

*Regione Emilia-Romagna
La valutazione e gestione della qualità dell'aria
alla luce del nuovo quadro normativo
Bologna: giovedì 27/03/2003
Aula Magna
V.le A. Moro n. 30*

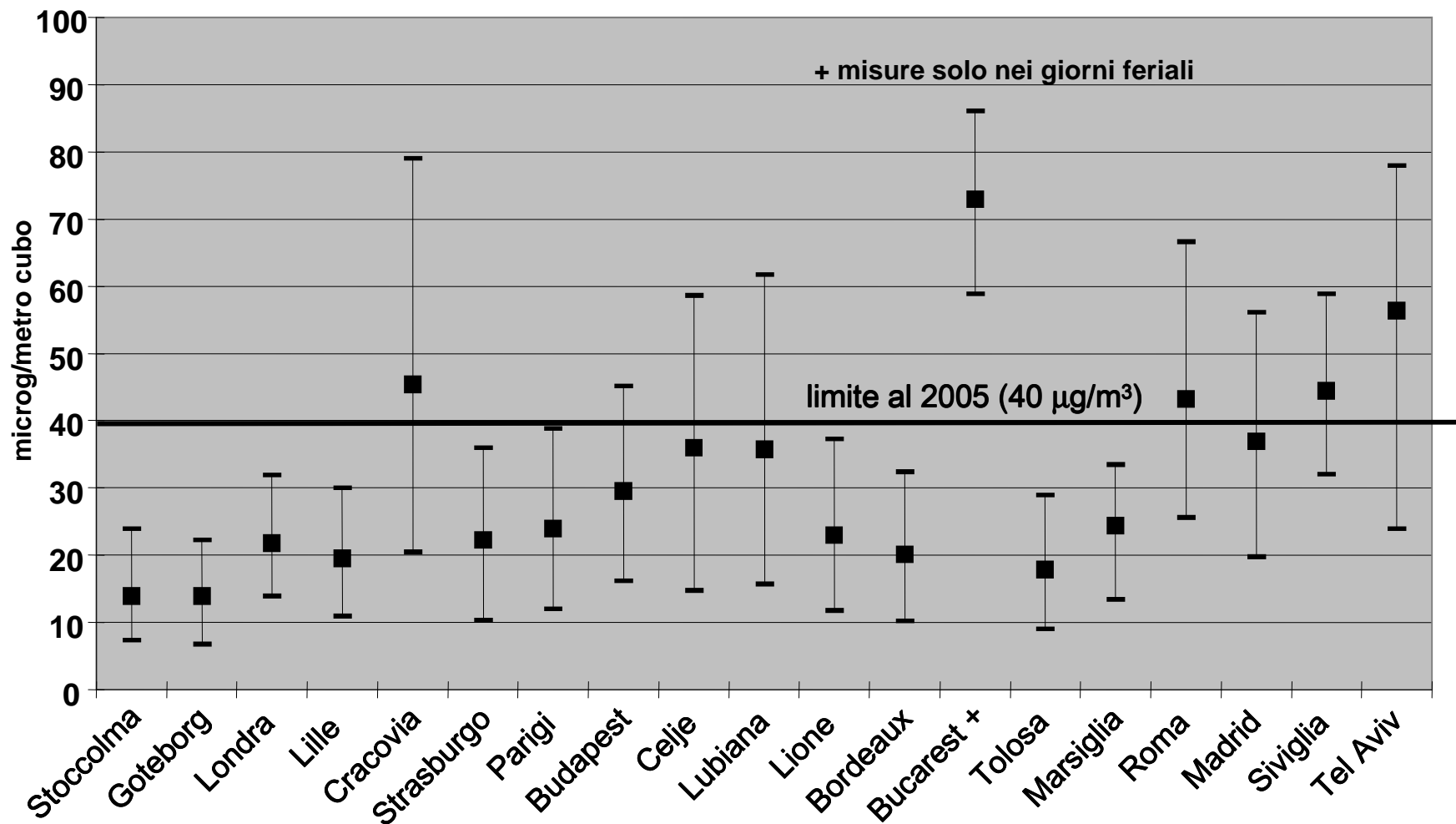
PIANI E PROGRAMMI: OBIETTIVI, SCENARI, INTERVENTI E RISORSE

**Mario C. Cirillo
APAT**

PM10: LA SITUAZIONE EUROPEA

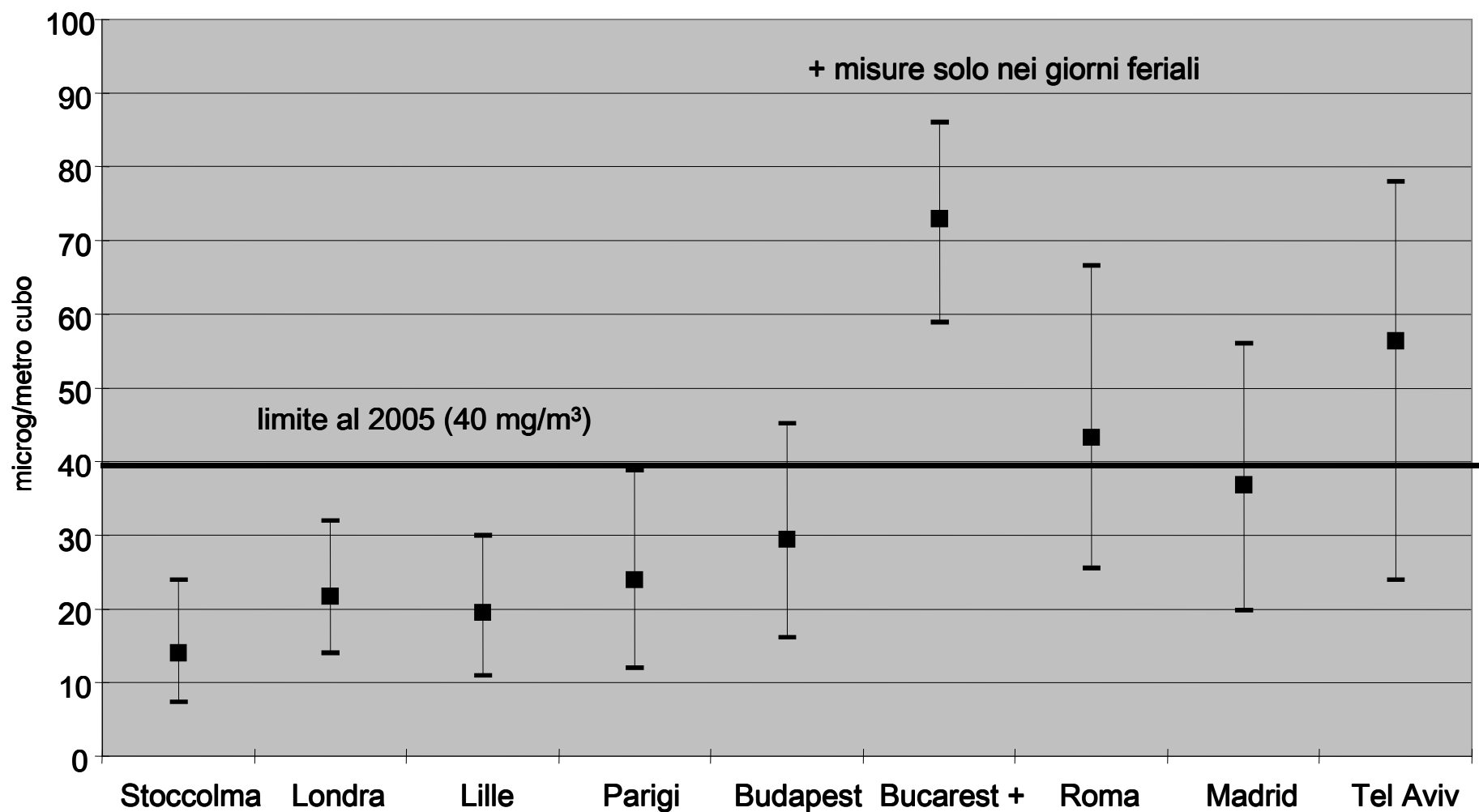
CONCENTRAZIONI ANNUE DI PM10 IN ALCUNE CITTA' EUROPEE (più Tel Aviv)

(ordinate da Nord a Sud, anni tra il 1996 e il 2000 - valor medio, 10° e 90° percentile)



Elaborazione APAT su dati APHEIS, 2002

**CONCENTRAZIONI ANNUE DI PM10 IN ALCUNE CITTA' EUROPEE
CON PIU' DI 1 MILIONE DI ABITANTI (più Tel Aviv)**
(ordinate da Nord a Sud, anni tra il 1996 e il 2000 - valor medio, 10° e 90° percentile)

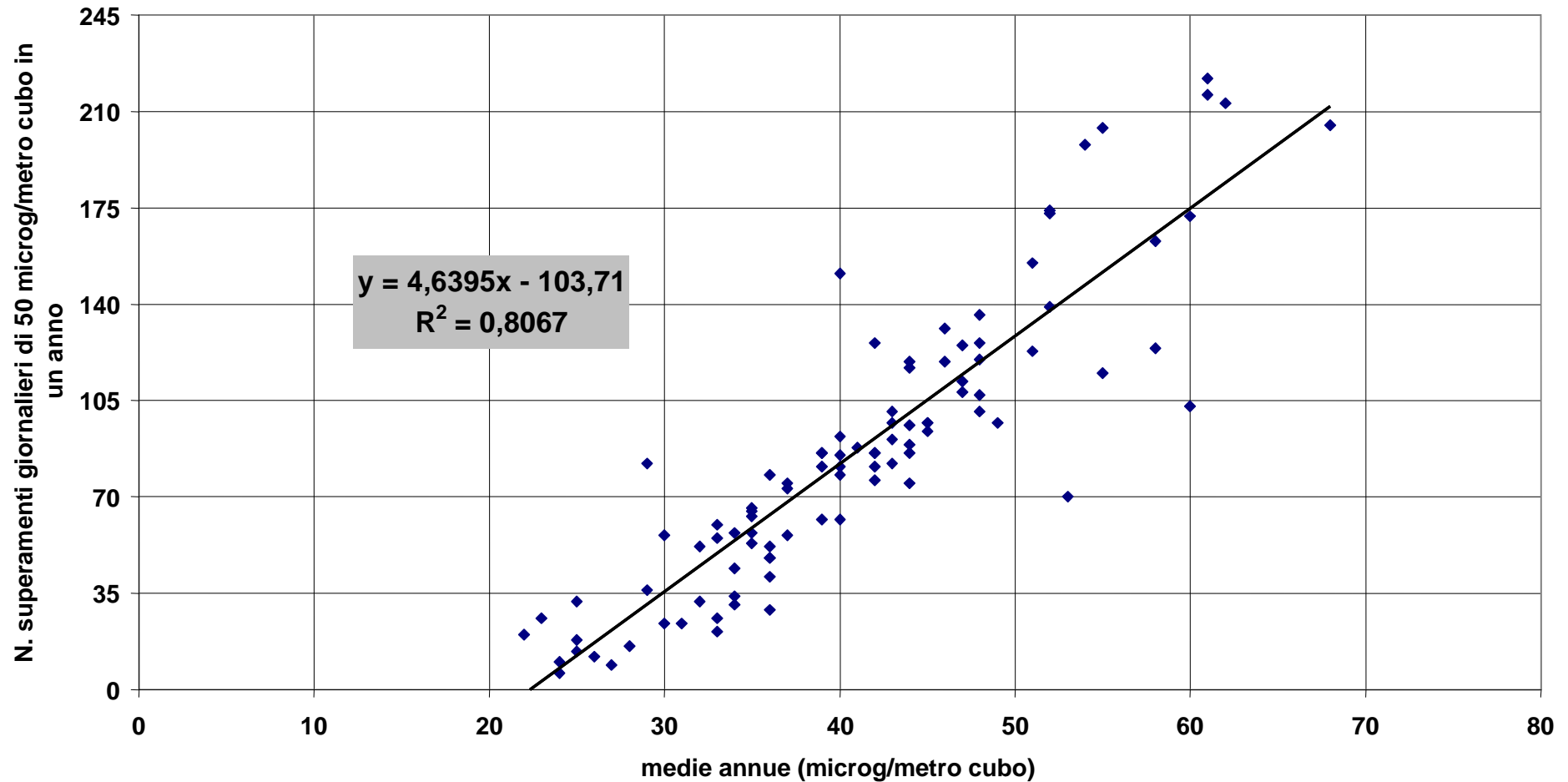


Le due figure precedenti suggeriscono la possibile esistenza di maggiori concentrazioni di PM10 via via che si procede da Nord a Sud.

La cosa è più nitidamente riscontrabile se si considerano le grandi città (con più di 1 milione di abitanti).

**ANALISI DELLA SITUAZIONE ITALIANA
SULLA BASE DEI DATI DI QUALITA'
DELL'ARIA PUBBLICATI
NELL'ANNUARIO APAT DEI DATI
AMBIENTALI 2002**

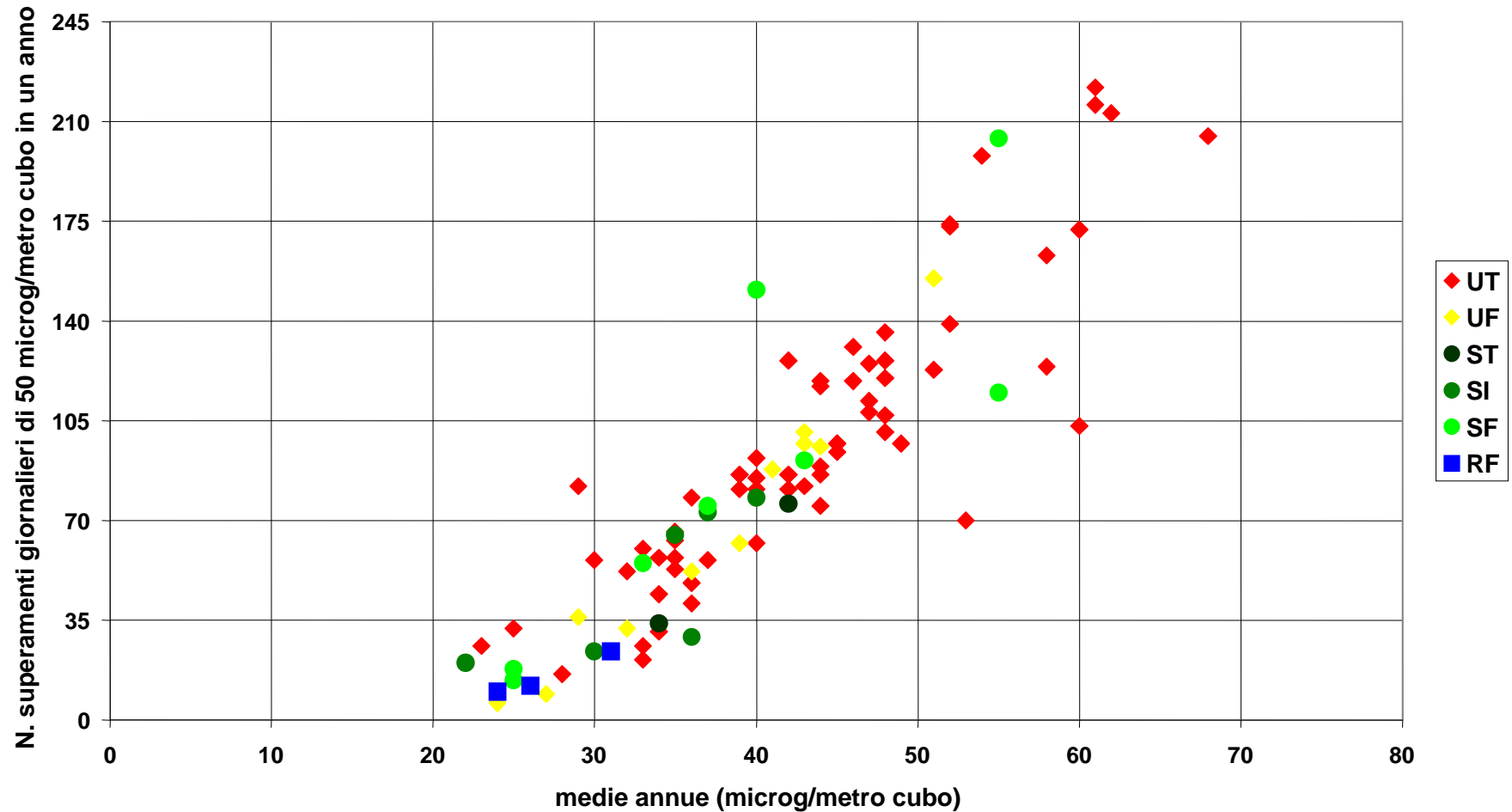
Concentrazioni di PM10 in Italia anni 1998-2001



Fonte: APAT, 2002

n.b.: le medie annue sono disponibili, per alcune stazioni, a partire dal 1995;
il numero di superamenti giornalieri in un anno è disponibile, per alcune stazioni,
a partire dal 1998.

Concentrazioni di PM10 in Italia - anni 1998-2001

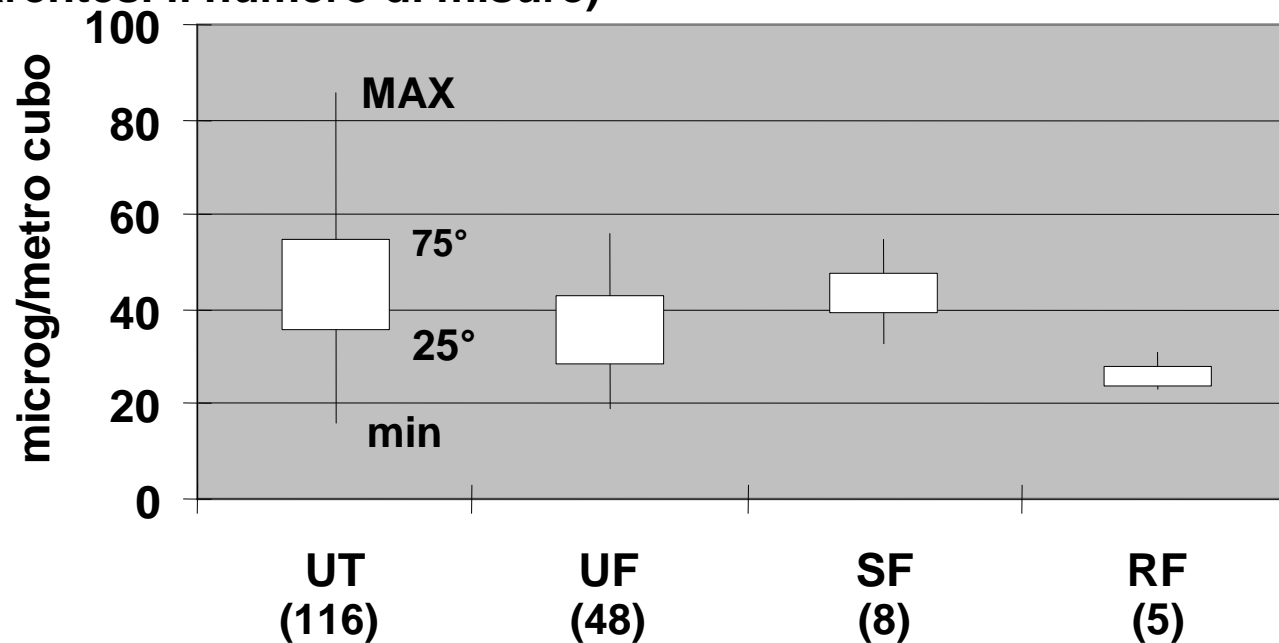


UT: zona Urbana stazione Traffico
UF: zona Urbana stazione Fondo
ST: zona Suburbana stazione Traffico
SI: zona Suburbana stazione Industria
SF: zona Suburbana stazione Fondo
RF: zona Rurale stazione Fondo

Il numero di superamenti giornalieri di 50 microg/metro cubo è ben correlato con la concentrazione media annua ($R^2=0,8^{}$).**
Ciò permette di ragionare in termini di valori medi annui.
Una concentrazione annua < 30 microg/metro cubo sembra assicurare il rispetto dello standard giornaliero in vigore dal 2005.

**In prima approssimazione una media
annua del PM10 inferiore a 30
microgrammi/metro cubo dovrebbe dare
buone probabilità di rispettare lo standard
giornaliero in vigore dal 2005.**

Concentrazioni annue di PM10 in Italia (1995-2001) per tipo di stazione (tra parentesi il numero di misure)



PM10: valori medi annui per regione e tipo di stazione (1995-2001)

	UT	UF	SF	RF
PIEMONTE	61	28		
LOMBARDIA	41	42	38	
VENETO	50	45		
EMILIA ROMAGNA	44	41	44	25
LIGURIA	69	36		
TOSCANA	42	38		
LAZIO	46	27		29
ABRUZZO	56		50	
SICILIA	43	25		

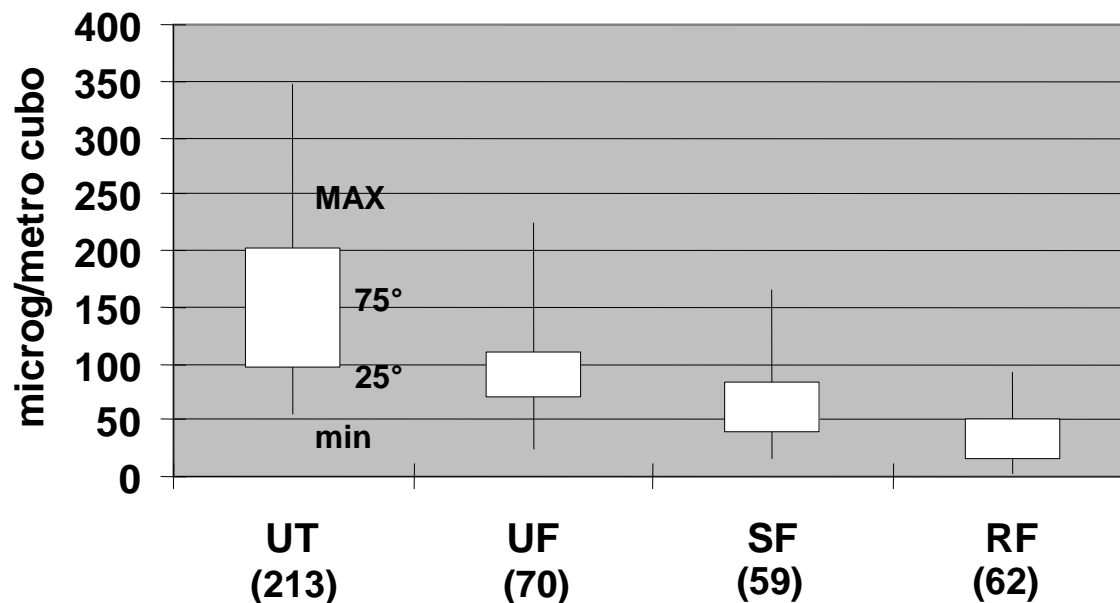
microgrammi/metro cubo

	UT	UF	SF	RF
PIEMONTE	100	45		
LOMBARDIA	100	103	92	
VENETO	100	91		
EMILIA ROMAGNA	100	94	101	57
LIGURIA	100	52		
TOSCANA	100	91		
LAZIO	100	59		62
ABRUZZO	100		89	
SICILIA	100	60		

UT=100

Dati di base omogenei per figura e tabelle. Fonte dei dati: APAT 2002

Concentrazioni annue di NOx in Italia (1995-2001) per tipo di stazione (tra parentesi il numero di misure)



NOx: valori medi annui per regione e tipo di stazione (1995-2001)

	UT	UF	SF	RF
VALLE D'AOSTA	86		65	31
LOMBARDIA	176	156	90	46
VENETO	185	90	75	
FRIULI VENEZIA GIULIA	118		35	
LIGURIA	154	50		23
TOSCANA	156	82	31	
UMBRIA	178	66		
LAZIO	196	84	63	28
ABRUZZO	120		54	
CAMPANIA	117		77	
SICILIA	108		18	

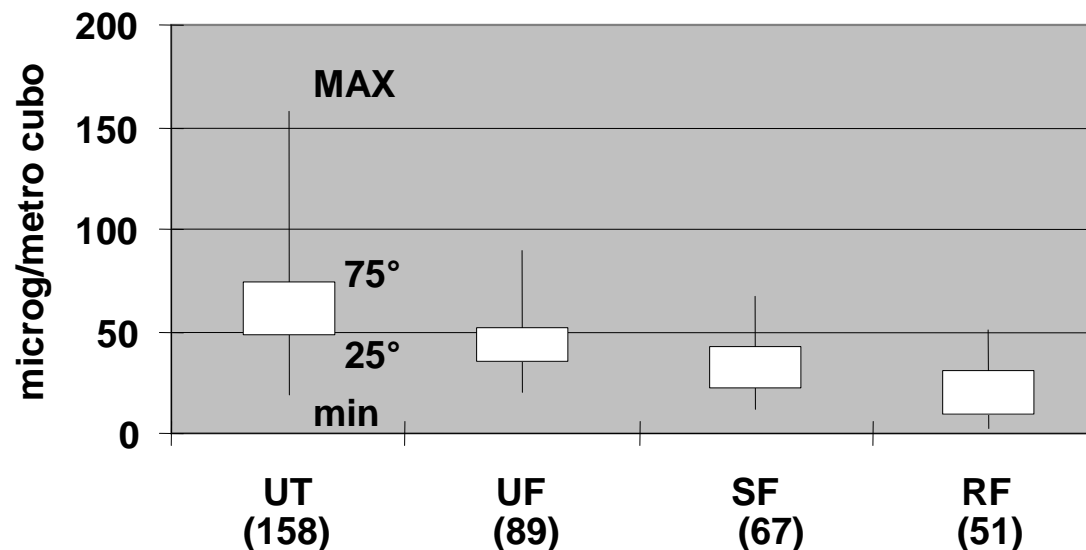
microgrammi/metro cubo

	UT	UF	SF	RF
VALLE D'AOSTA	100		75	36
LOMBARDIA	100	89	51	26
VENETO	100	49	40	
FRIULI VENEZIA GIULIA	100		29	
LIGURIA	100	33		15
TOSCANA	100	52	20	
UMBRIA	100	37		
LAZIO	100	43	32	14
ABRUZZO	100		45	
CAMPANIA	100		66	
SICILIA	100		17	

UT=100

Dati di base omogenei per figura e tabelle. Fonte dei dati: APAT 2002

**Concentrazioni annue di NO₂ in Italia (1995-2001) per tipo di stazione
(tra parentesi il numero di misure)**



NO₂: valori medi annui per regione e tipo di stazione (1995-2001)

	UT	UF	SF	RF
VALLE D'AOSTA	38		38	20
PIEMONTE	71	43		24
LOMBARDIA	70	68	44	27
VENETO	53	38	26	
FRIULI VENEZIA GIULIA	56		23	
EMILIA ROMAGNA	57	39	42	18
LIGURIA	59	35	24	16
TOSCANA	55	42	19	
UMBRIA	64	29		
LAZIO	63	37	37	16
ABRUZZO	55		31	
CAMPANIA	74		43	
SICILIA	60		17	

microgrammi/metro cubo

	UT	UF	SF	RF
VALLE D'AOSTA	100		102	53
PIEMONTE	100	61		34
LOMBARDIA	100	98	64	39
VENETO	100	73	50	
FRIULI VENEZIA GIULIA	100		40	
EMILIA ROMAGNA	100	69	74	32
LIGURIA	100	59	40	26
TOSCANA	100	77	35	
UMBRIA	100	46		
LAZIO	100	59	59	26
ABRUZZO	100		57	
CAMPANIA	100		58	
SICILIA	100		27	

UT=100

Dati di base omogenei per figura e tabelle. Fonte dei dati: APAT 2002

NO₂/NO_x: rapporti medi annui per regione e tipo di stazione (1995-2001)

	UT	UF	SF	RF
VALLE D'AOSTA	0,44		0,58	0,62
LOMBARDIA	0,40	0,43	0,49	0,59
TRENTINO ALTO ADIGE	0,35	0,40	0,30	1,00
VENETO	0,31	0,40	0,36	
FRIULI VENEZIA GIULIA	0,47		0,65	
LIGURIA	0,45	0,69		0,68
TOSCANA	0,40	0,53	0,66	
UMBRIA	0,39	0,44		
MARCHE	0,43			0,33
LAZIO	0,35	0,44	0,59	0,72
ABRUZZO	0,50		0,59	
CAMPANIA	0,58		0,66	
SICILIA	0,58		0,92	

media dei rapporti per stazione per anno

Gli NO_x alle emissioni sono per il 90-95% NO e per il resto NO₂. Allontanandosi dal punto di emissione l'NO si ossida in NO₂, per cui il rapporto NO₂/NO_x è molto minore di 1 vicino alle fonti di emissione, e tende a 1 in siti remoti. Dovrebbe quindi essere:

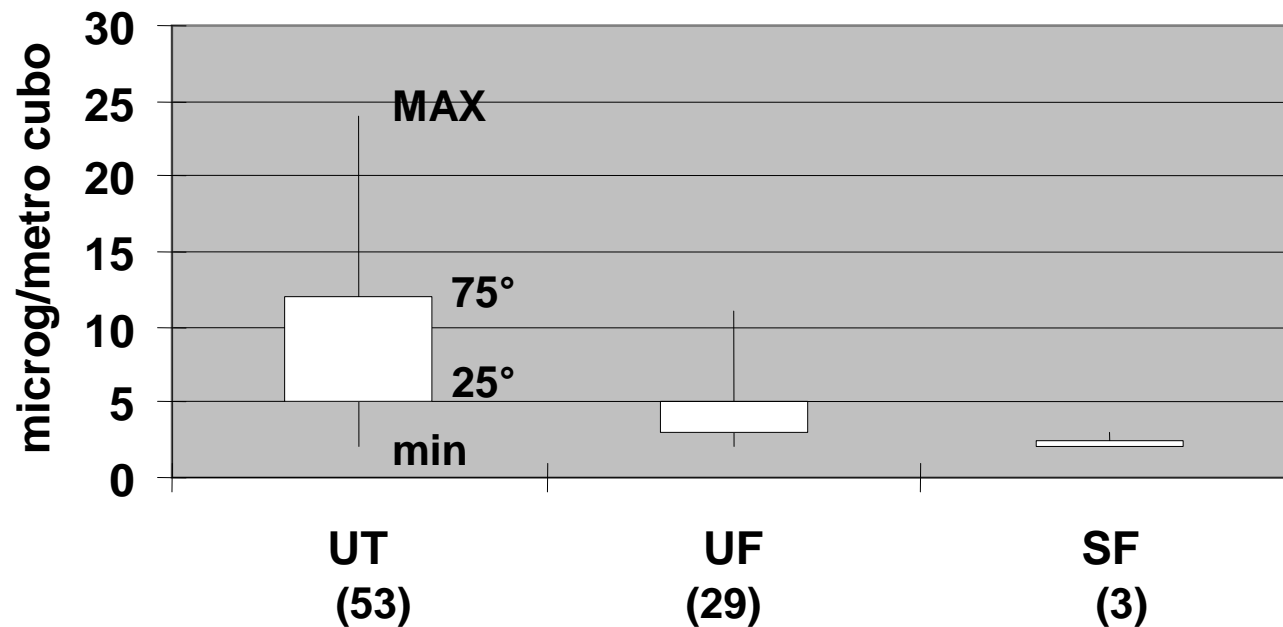
$$(NO_2/NO_x)_{UT} < (NO_2/NO_x)_{UF} < (NO_2/NO_x)_{SF} < (NO_2/NO_x)_{RF}$$

In giallo sono segnalate alcune situazioni anomale rispetto a tale comportamento.

Fonte dei dati: APAT 2002

**Sulla base dell'analisi del rapporto NO_2/NO_x
andrebbe valutata la possibilità di
riconsiderare la classificazione per alcune
stazioni di misura e di analizzare più
attentamente la qualità dei dati di
concentrazione.**

**Concentrazioni annue di benzene in Italia (1995-2001) per tipo di stazione
(tra parentesi il numero di misure)**



benzene: valori medi annui per regione e tipo di stazione (1995-2001)

	UT	UF	SF
PIEMONTE	10	2	
VENETO	8	4	
EMILIA ROMAGNA	13	9	
LIGURIA	5	2	
TOSCANA	10	5	
LAZIO	10	4	
ABRUZZO	8		2

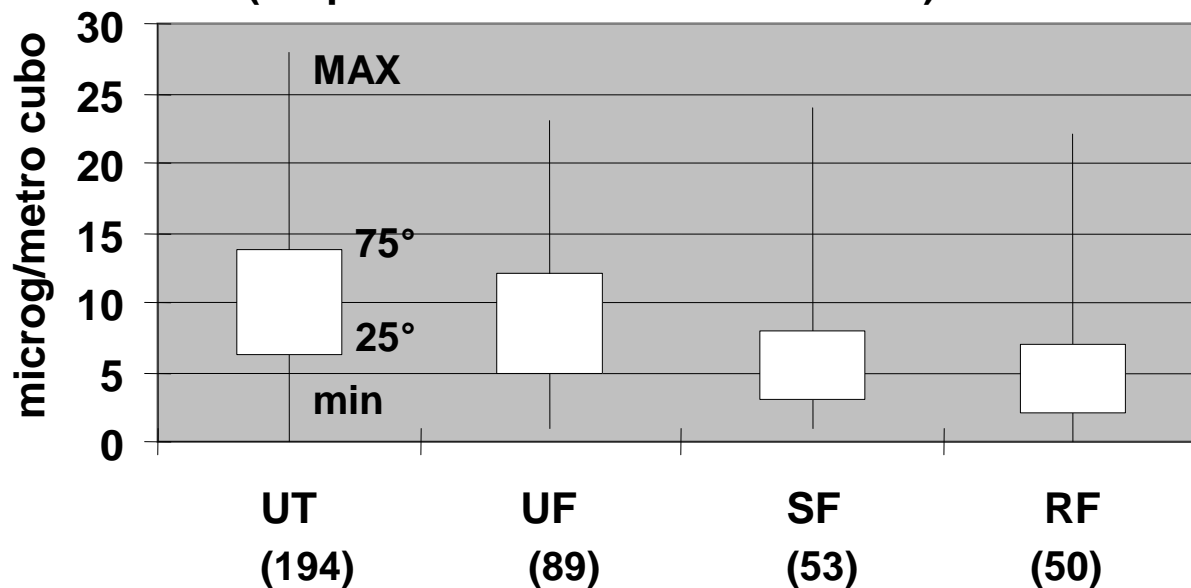
microgrammi/metro cubo

	UT	UF	SF
PIEMONTE	100	24	
VENETO	100	48	
EMILIA ROMAGNA	100	64	
LIGURIA	100	49	
TOSCANA	100	56	
LAZIO	100	34	
ABRUZZO	100		31

UT=100

Dati di base omogenei per figura e tabelle. Fonte dei dati: APAT 2002

Concentrazioni annue di SO₂ in Italia (1995-2001) per tipo di stazione (tra parentesi il numero di misure)



SO₂: valori medi annui per regione e tipo di stazione (1995-2001)

	UT	UF	SF	RF
PIEMONTE	11	8	7	
LOMBARDIA	12	13	6	8
TRENTINO ALTO ADIGE	9	10	7	1
VENETO	10	11	5	
FRIULI VENEZIA GIULIA	16		9	
EMILIA ROMAGNA	10	7	12	
LIGURIA	13	14		3
TOSCANA	6	5		
LAZIO	5	2	2	1
CAMPANIA	14		15	
SICILIA	10		6	

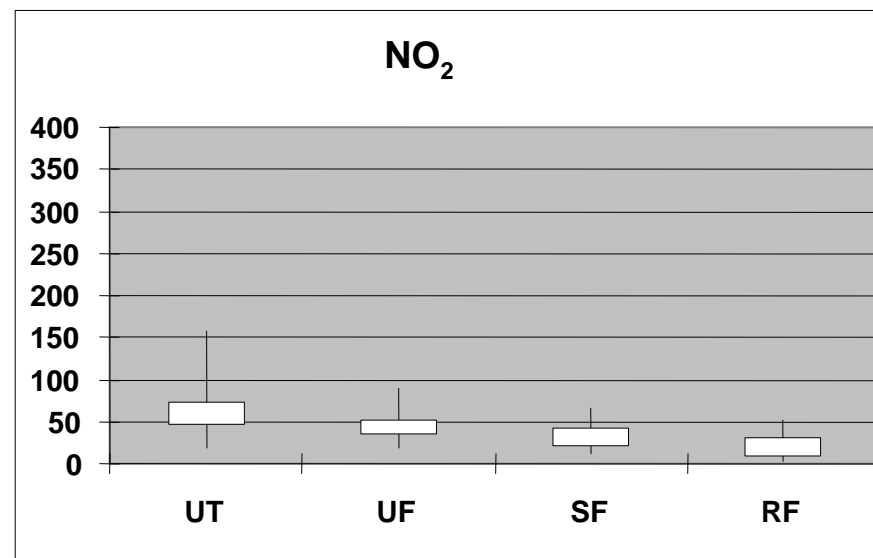
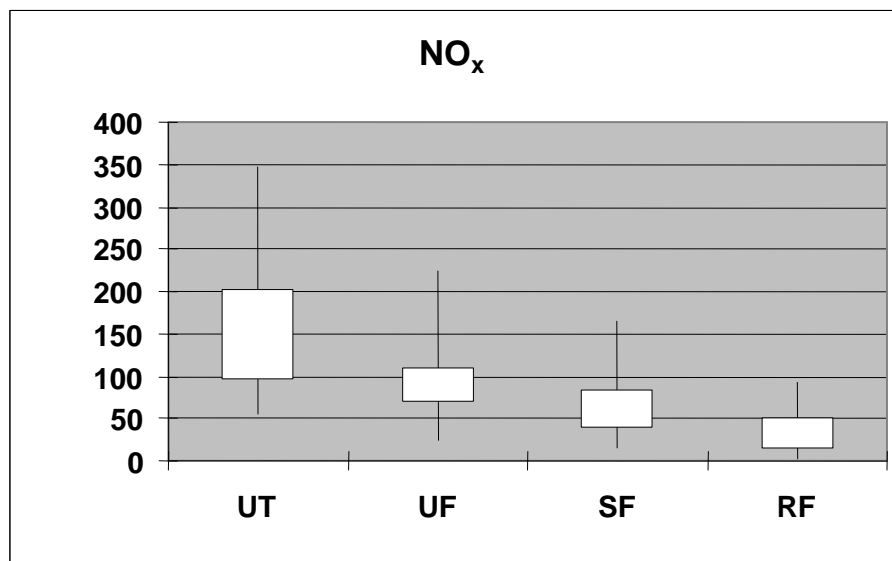
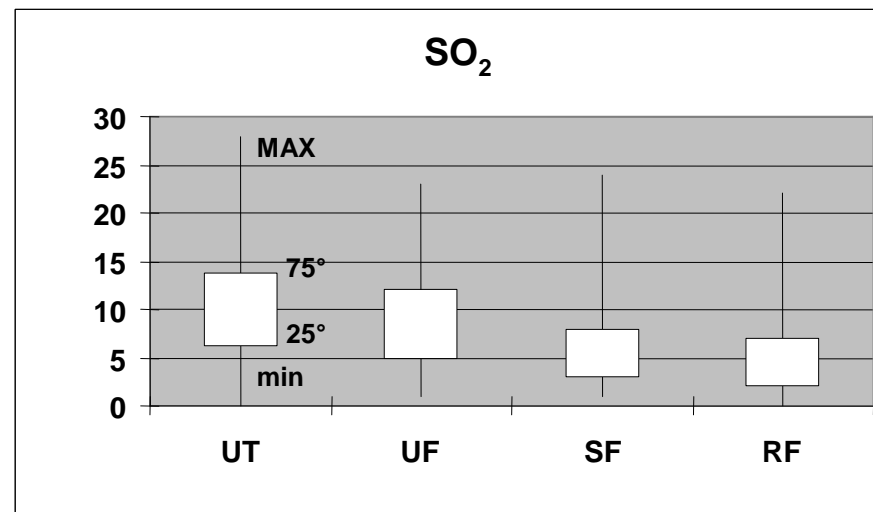
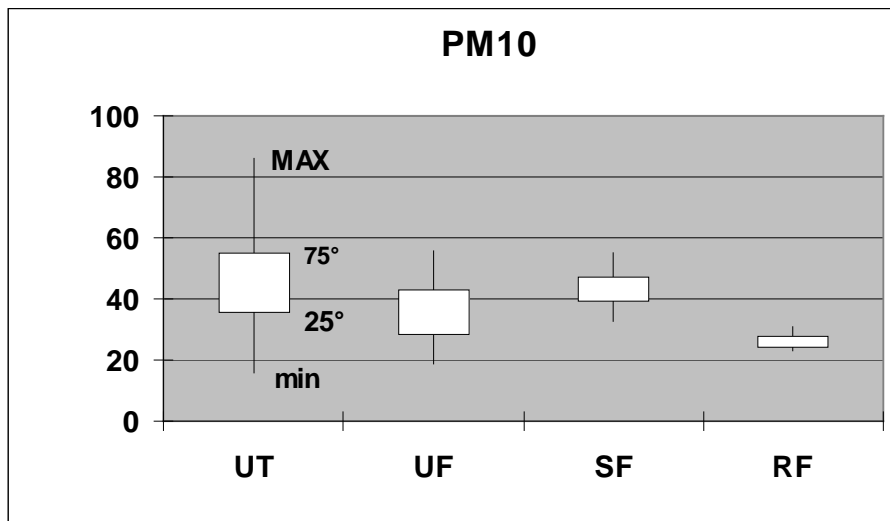
microgrammi/metro cubo

	UT	UF	SF	RF
PIEMONTE	100	77	65	
LOMBARDIA	100	112	47	67
TRENTINO ALTO ADIGE	100	108	74	5
VENETO	100	113	51	
FRIULI VENEZIA GIULIA	100		56	
EMILIA ROMAGNA	100	67	120	
LIGURIA	100	111		22
TOSCANA	100	91		
LAZIO	100	53	41	31
CAMPANIA	100		107	
SICILIA	100		65	

UT=100

Dati di base omogenei per figura e tabelle. Fonte dei dati: APAT 2002

CONCENTRAZIONI MEDIE ANUNUE IN ITALIA PER TIPO DI STAZIONE (1995-2001)
UT Urbano Traffico, UF Urbano Fondo, SF Suburbano Fondo, RF Rurale Fondo



Fonte dei dati: APAT 2002

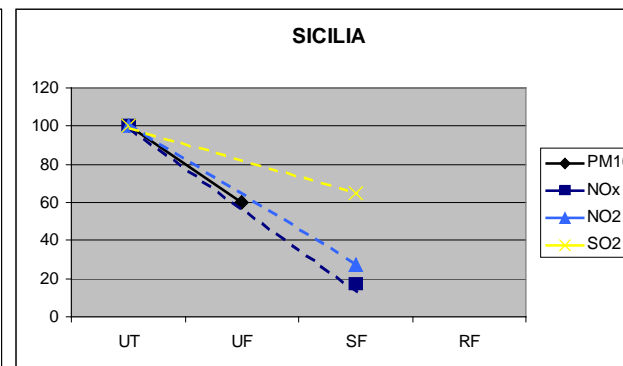
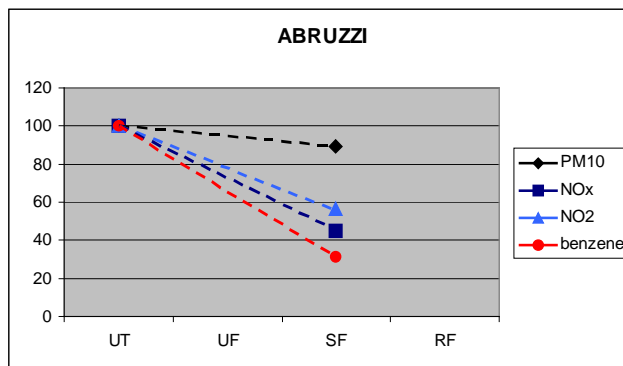
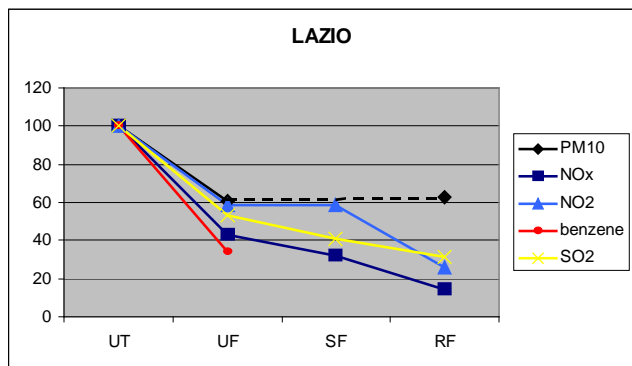
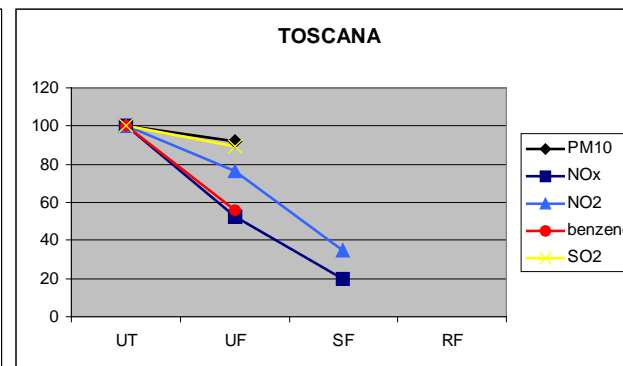
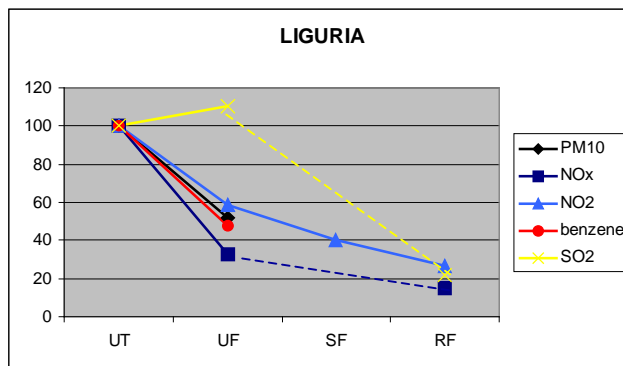
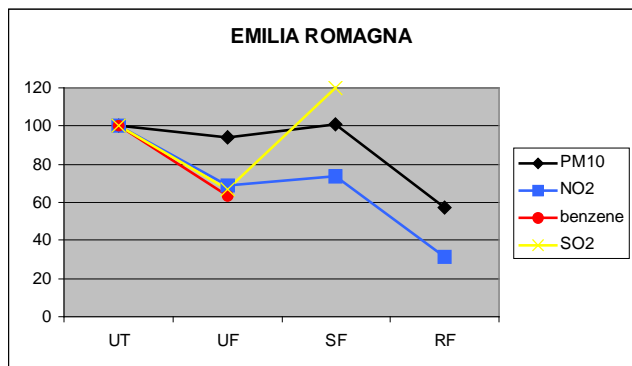
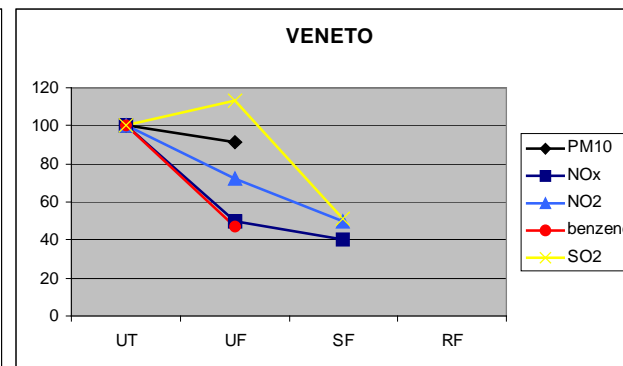
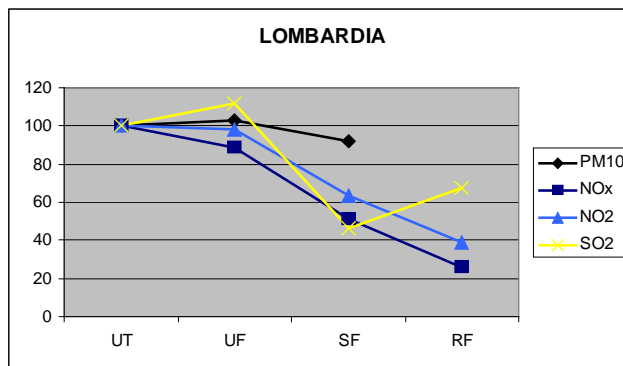
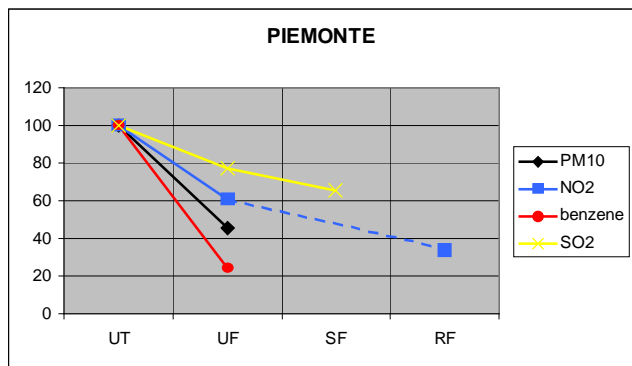
Concentrazioni in microgrammi/metro cubo

Il PM10 è l'inquinante più omogeneamente disperso sul territorio.

L'NO₂ è più omogeneamente distribuito sul territorio rispetto all'NO_x.

L'SO₂ ha dovunque valori bassi, e la sua distribuzione spaziale è piuttosto omogenea.

**PM₁₀, NO_x, NO₂, benzene, SO₂ - valori medi annui per regione e per tipologia di stazione di monitoraggio:
 UT Urbana Traffico, UF Urbana Fondo, SF Suburbana Fondo, RF Rurale Fondo
 (dati 1995 – 2001; fonte: APAT, 2002)**



L'omogeneità territoriale delle concentrazioni in aria del PM10 è maggiormente accentuata in Lombardia, Veneto, Emilia Romagna e Toscana.

NO_x e benzene sono gli inquinanti che presentano il più accentuato gradiente spaziale UT-UF-SF-RF, e la loro distribuzione spaziale è molto simile.

ANALISI DELLA SITUAZIONE EUROPEA SULLA BASE DEI DATI DI PM PUBBLICATI IN:

Putaud J.-P. et al., 2002, A European Aerosol Phenomenology – physical and chemical characteristics of particulate matter at kerbside, urban, rural and background sites in Europe, EUR 20411 EN (disponibile anche su <http://ies.jrc.cec.eu.int/Download/cc>).

- 1. Non esiste un valore universale per il rapporto PM_{2,5}/PM₁₀. Valori più bassi si osservano nei siti UT, il che suggerisce un significativo contributo della risospensione nella frazione superiore a 2,5 µm. Rapporti più alti si osservano nei siti RF, SF e UF dove la frazione secondaria – che è fine (<2,5 µm) – del PM₁₀ è più importante.**
- 2. In tutti i siti, eccetto che in UT (dove i fenomeni di risospensione predominano), al crescere del livello di PM₁₀ cresce il rapporto PM_{2,5}/PM₁₀, il che significa che gli episodi di inquinamento sono caratterizzati da picchi di PM_{2,5}.**
- 3. Nei siti urbani il numero di particelle ultrafini (inferiori a 0,1 micrometro) è di molto superiore che nei siti suburbani e rurali. In particolare nei siti urbani il numero di particelle ultrafini è in UT molto maggiore rispetto a UF.**
- 4. Nei siti urbani il numero di particelle ultrafini cresce durante le ore diurne, in maniera più visibile nei siti UT, il che porta a collegare tale fenomeno col traffico.**
- 5. In inverno la concentrazione di PM_{2,5} è incrementata dalle condizioni meteo meno favorevoli alla dispersione, e dalla minore temperatura che favorisce la condensazione di specie semivolatili, fenomeno che si riscontra soprattutto nei siti urbani.**
- 6. In estate in siti rurali si può riscontrare un aumento del PM_{2,5}, soprattutto nelle prime ore pomeridiane, il che conferma l'origine fotochimica di queste particelle.**

7. Dal punto di vista chimico, è possibile distinguere nel PM:
 - a. Polvere minerale, originata da processi naturali e antropici di risospensione, strofinamento, macinazione, erosione.
 - b. Sale marino.
 - c. Carbonio elementare, originato da processi di combustione (soprattutto motori diesel).
 - d. Materiale organico, frutto sia di emissione diretta che di processi fisici e chimici (PM secondario), oltre al bioaerosol.
 - e. Nitrati, tutto secondario.
 - f. Ammonio, tutto secondario.
 - g. Solfati, tutto secondario.
8. La polvere minerale e il sale marino contribuiscono prevalentemente alla frazione grossolana del PM10 (superiore a 2,5 μm); ammonio, solfati e aerosol organico contribuiscono prevalentemente alla frazione fine (PM2,5); carbonio elementare e nitrati contribuiscono significativamente sia alla frazione fine che a quella grossolana del PM10, per quanto in misura più pronunciata al PM2,5.
9. Ai siti UT, il contributo della polvere minerale al PM10 è alto (10-25%) in confronto ai siti UF e SF (9-14%). Se si escludono gli episodi di alte concentrazioni di PM10 dovuti a specifici eventi naturali quali trasporto di polvere sahariana, eruzioni vulcaniche e trasporto di aerosol marino, il contributo relativo della polvere minerale decresce al crescere della concentrazione di PM10, il che indica che -a prescindere dai citati specifici eventi- non è responsabile degli episodi di inquinamento.

- 10. I nitrati danno un contributo alto alla concentrazione di PM10 nei siti UF e SF (10-21%), più basso nei siti UT (8-12%) e RF(5-12%). Il contributo dei nitrati al PM10 cresce al crescere della concentrazione di PM10, il che evidenzia la loro importanza nel governare gli episodi di alte concentrazioni di PM10.**
- 11. Nitrati e aerosol organico danno generalmente un contributo maggiore nella stagione fredda nei siti UT, UF e SF.**
- 12. Nei siti UT i principali contributi alla concentrazione di PM10 derivano nell'ordine da materiale organico, polvere minerale e carbonio elementare. Nei siti UF e SF, da materiale organico, nitrati e solfati. Nei siti RF e "fondo naturale", da solfati, materiale organico e polvere minerale.**
- 13. Al crescere della concentrazione di PM10 il contributo relativo dei solfati decresce, mentre acquistano importanza crescente il materiale organico e, in misura maggiore, i nitrati.**

**STIMA DEL CONTRIBUTO PER
FONTE DI EMISSIONE ALLA
CONCENTRAZIONI IN ARIA DI
PM10 IN ITALIA**

I DATI DI PARTENZA

Concentrazione media annua di PM₁₀ in Italia per tipo di stazione (1995-2001) - APAT, 2002

	UT	UF/SF	RF
Media ± deviazione standard	46 ± 13 µg/m ³	37 ± 9 µg/m ³	26 ± 3 µg/m ³
numero dati	116	56	5

Concentrazione media annua di PM₁₀ in Europa per tipo di stazione - Putaud J.-P. et al., 2002

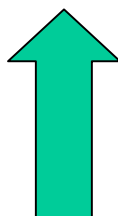
	UT	UF/SF	RF
Media ± deviazione standard	49 ± 8 µg/m ³	33 ± 8 µg/m ³	17 ± 7 µg/m ³
numero dati	3	7	3

Composizione % media del PM10 in Europa (Putaud J.-P. et al., 2002)

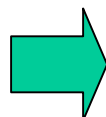
	UT	UF/SF	RF
Carbonio elementare	13	6	6
Materiale organico	22	22	17
Nitrati	10	15	9
Ammonio	4	8	7
Solfati	10	14	18
Sale marino	3	5	2
Polvere minerale	19	11	15
Sconosciuto*	19	19	25
Totale	100	100	100

A

* acqua + etero atomi associati a carbonio organico



COMPOSIZIONE MEDIA DEL PM10 IN EUROPA:



Composizione del PM10 a Berlino (microg/metro cubo) in 5 stazioni di rilevamento (Lenshov et al., 2001)

	UT	UF/SF	UF/SF	RF	RF
Carbonio elementare	9	5,1	6,3	2,1	1,8
Materiale organico	11	7,5	15	5,8	3
Nitrati	4,6	4,4	4,3	3	2,4
Ammonio	3,3	3,4	3,7	2,4	2
Solfati	5,7	6,1	9,3	4,9	3,9
Cloro	0,8	0,7	0,7	0,7	0
Sconosciuto**	17,9	11,2	19	8,7	5,5
Totale	52,3	38,4	58,3	27,6	18,6

B

Composizione % del PM10 a Berlino (Lenshov et al., 2001)

	UT	UF/SF	UF/SF	RF	RF
Carbonio elementare	0,17	0,13	0,11	0,08	0,10
Materiale organico	0,21	0,20	0,26	0,21	0,16
Nitrati	0,09	0,11	0,07	0,11	0,13
Ammonio	0,06	0,09	0,06	0,09	0,11
Solfati	0,11	0,16	0,16	0,18	0,21
Cloro	0,02	0,02	0,01	0,03	0,00
Sconosciuto**	0,34	0,29	0,33	0,32	0,30
Totale	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

** Polvere minerale+acqua

IPOTESI:

Si ripartisce **Sconosciuto**** in **polvere minerale e acqua** sulla base di **polvere minerale** di A.

Si ripartisce **Sconosciuto*** in **acqua ed etero atomi** sulla base di **acqua** in B.



Composizione media del PM₁₀ in Europa

	UT	UF/SF	RF	BO (UF)	Δ BO-UF/SF
Carbonio elementare (EC)	0,13	0,06	0,06	0,07	0,09
Materiale organico (OM)	0,25	0,22	0,27	0,21	-0,03
Nitrati (NO ₃ ⁻)	0,10	0,15	0,09	0,20	0,37
Ammonio (NH ₄ ⁺)	0,04	0,08	0,07	0,09	0,16
Solfati (SO ₄ ⁼)	0,10	0,14	0,18	0,10	-0,26
Sale marino (NaCl)	0,03	0,05	0,02	0,03	-0,43
Polvere minerale (Soil)	0,19	0,11	0,15	0,11	-0,06
acqua (H ₂ O)	0,16	0,19	0,15	0,19	0,00
Totale	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00

Valutazioni fatte sulla base dei dati di Putaud J.-P. et al., 2002 e di Lenshov et al., 2001

BO (UF): dati relativi a Bologna tratti da Putaud J.-P. et al., 2002, sito UF

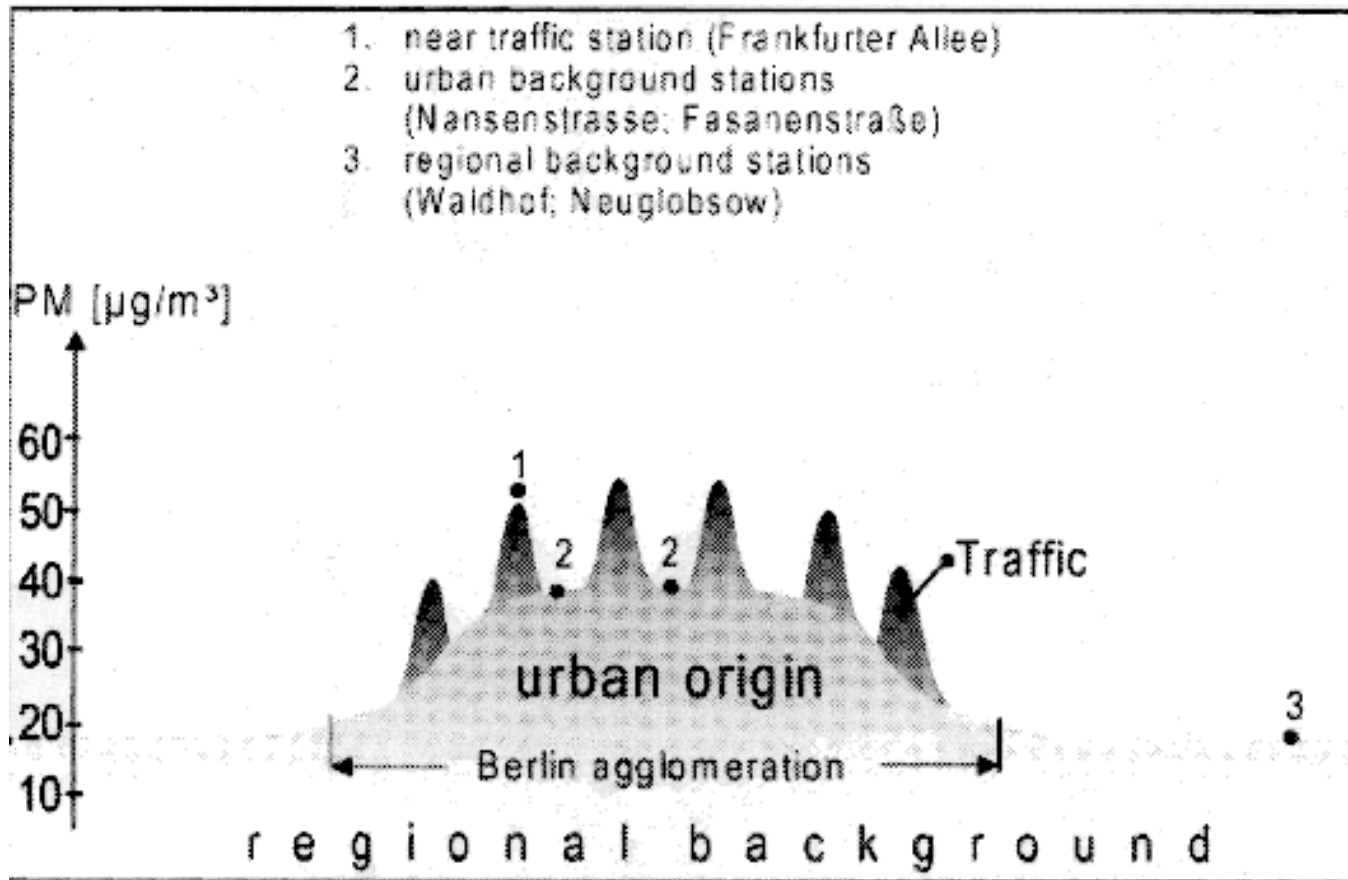
Δ BO-UF/SF: differenza tra Bologna e la media dei siti europei UF/SF

Nel sito italiano di Bologna si nota una maggiore presenza di nitrati e di ammonio, e una minor presenza di solfati rispetto alla situazione media europea.

RIPARTIZIONE DEL PM10 PER TIPO DI PROCESSO E PER TIPO DI STAZIONE

	UT	UF/SF	RF	BO (UF)
PM primario da combustione				
Carbonio elementare (EC)	0,13	0,06	0,06	0,07
Materiale organico (OM)	0,13	0,06	0,06	0,07
<i>TOT PM primario da comb.</i>	<i>0,26</i>	<i>0,12</i>	<i>0,12</i>	<i>0,13</i>
PM primario da usura e risospensione (antropico+naturale)				
Polvere minerale (Soil)	0,19	0,11	0,15	0,11
PM primario da fonti naturali				
Sale marino (NaCl)	0,03	0,05	0,02	0,03
acqua (H ₂ O)	0,16	0,19	0,15	0,19
<i>TOT PM primario da fonti natur.</i>	<i>0,19</i>	<i>0,24</i>	<i>0,17</i>	<i>0,22</i>
TOTALE PM primario	0,64	0,47	0,44	0,45
PM secondario				
Materiale organico (OM)	0,12	0,16	0,21	0,15
Nitrati (NO ₃)	0,10	0,15	0,09	0,20
Ammonio (NH ₄)	0,04	0,08	0,07	0,09
Solfati (SO ₄)	0,10	0,14	0,18	0,10
TOTALE PM secondario	0,36	0,53	0,55	0,55

IPOSTESI: tutto EC è primario, OM primario = EC



Schematizzazione della concentrazione di PM10 nell'agglomerato di Berlino e nell'area circostante (da Lenschow et al., 2001). Viene evidenziato:

- il livello di fondo rurale (stazione 3 di tipo RF), intorno a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- il livello di fondo urbano (stazioni 2 di tipo UF), intorno a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- il livello nelle zone di traffico urbano (stazione 1 di tipo UT), con picchi fino a oltre $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

QUESTA SCHEMATIZZAZIONE VIENE ASSUNTA COME TIPICA DELLE AREE URBANE ANCHE IN ITALIA NEI RAGIONAMENTI CHE SEGUONO

Ripartizione della concentrazione annua del PM10 per fonte di emissione

	UT	UF/SF	RF
Media annua PM₁₀	46 µg/m³	37 µg/m³	26 µg/m³

$$UT - UF/SF = (46 - 37) \mu\text{g}/\text{m}^3 = 9 \mu\text{g}/\text{m}^3$$



traffico locale

$$UF/SF - RF = (37 - 26) \mu\text{g}/\text{m}^3 = 11 \mu\text{g}/\text{m}^3$$



fonti interne all'agglomerato

$$RF = 26 \mu\text{g}/\text{m}^3$$



fonti esterne all'agglomerato

RIPARTIZIONE DEL PM10 DELLA STAZIONE “UT media nazionale” TRA QUELLO DOVUTO: AL TRAFFICO LOCALE, ALLE FONTI INTERNE E ALLE FONTI ESTERNE ALL’AGGLOMERATO

LE IPOTESI FATTE

1. tutta la quantità di PM10 originata dal traffico locale [UT-(UF/SF)] è di origine primaria da combustione e da usura e risospensione, più acqua: la somma di questi contributi deve dare 9 microg/metro cubo;
2. le fonti esterne all’agglomerato (impianti industriali e per la produzione di energia, traffico, eccetera) danno un contributo esattamente pari a RF per quanto riguarda la massa totale (26 microg/metro cubo). Inoltre si assume che la ripartizione per tipo di processo (primario, secondario, primario da combustione, carbonio elementare eccetera) sia quella associata alla stazione RF (cfr. slide 29);
3. tutto il resto (11 microg/metro cubo) viene attribuito alle fonti interne all’agglomerato (traffico -escluso quello locale già considerato al punto 1.-, riscaldamento, eccetera), e la ripartizione per tipo di processo (primario, secondario, eccetera) viene determinata assicurando il bilancio di massa.

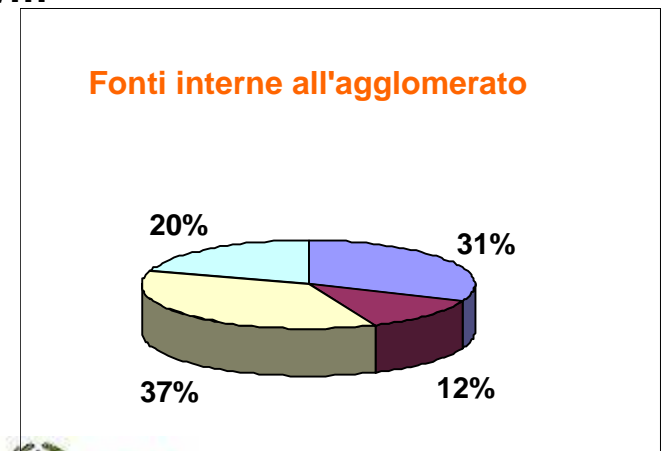
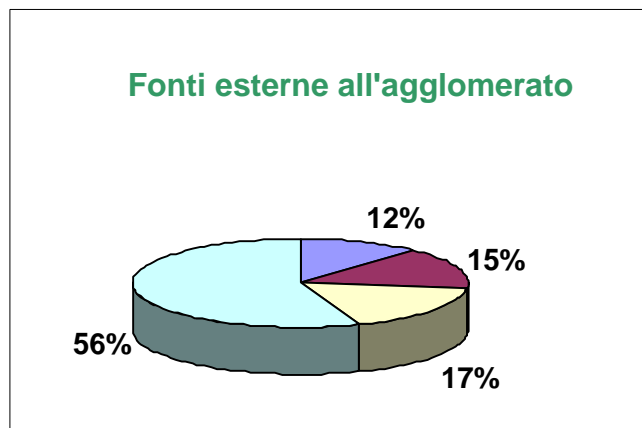
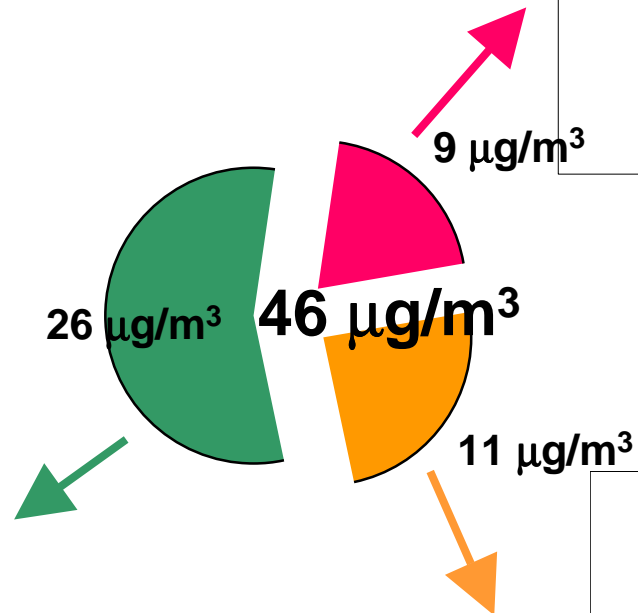
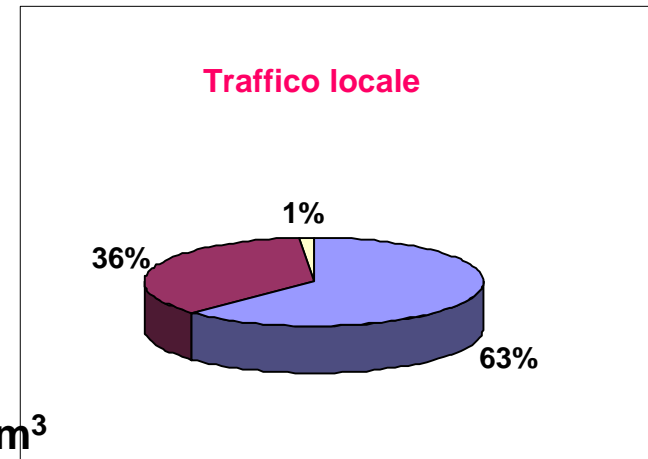
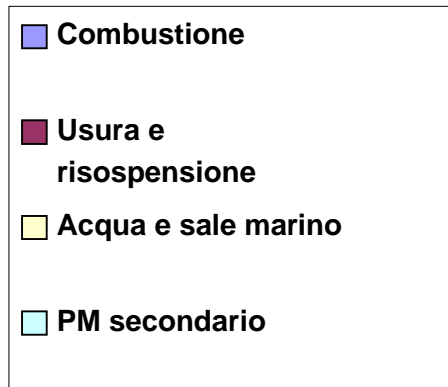
I RISULTATI SONO RIPORTATI IN % NELLA PROSSIMA TABELLA



Concentrazione media annua di PM10 in Italia (1995-2001)
Ripartizione del PM10 (%) per tipo di fonte di emissione
con riferimento al sito medio "Urbano Traffico" (UT) nazionale

	traffico locale	fonti interne all'agglomerato	fonti esterne all'agglomerato	TOTALE UT
PM10	19,6%	23,9%	56,6%	100,0%
PM primario da combustione				
Carbonio elementare (EC)	6,1%	3,8%	3,3%	13,2%
Materiale organico (OM)	6,1%	3,8%	3,3%	13,2%
<i>TOT PM primario da comb.</i>	<i>12,3%</i>	<i>7,5%</i>	<i>6,6%</i>	<i>26,4%</i>
PM primario da usura e risospensione (antropico+naturale)				
<i>Polvere minerale (Soil)</i>	<i>7,0%</i>	<i>2,9%</i>	<i>8,6%</i>	<i>18,5%</i>
PM primario da fonti naturali				
Sale marino (NaCl)	0,0%	1,9%	1,3%	3,2%
acqua (H ₂ O)	0,3%	6,8%	8,6%	15,7%
<i>TOT PM primario da fonti natur.</i>	<i>0,3%</i>	<i>8,8%</i>	<i>9,8%</i>	<i>18,9%</i>
TOTALE PM primario	19,6%	19,1%	25,0%	63,8%
PM secondario				
<i>Materiale organico (OM)</i>	<i>0,0%</i>	<i>0,3%</i>	<i>11,9%</i>	<i>12,2%</i>
<i>Nitrati (NO₃)</i>	<i>0,0%</i>	<i>4,2%</i>	<i>5,4%</i>	<i>9,6%</i>
<i>Ammonio (NH₄)</i>	<i>0,0%</i>	<i>0,1%</i>	<i>4,1%</i>	<i>4,3%</i>
<i>Solfati (SO₄)</i>	<i>0,0%</i>	<i>0,2%</i>	<i>10,0%</i>	<i>10,1%</i>
TOTALE PM secondario	0,0%	4,9%	31,4%	36,2%

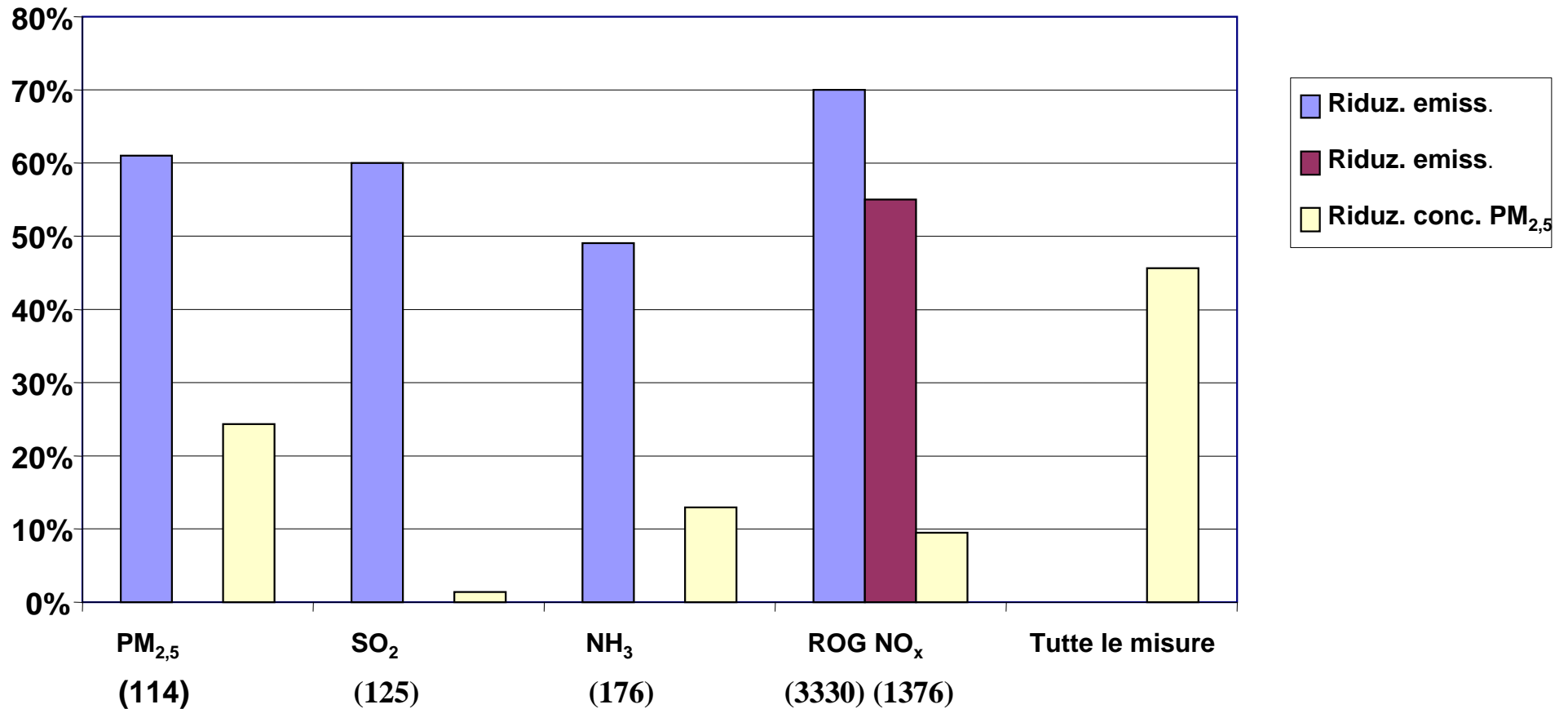
Contributo per fonte alla concentrazione di PM10 nel "sito medio nazionale UT"



LE QUOTE DI RIDUZIONE DELLE EMISSIONI E I COSTI CONNESSI

AREA DI LOS ANGELES: RIDUZIONE % DELLE CONCENTRAZIONI DI PM_{2,5} A FRONTE DI RIDUZIONI NELLE EMISSIONI DI PM_{2,5} E DI PRECURSORI

(i numeri tra parentesi indicano le tonnellate/giorno emesse nella situazione di partenza)



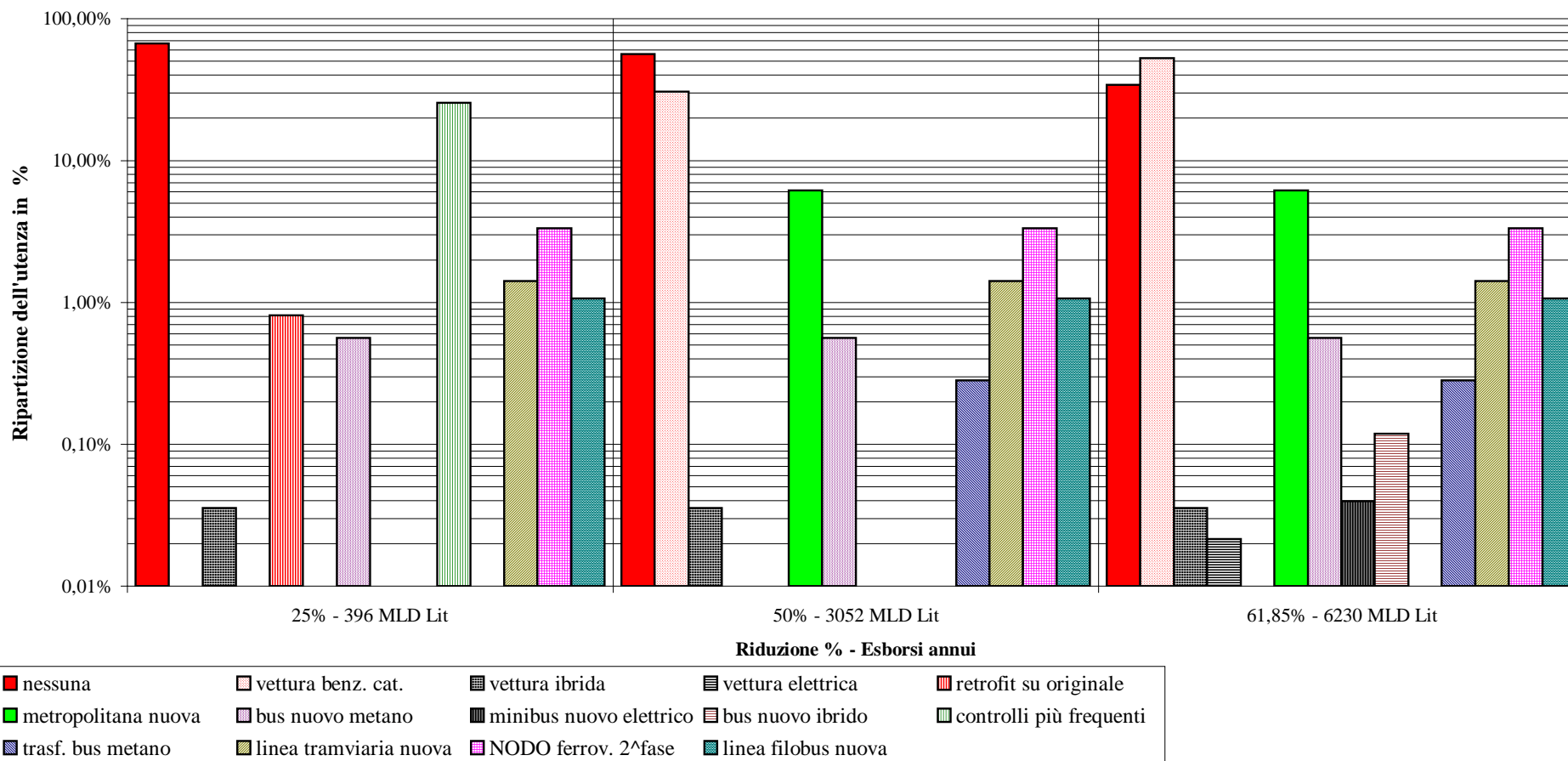
(ns. elaborazione da Kleeman and Cass, 1999)

Santostefano S. e M.C. Cirillo

Strategie ottimali per la riduzione delle emissioni di inquinanti gassosi prodotti dalla mobilità urbana: un'applicazione al caso di **Roma**.

Rapporto Tecnico ENEA RT/AMB/99/8

**Opzioni selezionate dal modello per la riduzione di NOx
Scenario "intervento di 2^fase" sul Nodo ferroviario**



NOTA BENE:

-lo studio è una analisi costi-efficacia che individua, per ogni obiettivo di riduzione delle emissioni, l'insieme di misure che ne assicurano il perseguimento a costo minimo;

-il grafico precedente riporta, per ogni obiettivo di riduzione espresso in % rispetto alla situazione di partenza:

- i costi minimi di abbattimento delle emissioni di NO_x dovute alla mobilità delle persone in Roma, ipotizzando – a mobilità costante – uno spostamento di quote della mobilità verso modalità meno inquinanti (per esempio per l'utenza che fa uso della macchina si ipotizza l'uso di una macchina meno inquinante, ovvero l'uso di mezzi pubblici come bus, tram, metropolitana, eccetera);

- la quota di mobilità espressa in % che si sposta dalla situazione di partenza verso le varie opzioni meno inquinanti;

-le cifre indicate sono degli “esborsi”, si è cioè valutato il costo delle misura alternativa senza sottrarvi i costi che gli utenti comunque sostengono nella situazione attuale; tali cifre sono quindi per definizione più alte dei “costi aggiuntivi” valutati in altri studi. Questo non altera la gerarchia delle scelte fatte, che vanno da quelle meno a quelle più costose;

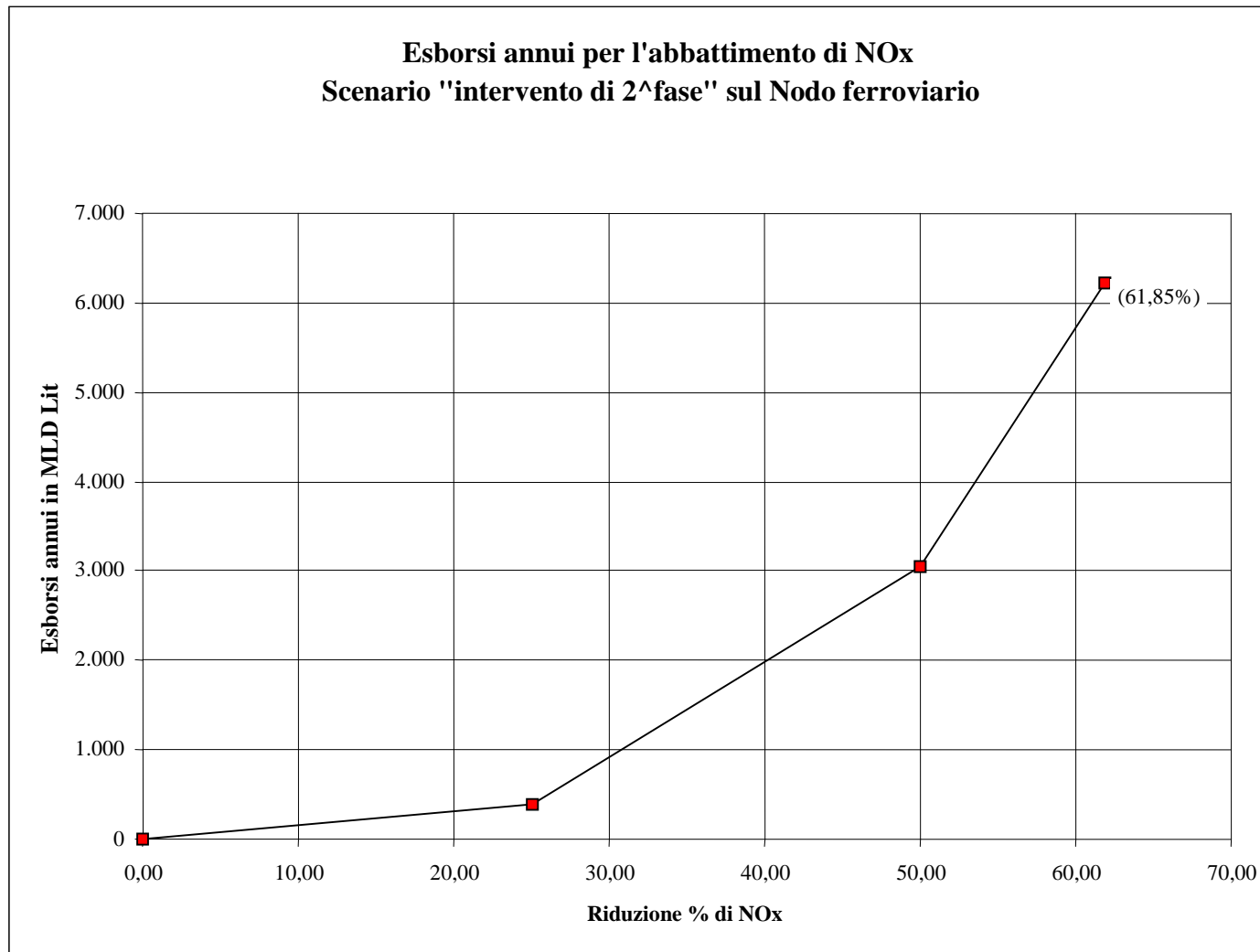
-l'applicazione di misure per l'abbattimento delle emissioni di NO_x implica – in generale anche se non sempre – un parallelo abbattimento delle emissioni di altri inquinanti;

-la curva di costo riportata nel grafico che segue evidenzia come, al crescere della quota di abbattimento, crescono sia i costi complessivi (indicati dalla curva) che i costi marginali, cioè i costi associati alla rimozione dell'ultima quota di NO_x (indicati dalla derivata della curva).

Santostefano S. e M.C. Cirillo

Strategie ottimali per la riduzione delle emissioni di inquinanti gassosi prodotti dalla mobilità urbana: un'applicazione al caso di Roma.

Rapporto Tecnico ENEA RT/AMB/99/8



CONCLUSIONI:

1. Per il rispetto dei nuovi standard che entreranno in vigore nel 2005, in prima approssimazione è possibile lavorare sulle concentrazioni medie annue di PM10: a livello nazionale, un valore annuo inferiore a 30 microg/metro cubo in Italia sembra assicurare il rispetto dello standard giornaliero al 2005. Analisi locali possono rendere più precisa questa stima con riferimento a contesti specifici.
2. In Italia nel PM10 è ragionevole aspettarsi una maggiore presenza di nitrati e di ammonio, e una minor presenza di solfati rispetto alla situazione media europea.
3. Secondo le stime fatte, il PM10 secondario, che cioè non è emesso direttamente ma si forma in atmosfera, vale in media il 36% del PM10 nei siti di traffico urbano, il 53% nei siti urbani e suburbani lontani dal traffico, il 55% nei siti rurali. Negli agglomerati, eccetto che nei pressi delle strade trafficate, il PM10 secondario pesa quindi per oltre il 50% rispetto al totale.
4. Nei siti di traffico urbano in media il 20% del PM10 totale (primario + secondario) è dovuto a traffico locale, il 24% a fonti interne all'agglomerato (traffico non locale, riscaldamento, eccetera), il 56% a fonti esterne all'agglomerato (industrie, centrali termoelettriche, traffico eccetera).
5. A causa della componente secondaria, la riduzione delle concentrazioni di PM non è proporzionale alla riduzione delle emissioni: in uno studio modellistico del PM2,5 nell'area di Los Angeles, una riduzione di oltre il 60% delle emissioni giornaliere di PM2,5 provoca una riduzione di meno del 25% delle concentrazioni giornaliere di PM2,5; se a questo si aggiunge una riduzione del 60% delle emissioni di SO₂, di quasi il 50% dell'NH₃, del 70% dei composti organici reattivi (ROG) e del 55% degli NO_x, si ottiene una riduzione delle concentrazioni giornaliere del PM2,5 pari a circa il 46%.
6. Nello studio costi-efficacia di Roma emerge che le "scelte migliori", intese come misure scelte qualunque sia l'inquinante e la quota di riduzione selezionate, sono nell'ordine i tram, i filobus, la ferrovia, seguiti dalla metropolitana.

Riferimenti citati:

1. APAT, 2002, Annuario dei dati ambientali.
2. APHEIS, 2002, Health Impact Assessment of Air Pollution in 26 European Cities, Second-year Report, 2000-2001.
3. Kleeman M.J. and Cass G.R., 1999, Effect of Emission Control Strategies on the Size and Composition Distribution of Urban Particulate Air Pollution, Environ. Sci. Technol. 1999, 33, 177-189.
4. Lenschow P. et al., Some ideas about the sources of PM10, Atmospheric Environment 35 Supplement No.1 (2001) S23-S33.
5. Putaud J.-P. et al., 2002, A European Aerosol Phenomenology – physical and chemical characteristics of particulate matter at kerbside, urban, rural and background sites in Europe, EUR 20411 EN (disponibile anche su <http://ies.jrc.cec.eu.int/Download/cc>).
6. Santostefano S. e M.C. Cirillo, 1999, Strategie ottimali per la riduzione delle emissioni di inquinanti gassosi prodotti dalla mobilità urbana: un'applicazione al caso di Roma. Rapporto Tecnico ENEA RT/AMB/99/8.

Ringraziamenti:

Si ringraziano la dott.ssa Silvia Brini di APAT e il dott. Gabriele Zanini di ENEA per il lavoro di *peer review*.