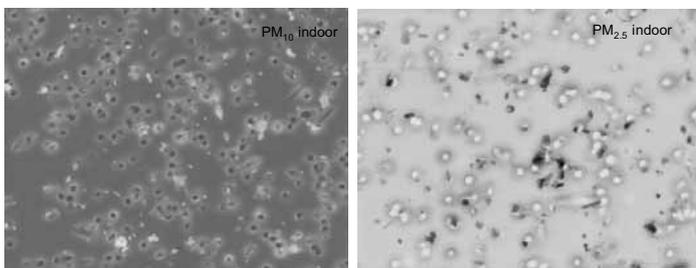


metalli biodisponibili (confronto con dati outdoor 2005)

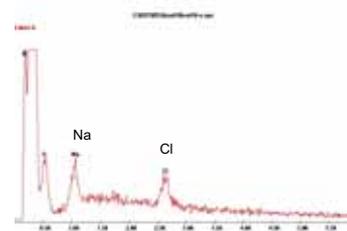
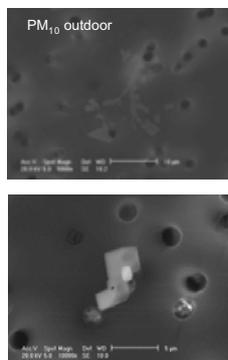
Elemento	UNIPG 2007 (indoor)	fontivegge 2005
Na	100 %	50 %
K	95 %	70%
Mg	55 %	20 %
Ca	75 %	90 %
Zn	30 %	33 %
Pb	33 %	40 %

analisi di singola particella: SEM-EDX

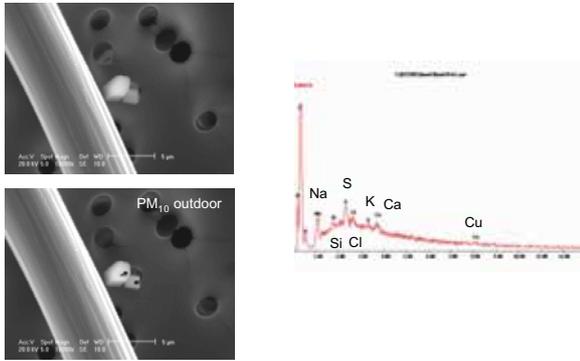
Campionamenti diretto su filtri in PC
Verifica della prestazione del filtro in funzione della porosità (0,4-2 μm)
Campioni ben classificati



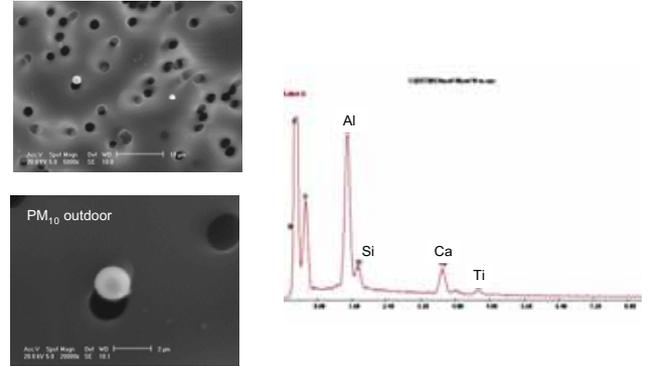
alla ricerca del cloro (e del sodio)



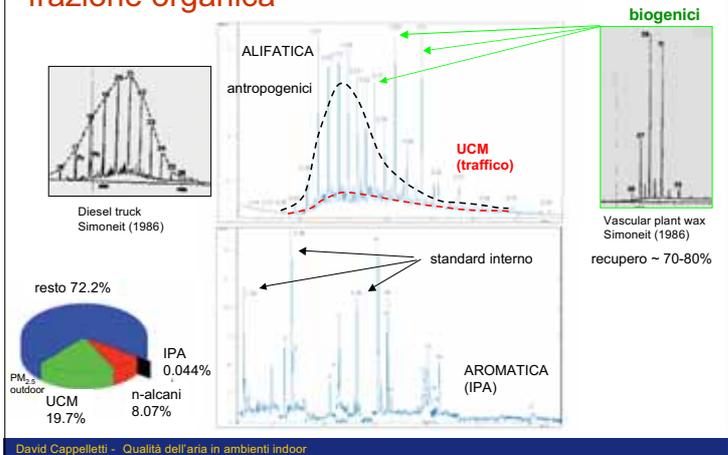
analisi di singola particella: SEM-EDX



analisi di singola particella: SEM-EDX



frazione organica



parametri diagnostici per fonti idrocarburi

Carbon preference index (CPI) (Bray et al., 1961)

$$CPI_1 = \frac{\sum(C_{13-35})}{\sum(C_{12-34})}$$

$$CPI_2 = \frac{\sum(C_{25-35})}{\sum(C_{24-34})}$$

$$CPI_3 = 0.5 * [(\frac{\sum C_{25-35}}{\sum C_{24-34}}) + (\frac{\sum C_{25-35}}{\sum C_{26-36}})]$$

Concentrazione del contributo vegetale (Simoneit et al., 1990)

$$*Wax C_n = C_n - [C_{n+1} + C_{n-1}] / 2 \quad (C_{25}, C_{27}, C_{29}, C_{31})$$

Input petrogenici, traffico veicolare (Gogou & Stefanou, 2000)

$$\frac{\text{frazione non risolta}}{\text{n-alcani}} = \frac{UCM}{NA}$$

parametri diagnostici per fonti idrocarburi

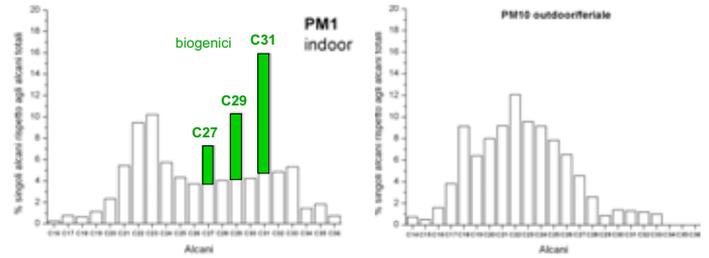
	PM ₁ (in)	PM ₁ (out)	PM _{2.5} (in)	PM _{2.5} (out)	PM ₁₀ (in)	PM ₁₀ (out)
C _{max}	C31	C31	C31	C31	C27	C22
NA (ng/mc)	1733	1775	1690	1473	126,4	78,6
CPI ₁	1,67	1,49	1,62	1,75	1,12	0,93
CPI ₂	1,87	1,65	1,76	2,01	1,41	0,851
CPI ₃	2,13	1,96	2,08	2,40	2,01	1,20
%Wax	20,9	18,6	21,1	25,8	12,1	3,2
UCM (ng/mc)	2837	4205	3114	3590	935	882
UCM/NA	1,64	2,37	1,84	2,44	7,2	10,7

inizio ottobre

dicembre

C_{max} = 31 (piante), 29 (Milano area urbana, 2004), 22 (tunnel, inverno 2001)
 CPI₁ = 1,3±0,1 Milano area urbana (parfil, 2004)
 CPI₃ = 1 (traffico) 1-3 (mista) 3-7 (rurale)
 % wax = 12 ±2 (Milane area urbana, 2004), 4 ±1 (tunnel, inverno 2001)
 UCM/NA = 3,4±0,8 edifici pubblici Grecia, fumatori (Stephanou, 2002)

% C_n su alcani totali e % biogenico



parametri diagnostici per fonti IPA

CPAHs/TPAHs = 0,21 fumo di sigaretta
 = 0,30 camion pesante diesel < 1 sorgenti mobili
 = 0,40 veicolo non catalizzato > 1 sorgenti stazionarie
 = 0,51 veicolo catalizzato

FI/(FI+Py) FI=fluorantene
 BeP/(BeP+BaP) Py=Pirene
 IP/(IP+BgP) BaA=Benzo(a)antracene
 BeP=Benzo(e)pirene
 BaP=Benzo(a)pirene

(Grimmer et al. 1983; Sicre et al 1989; Rogge et al. 1994, Kavouras et al. 2001, Fang et al. 2004,.....)

parametri diagnostici per fonti IPA

	PM ₁ (in)	PM ₁ (out)	PM _{2.5} (in)	PM _{2.5} (out)	PM ₁₀ (in)	PM ₁₀ (out)
C (ng/mc)	3,95	5,21	2,70	5,21	21,5	28,7
%	0,042	0,034	0,012	0,044	0,059	0,10
CPAH/TPAH	0,77	0,69	0,76	0,69	0,77	0,79
Bep/(Bep+Bap)	0,58	0,47	0,76	0,36	0,51	0,50
IP/(IP+BgP)	0,99	0,93	0,32	0,40	0,50	0,50
FI/(FI+Py)	0,45	0,48	0,43	0,46	0,59	0,45

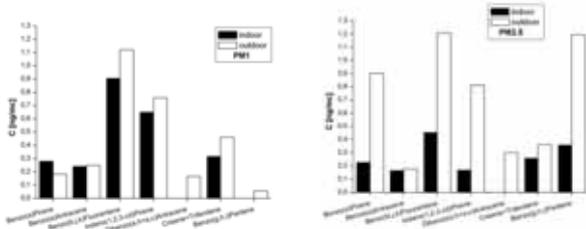
inizio ottobre

dicembre

CPAH/TPAH=0,80 fonte: combustione (città di Prato) (A. Cincinelli et al. 2007)
 Bep/(Bep+Bap)= 0,53±0,05 fonte: emis. veicolari (Sicre et al., 1989)
 IP/(IP+BgP)=0,18 ±0,03 fonte: emis. veicolari
 FI/(FI+Py)=0,43 ± 0,08 fonte: emis. veicolari
 FI/(FI+Py)=0,48 fonte: fumo di sigaretta (Rogge et al. 1994)

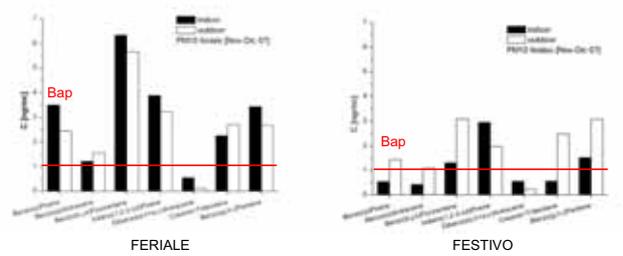
abbondanza IPA nel PM₁ e PM_{2.5}

Correlazione indoor/outdoor

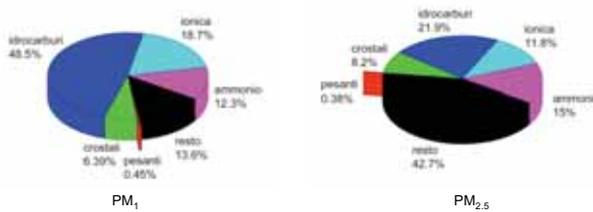


abbondanza IPA nel PM₁₀

Correlazione indoor/outdoor



chiusura in massa



sviluppi futuri

1. Caratterizzazione della fase gassosa (indoor vs outdoor)
2. Approfondire analisi frazione organica: OC, EC, IC ?
2. Quantificare indagine SEM / TEM
3. Indagare più in dettaglio la relazione composizione chimica / distribuzione dimensionale

ringraziamenti

Francesco Scardazza, Fabio Marmottini - trattamento campioni, ICP-AES, UV-VIS, CI

Luca Barcherini - analisi dati

Gaia Gifuni, Silvia Castellini, Vania Zillante - campionamenti e analisi dati

(Dip. Ingegneria Civile ed Ambientale)

Beatrice Moroni (Dip. Scienze della Terra) - SEM

Bartolomeo Sebastiani (Dip. Specialità Medico-Chirurgiche e Sanità Pubblica) - GC-MS

Laura Mascelloni (ARPA Umbria) - OPC

FINANZIAMENTI: FIRB, PRIN

concentrazione polveri indoor (inverno 06-07)

Andamento feriale/festivo (confronto con valori outdoor)

