

Claudio Conti

Lombardia: **auto**  
**inquinamento**  
**salute**



Progetto  
GALILEO

# Due parole sul Progetto GALILEO

Il Progetto GALILEO è un sistema di *data warehousing e analytics* incentrato sul territorio lombardo. Si differenzia dai sistemi esistenti (cfr. Eupolis ad esempio), in quanto consente di analizzare congiuntamente, e di elaborare con strumenti di analisi multivariata, ambiti di dati che altrove sono oggetto di analisi separate.

Per ciò che concerne quanto segue GALILEO incorpora completamente:

- la **matrice OD 2014 degli spostamenti e della mobilità in Lombardia**. I dati si riferiscono ad un giorno feriale medio, e analizzano 5 motivi di spostamento: lavoro, affari, acquisti e spostamenti occasionali, rientro a casa, studio
- i **dati orari / giornalieri dei principali inquinanti atmosferici** rilevati dalle stazioni ARPA attive in Lombardia dal 2014 ad oggi
- la **banca dati HFA** (*Health For All*) messa a punto dall'ISTAT.

**AVVERTENZA** Nelle mappe che seguono toni più scuri di grigi stanno a denotare valori più elevati della variabile rappresentata, e viceversa.



# **L'AUTO IN LOMBARDIA**

Fonti: ISTAT / ARPA / Regione Lombardia

# Il «peso» dell'auto

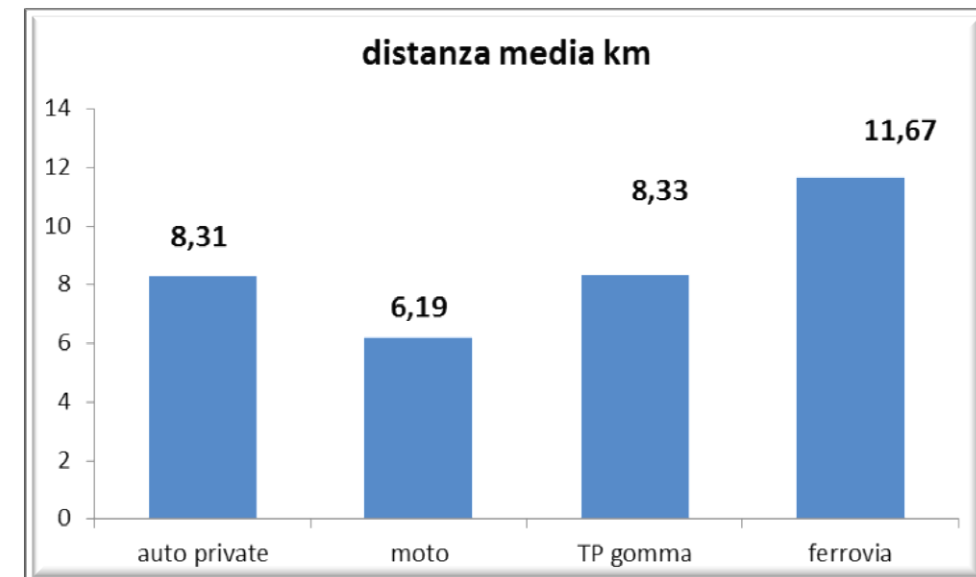
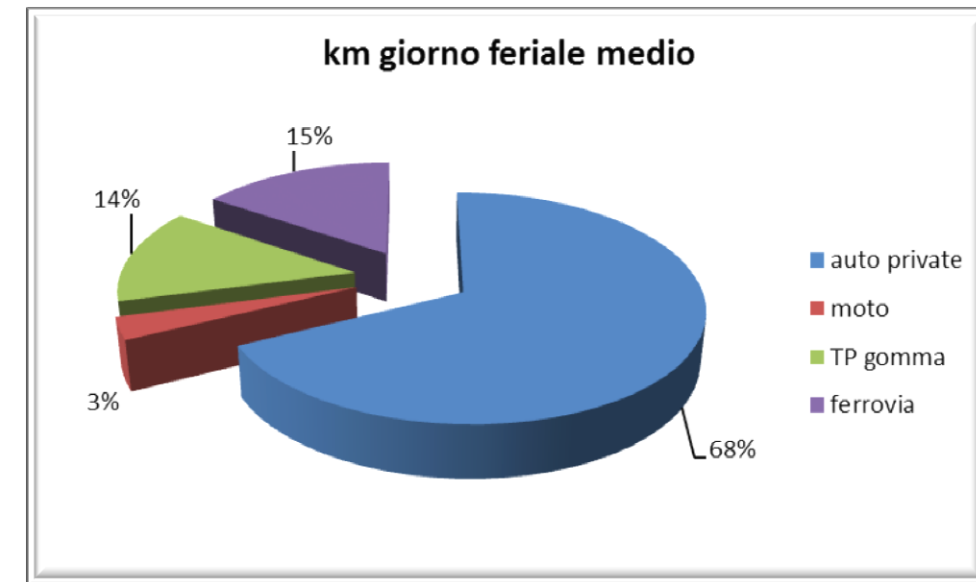
Nel 2014 si sono registrate **5879250** autovetture in Lombardia. Poiché le dimensioni medie di un'automobile europea sono pari a 4.50 m di lunghezza per 1.80 di larghezza, il parco automobilistico lombardo «occupa» **47.6 km<sup>2</sup>** del territorio regionale.

In un giorno feriale medio gli utenti del trasporto su gomma percorrono **85 milioni di km** (rispetto ai **15.5** di quelli in ferrovia). Alle auto private la quota maggiore: **67.9 milioni** di km (80%).

Si calcola che, oltre al conducente, vi sia soltanto **1 passeggero ogni 5 auto** private ... per un percorso medio di poco superiore a **8 km**.

Secondo ARPA il trasporto su strada emette nell'atmosfera in un giorno medio **47112 tonnellate di CO<sub>2</sub>**: vale a dire il 29% del totale delle emissioni regionali di questo cruciale agente dell' «effetto serra».

Nella dinamica quotidiana dei flussi Milano rappresenta un «attrattore forte» ...



# L' «attrattore forte» milanese: innanzi tutto ...

**333 mila** autovetture e **42 mila** moto convergono in media verso Milano in un giorno feriale.

Circa **327 mila** auto e **35 mila** moto escono dalla città.

Sono numeri imponenti.

(Per non parlare dei **331 mila** spostamenti in auto all'interno della città ...)



# Flussi totali verso Milano

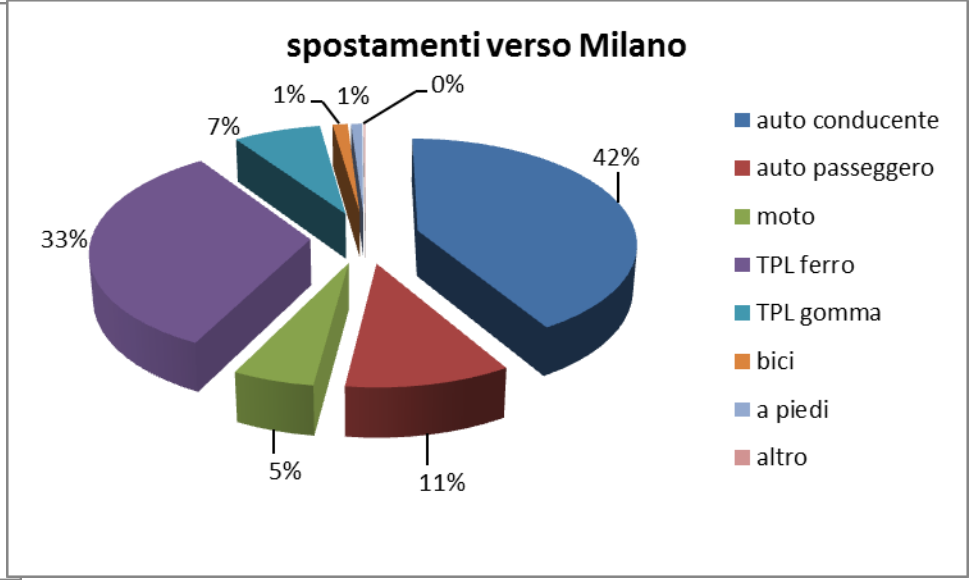
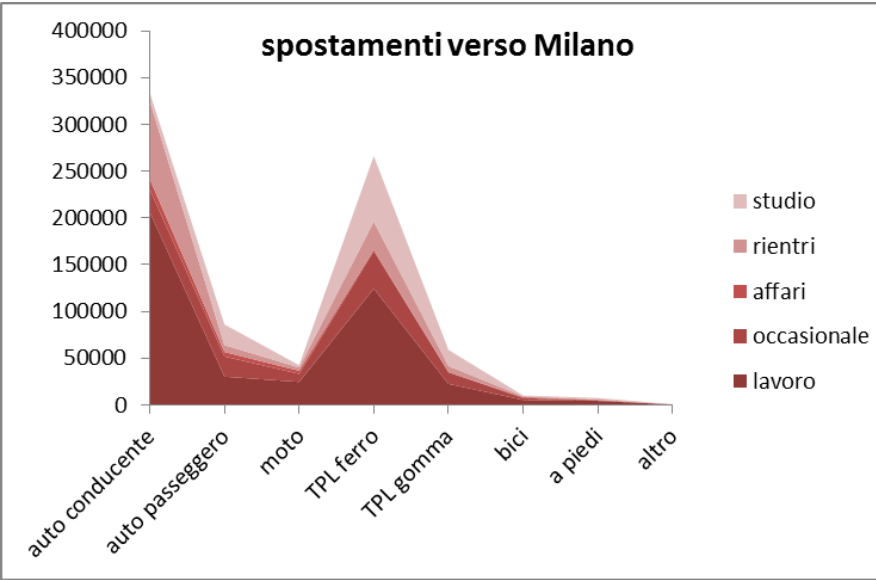
Fascia oraria 00:00-23:59

Il trasporto su gomma (privato e pubblico) copre il **54%** degli spostamenti verso Milano, rispetto al **33%** della ferrovia. Il **lavoro** costituisce la motivazione principale.

Si osservi che risulta **1 passeggero per ogni 3.87 conducenti** di autovettura

...

VERSO MILANO	auto conducente	auto passeggero	moto	TPL ferro	TPL gomma	bici	a piedi	altro
lavoro	206260	30383	24720	124532	22592	5505	4439	627
occasionale	24088	21616	8540	40119	12457	1981	589	0
affari	11259	4706	3325	1602	61	974	346	0
rientri	83354	7357	3481	29962	6556	924	536	105
studio	8703	22066	2469	69900	17270	794	1665	35
	333663	86128	42534	266115	58936	10179	7575	767

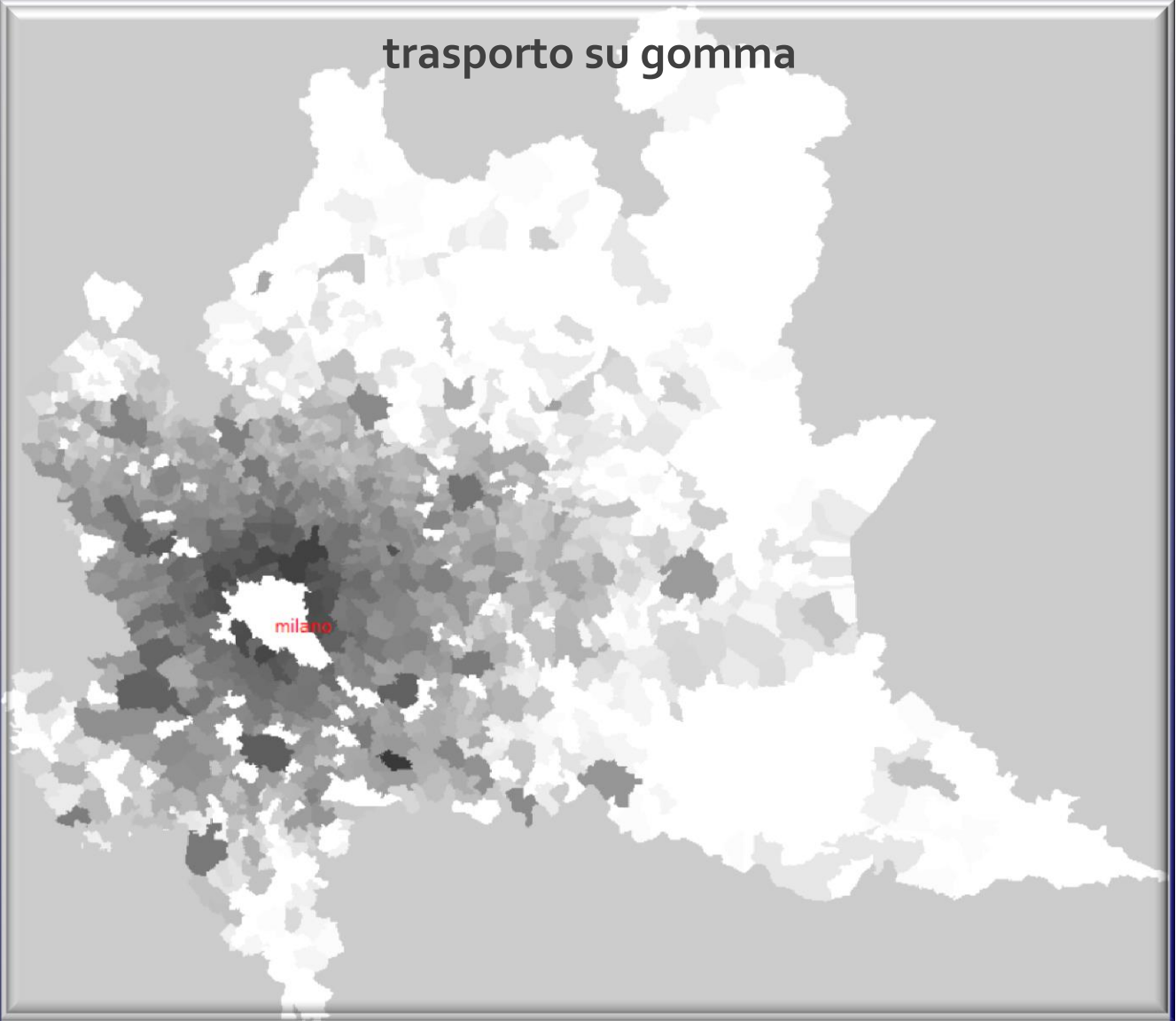
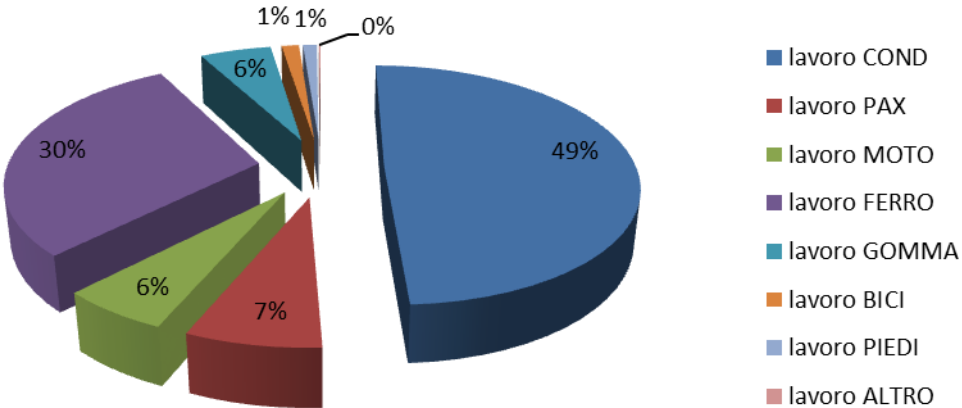


# Flussi per lavoro **verso** Milano

Fascia oraria 00:00-23:59

	00:00-23:59
lavoro COND	206260
lavoro PAX	30383
lavoro MOTO	24720
lavoro FERRO	124532
lavoro GOMMA	22592
lavoro BICI	5505
lavoro PIEDI	4439
lavoro ALTRO	627
	419058

00:00-23:59



# Flussi autovetture verso Milano

Fascia oraria 00:00-23:59

In termini di distanze, il complesso di percorsi significa circa **7 milioni di km** in un giorno medio feriale, per un percorso medio di 21.2 km (in linea d'aria).

Se si utilizzano le indicazioni dell'EPA (\*), si ha un totale di **1808 tonnellate** di emissioni giornaliere di CO<sub>2</sub>.

VERSO MILANO	n. percorsi	tot. km	distanza media km	emissione CO2 t
lavoro	206260	4411622	21.4	1127
occasionale	24088	707560	29.4	181
affari	11259	223082	19.8	57
rientri	83354	1489535	17.9	380
studi	8703	245931	28.3	63
TOTALE	333663	7077731	21.21	1808

(\*) Cfr. EPA United States Environmental Agency Protection, *Greenhouse Gas Emissions from a Typical Passenger Vehicle* EPA-420-F-14-040° May 2014



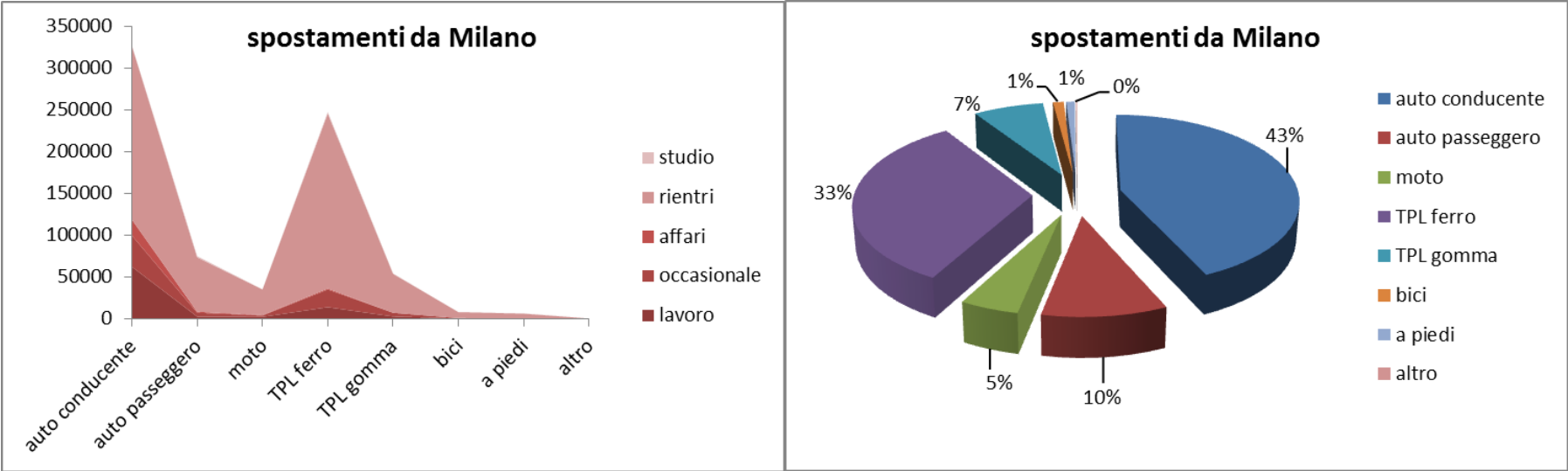
# Flussi totali da Milano

Fascia oraria 00:00-23:59

Per quanto riguarda le modalità, i dati naturalmente non sono dissimili dai precedenti. Il trasporto su gomma (privato e pubblico) copre il **55%** degli spostamenti da Milano di contro ad un 33% della ferrovia. Prevale ora largamente il motivo «**rientro a casa**».

Abbiamo ora **1 passeggero per ogni 4.34 conducenti** di autovettura ...

DA MILANO	auto conducente	auto passeggero	moto	TPL ferro	TPL gomma	bici	a piedi	altro
lavoro	62534	2904	2597	14133	3075	649	389	119
occasionale	37348	4644	1648	21126	4465	448	122	0
affari	19044	1218	554	1299	15	95	39	0
rientri	207331	64999	30542	209112	46441	7101	5992	588
studio	464	1410	75	1663	513	42	103	0
	326721	75176	35416	247334	54509	8335	6645	707



# Flussi autovetture da Milano

Fascia oraria 00:00-23:59

Le distanze percorse sono ora **6.8 milioni di km** in un giorno medio feriale, per un percorso medio di 20.7 km (in linea d'aria).

Le emissioni di CO2 si possono stimare in **1730 t**.

DA MILANO	n. percorsi	tot. km	distanza media km	emissione CO2 t
lavoro	62534	1061336	16.97	271
occasionale	37348	713351	19.10	182
affari	19044	336569	17.67	86
rientri	207331	4638658	22.37	1185
studi	464	22492	48.47	6
TOTALE	326721	6772406	20.73	1730

# Flussi autovetture da e verso Milano

Fascia oraria 00:00-23:59

In totale si tratta di **13.9 milioni di km** in un giorno medio feriale, per un percorso medio di 21 km (in linea d'aria).

Le emissioni **quotidiane** complessive di CO2 – per il sottoinsieme di flussi che gravitano attorno a Milano - si possono stimare in **3537 t**.

VERSO E DA MILANO	n. percorsi	tot. km	distanza media km	emissione CO2 t
lavoro	268794	5472958	20.4	1398
occasionale	61436	1420911	23.1	363
affari	30303	559651	18.5	143
rientri	290685	6128193	21.1	1565
studi	9167	268423	29.3	69
TOTALE	660385	13850137	21.0	3537

# Lavoro e orario di punta. Direzione: **verso** e **da** Milano

Fascia oraria 07:30-09:30

VERSO MILANO	auto conducente	auto passeggero	moto	TPL ferro	TPL gomma	bici	a piedi	altro
07:30-09:30	134406	19800	16109	81151	14724	3588	2893	410
00:00-23:59	206260	30383	24720	124532	22592	5505	4439	627
%	65.16	65.17	65.17	65.16	65.17	65.17	65.16	65.39

DA MILANO	auto conducente	auto passeggero	moto	TPL ferro	TPL gomma	bici	a piedi	altro
07:30-09:30	40751	1893	1693	9211	2004	423	254	78
00:00-23:59	62534	2904	2597	14133	3075	649	389	119
%	65.17	65.19	65.18	65.17	65.18	65.18	65.19	65.42

**Il 65% degli spostamenti per lavoro verso e da Milano si concentra nella fascia critica 07:30 – 09:30.**

Tra le 7.30 e le 9.30 di un giorno feriale medio **una superficie semovente di** (almeno) **109 ettari si presenta alle porte di Milano ...**

# **L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO**

Fonte: ARPA



# I protagonisti

In precedenza ci siamo occupati delle autovetture e delle emissioni che contribuiscono innanzi tutto all'effetto serra. Non si può tuttavia parlare soltanto di «auto» a proposito dell'inquinamento ambientale; occorre invece prendere in considerazione l'intero «**sistema auto**», che comprende anche i processi di raffinamento del petrolio dai quali si ricavano i carburanti necessari.

Nel seguito si considereranno 5 tra gli inquinanti maggiormente connessi a tale sistema: **il diossido di zolfo, il monossido di carbonio, il diossido di azoto, il particolato PM 10 ed il suo sottoinsieme PM 2.5**, e la loro presenza nell'atmosfera nel periodo tra l'inizio di gennaio 2015 (2014 per il PM 10) e la fine dello scorso febbraio. Un periodo sufficientemente ampio per ricavare indicazioni utili.

Le sorgenti principali per ciascun inquinante sono:

- **diossido di zolfo: combustione di prodotti organici di origine fossile contenenti zolfo, impianti di riscaldamento**
- **monossido di carbonio: combustione non industriale e trasporto su strada**
- **diossido di azoto: trasporto su strada**
- **PM 10 / PM 2.5: combustione non industriale e trasporto su strada.**

**PM 10** (e il sottoinsieme **PM 2.5**) - A causa della sua composizione, il particolato presenta una tossicità che non dipende solo dalla quantità in massa ma dalle caratteristiche fisico-chimiche; la tossicità viene amplificata dalla capacità di assorbire sostanze gassose come gli IPA (idrocarburi policiclici aromatici) e i metalli pesanti, di cui alcuni sono potenti agenti cancerogeni.

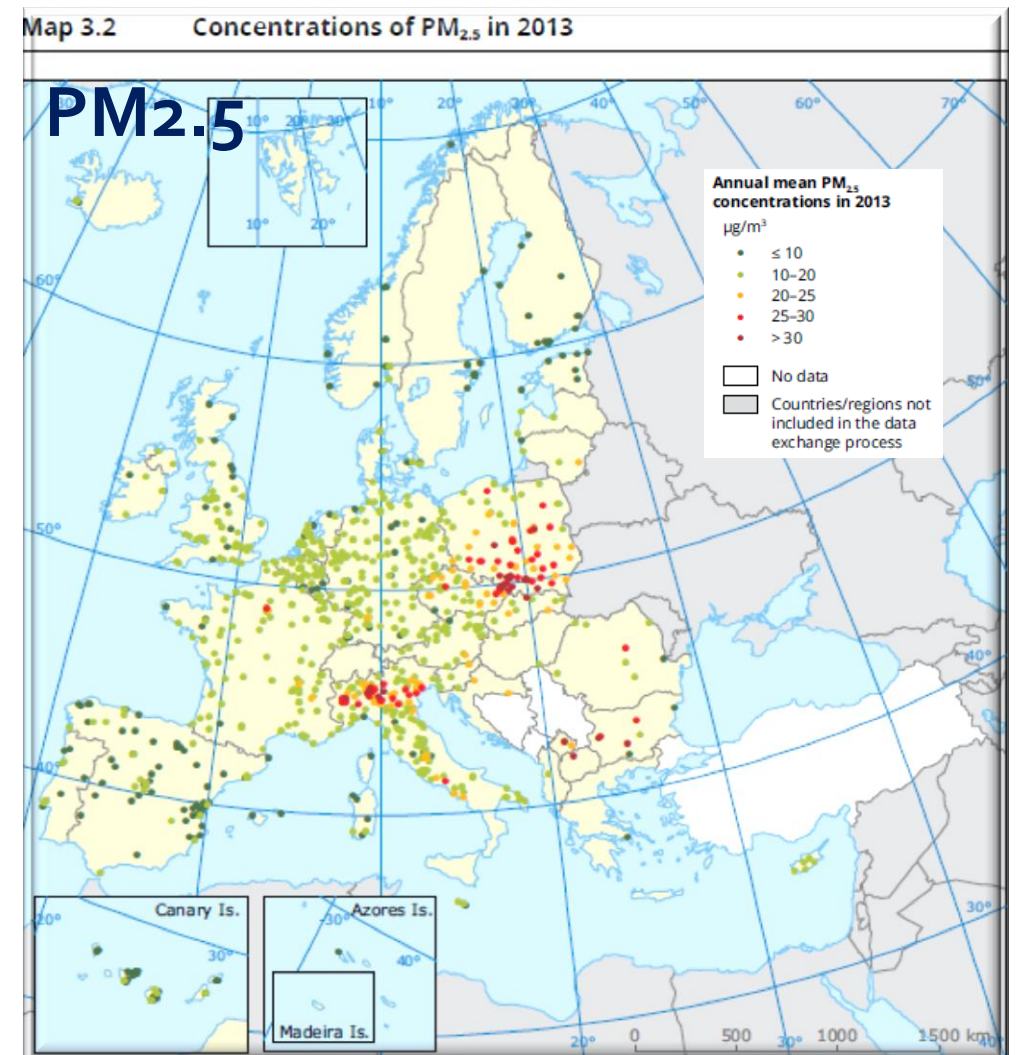
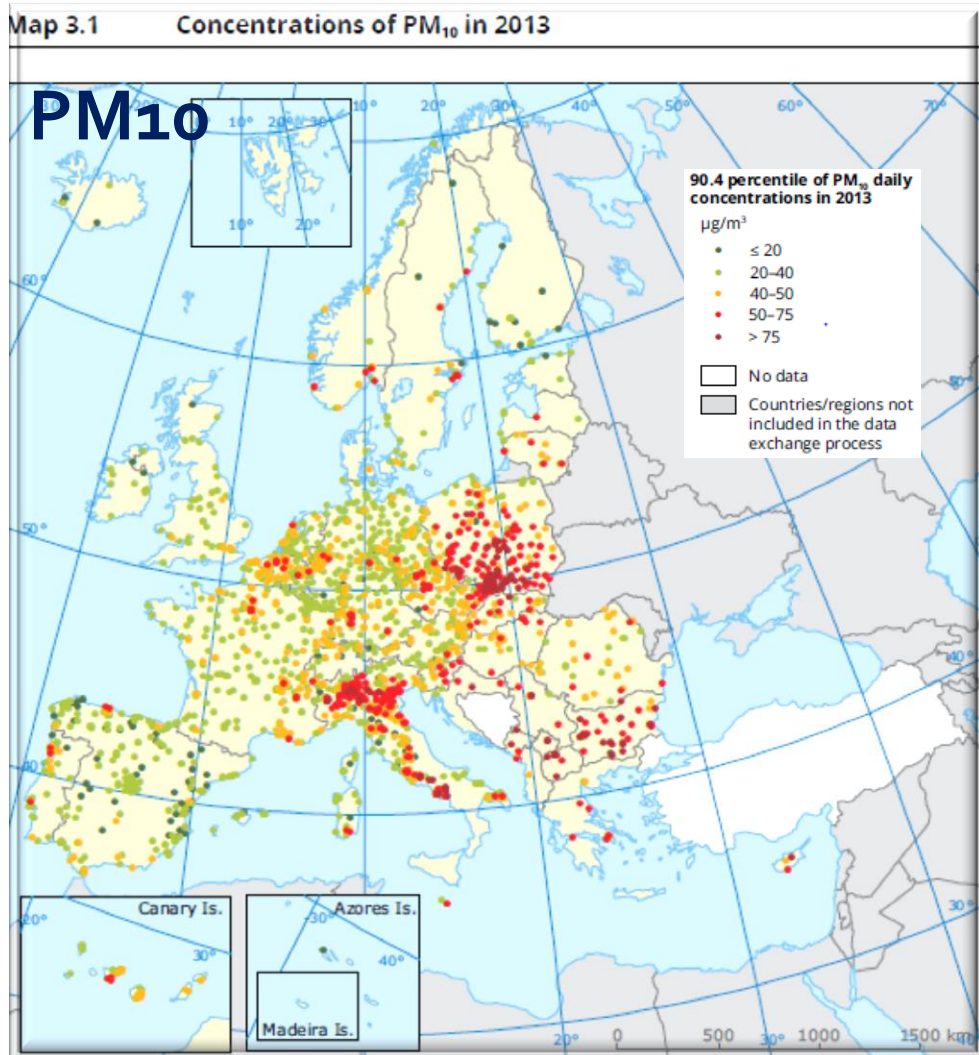
Il **diossido di zolfo SO<sub>2</sub>** è un **inquinante primario**. Gli effetti registrati ai danni della salute umana variano a seconda della concentrazione e del tempo di esposizione, e vanno da irritazioni a occhi e gola già a basse concentrazioni, a patologie dell'apparato respiratorio.

Il **monossido di carbonio CO** può venire assunto dall'organismo umano per via inalatoria, ha la capacità di legarsi con l'emoglobina in quanto ha una maggiore affinità rispetto all'O<sub>2</sub>, e forma con essa carbossiemoglobina, riducendo così la capacità del sangue di trasportare ossigeno ai tessuti. Gli effetti nocivi sono quindi riconducibili ai danni causati dall'ipossia a carico del sistema nervoso, cardiovascolare e muscolare, comportando una diminuzione delle funzionalità di tali apparati.

Gli NOX, ed in particolare il **diossido di azoto NO<sub>2</sub>**, sono gas nocivi per la salute umana in quanto possono provocare irritazioni delle mucose, bronchiti e patologie più gravi come edemi polmonari. I soggetti più a rischio sono i bambini e le persone già affette da patologie all'apparato respiratorio.

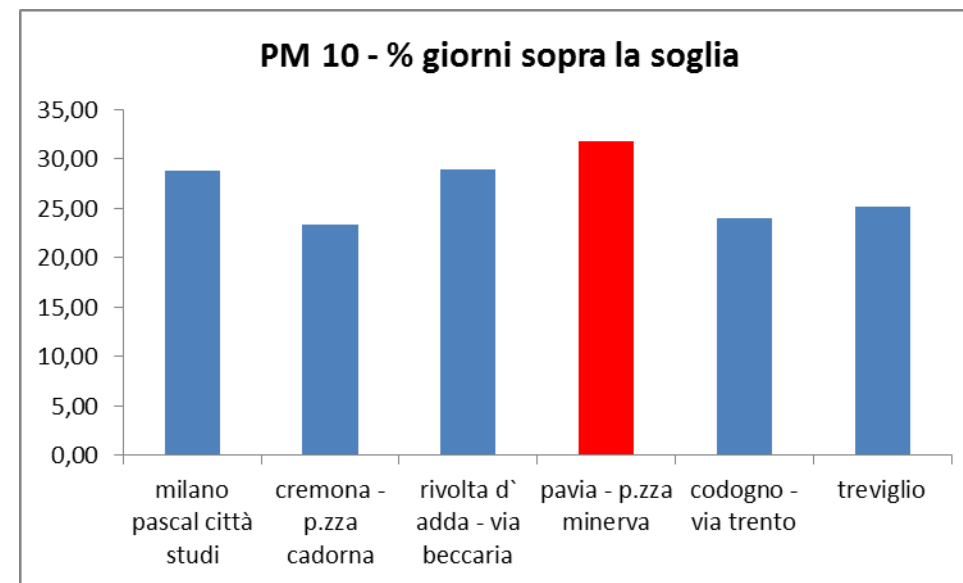
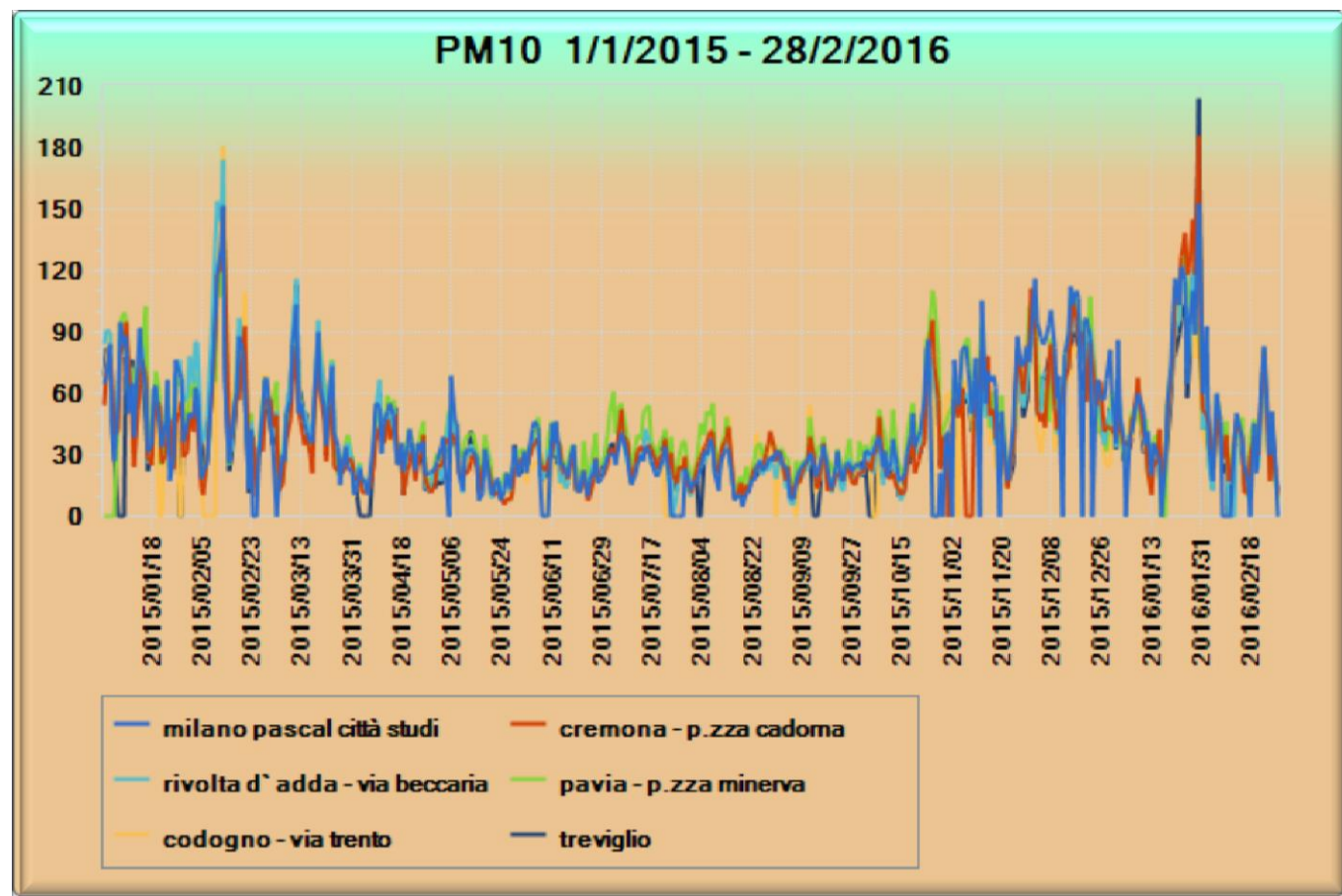
# Un primato poco invidiabile

Secondo l'ultimo rapporto della EEA (l'Agenzia europea per l'ambiente -2015), se si prescinde dall'Europa orientale, alla pianura padana – e in particolare alla Lombardia – spettano **le più alte concentrazioni di particolato**.



# PM 10 - Due grafici inquietanti

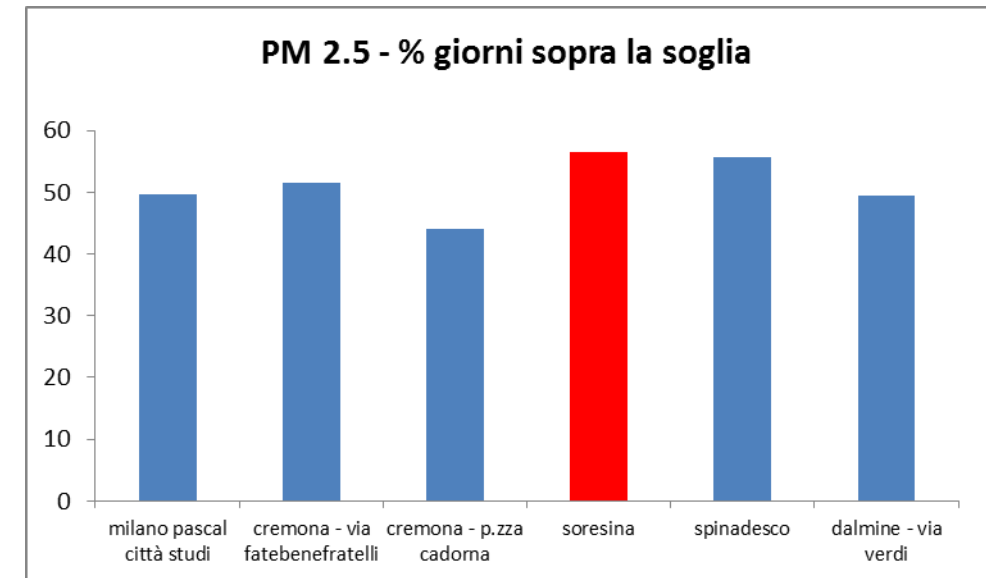
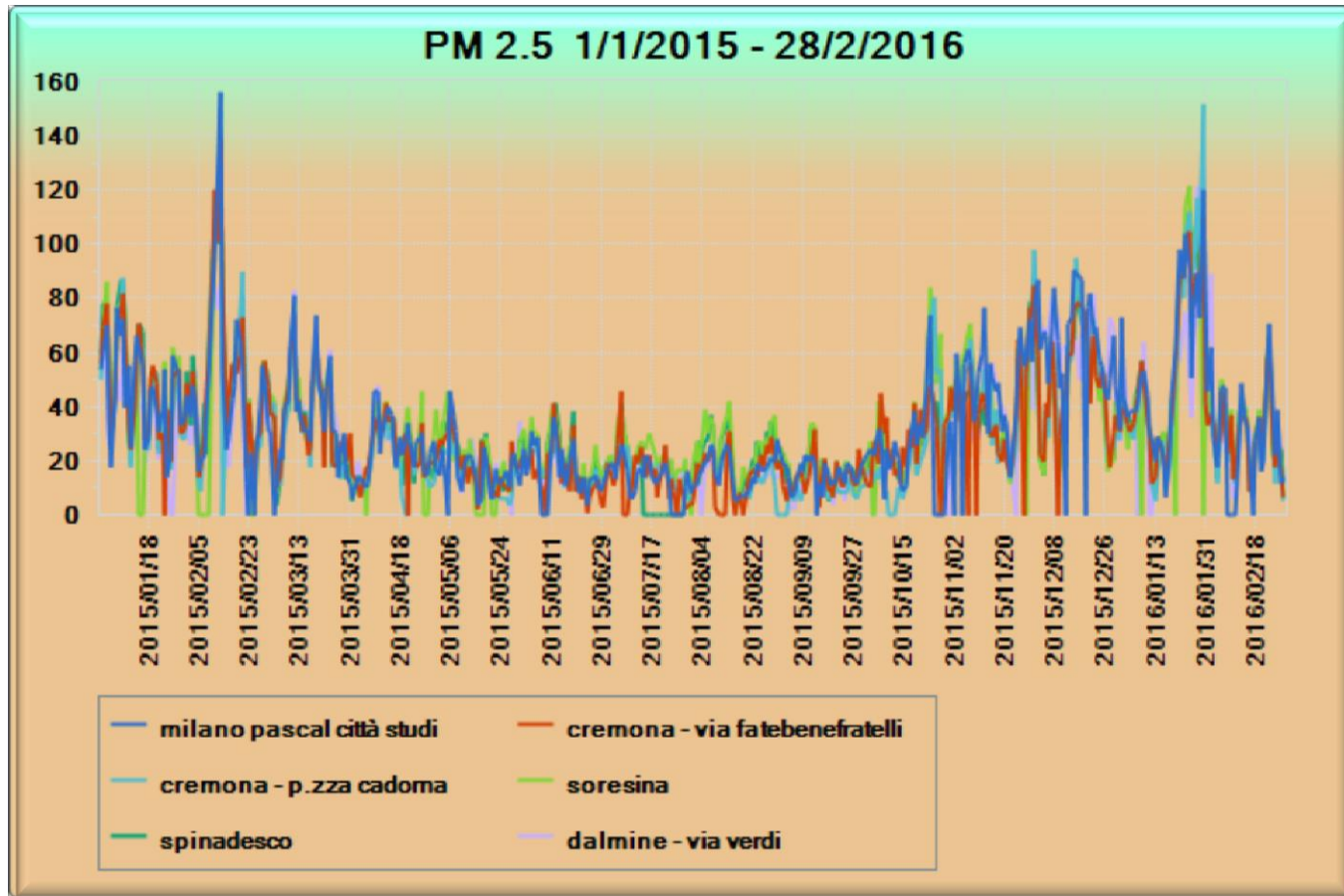
I grafici si riferiscono al periodo 1/1/2015-28/2/2016 (i valori nulli corrispondono al mancato funzionamento delle stazioni). Come si vede, a **Treviglio** si è toccata addirittura la punta di **204: 4 volte la soglia** indicata da ARPA. Inoltre **a Pavia, Rivolta d'Adda e Milano per il 30% dell'intero periodo i valori riscontrati hanno superato la soglia** di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .





# PM 2.5 – Come sopra ...

Di nuovo valori preoccupanti: **156 a Milano via Pascal**, **154 a Cremona piazza Cadorna**: **6 volte la soglia** di  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Quest'ultima è superata in una % di casi ben maggiore che per il PM 10: **56%** a **Soresina** e **Spinadesco**, 52% a Milano ...

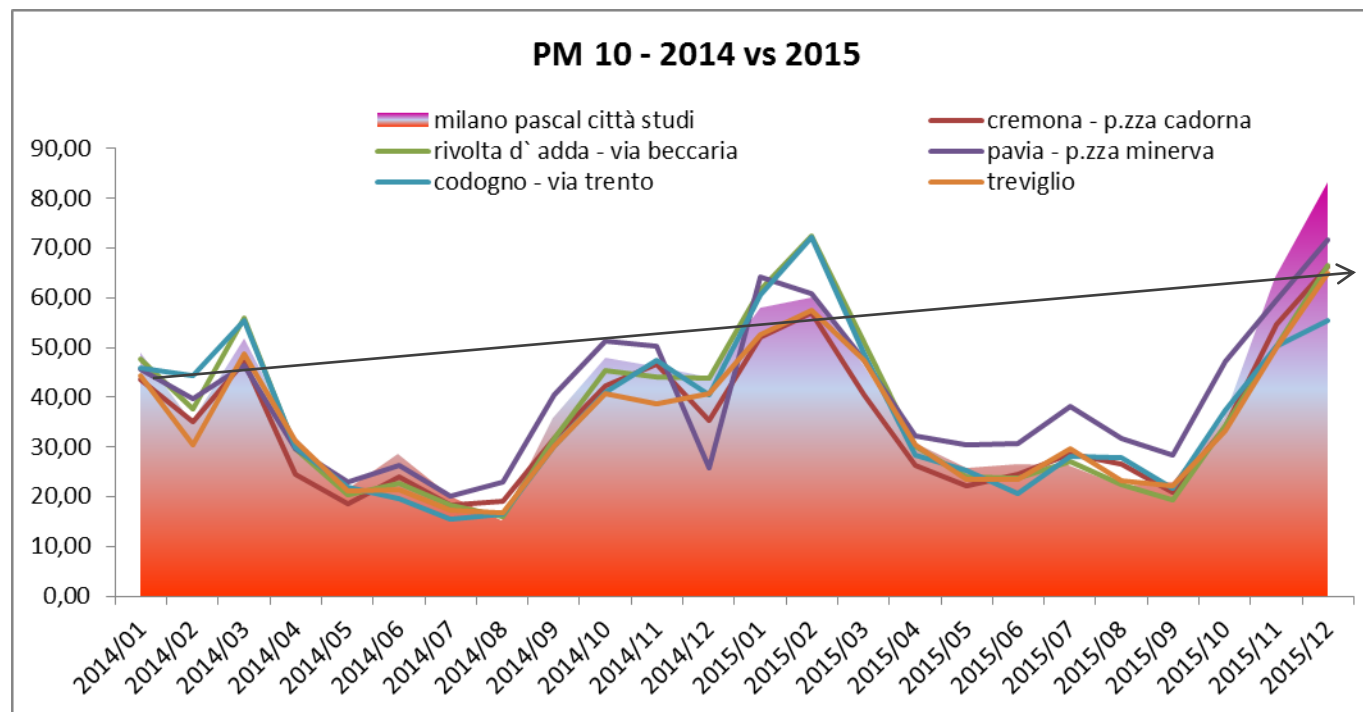




# PM 10 - Un altro grafico inquietante

Qui sotto sono rappresentati i livelli medi mensili di PM 10 rilevati dalle 5 stazioni ARPA analizzate precedentemente. Indubbiamente 2 anni sono un periodo breve per trarre conclusioni definitiva; **difficile tuttavia ignorare il trend crescente** suggerito dalla figura. Sarà perciò opportuno monitorare assiduamente l'evoluzione del PM 10, che presenta un caratteristico profilo stagionale.

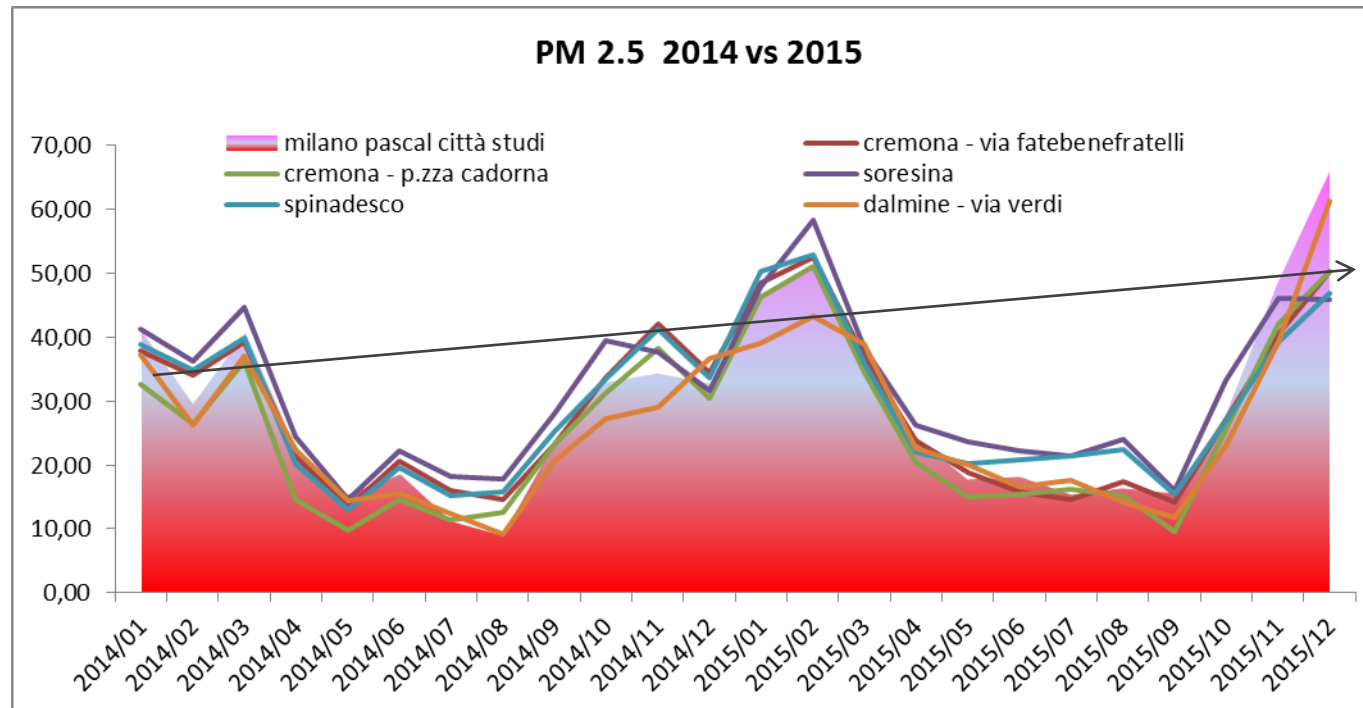
Quanto alle collocazioni geografiche, 4 interessano l'area **lodigiana / cremonese / pavese**; una Milano e l'ultima la provincia di Bergamo.



# PM 2.5 – Come sopra ...

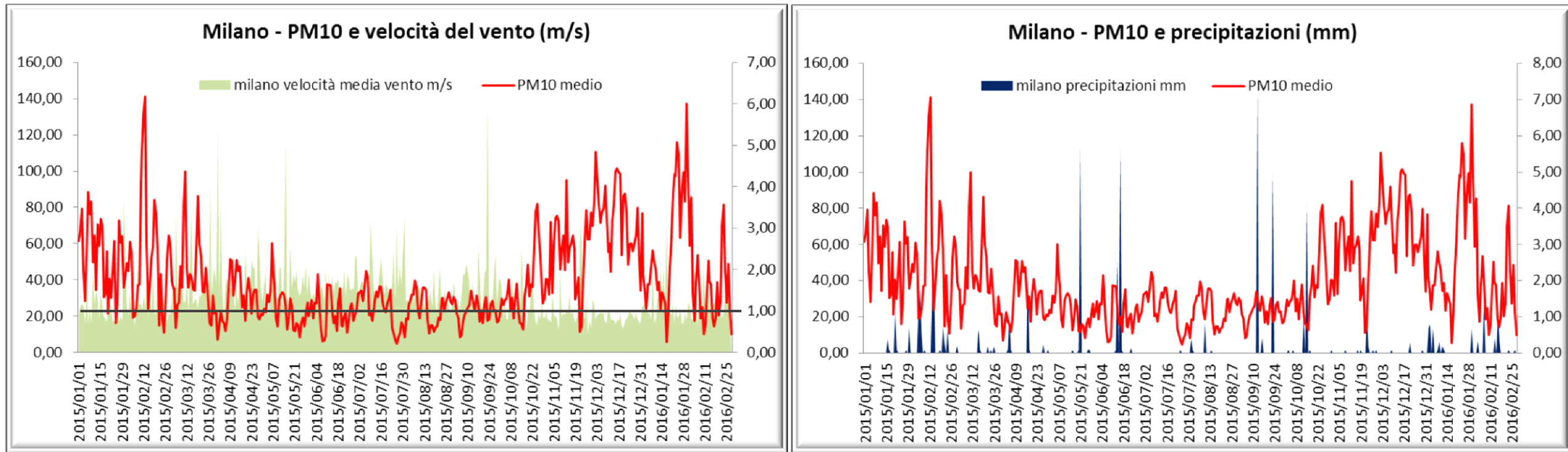
Anche in questo caso vi sono indizi a favore di un trend crescente.

Quanto alle collocazioni geografiche, 4 interessano l'area **cremonese**; una Milano e l'ultima la provincia di Bergamo.



# PM 10: possiamo contare sugli agenti atmosferici? Il caso di Milano

Fascia oraria 09:00-12:00

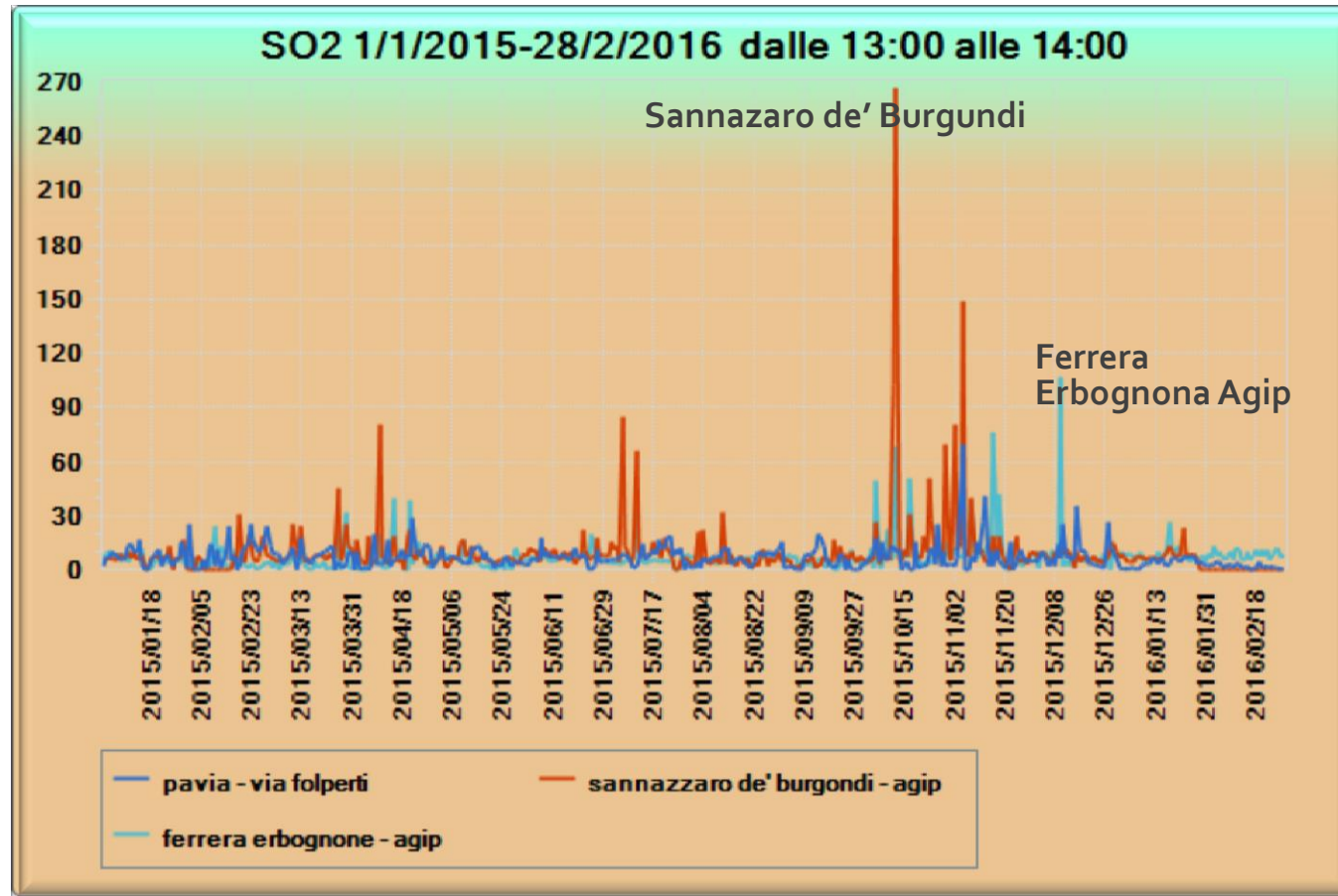


Nel caso di Milano la risposta è eloquente. Nella fascia oraria considerata la velocità massima del vento si aggira attorno ai 6 m/s, che equivalgono a 21.6 km/ora, o 11.6 nodi. Per lo più la velocità è di circa 1 m/s, ovvero **3.6 km/ora: il passo di un tranquillo pedone**. Quanto alle precipitazioni, tendono ad essere rade ed intense. **In nessun caso perciò possiamo attenderci una soluzione «naturale» al problema del PM 10.**

# Diossido di zolfo SO<sub>2</sub> – Rilevamenti orari

Secondo ARPA, il limite giornaliero (125 µg/m<sup>3</sup>) non deve essere superato più di 3 giorni all'anno.

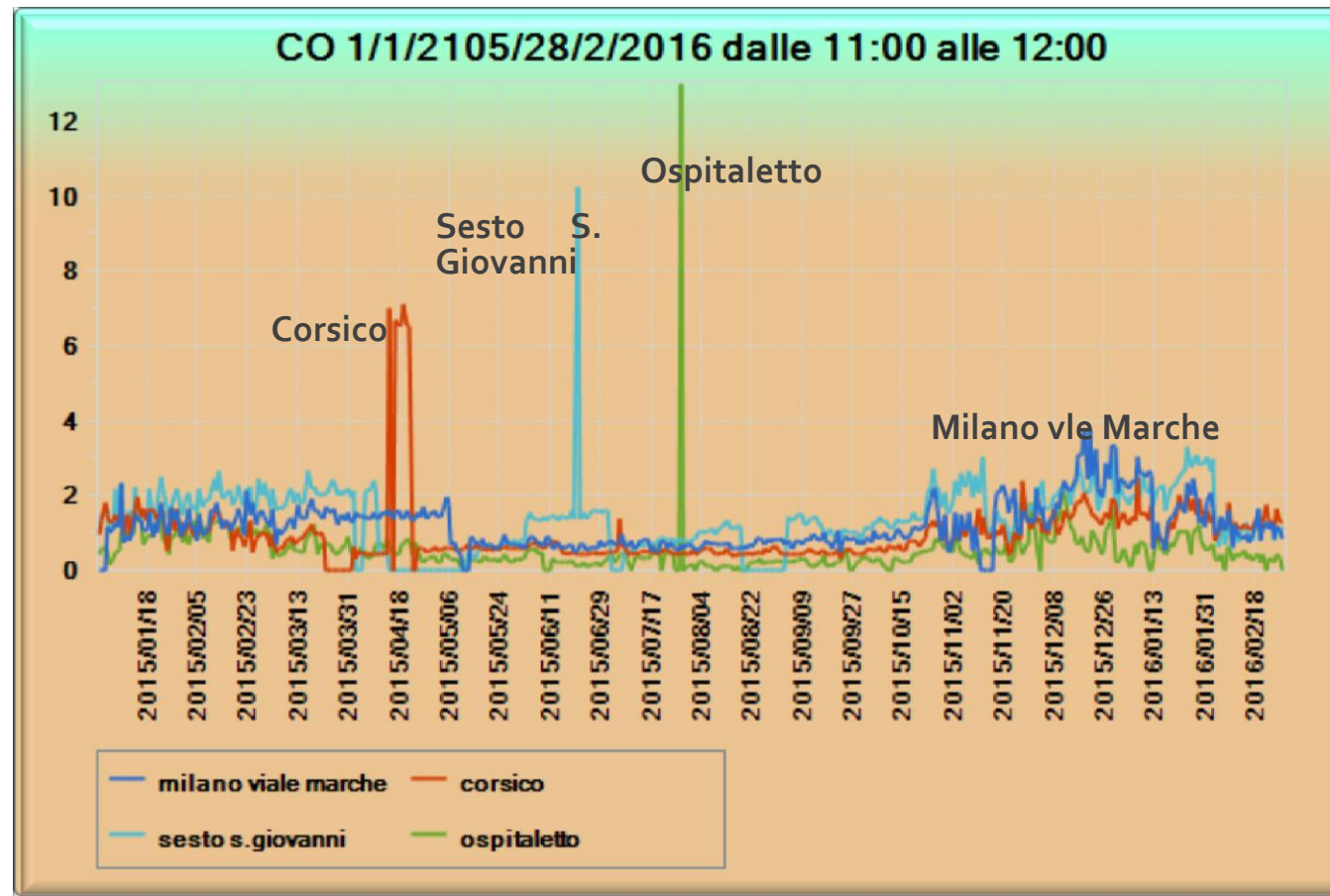
Le 3 stazioni maggiormente critiche (Sannazaro de' Burgundi, Ferrera Erbognone AGIP e Pavia via Folperti) si trovano **tutte in territorio pavese**. **Sannazaro de' Burgundi fa registrare picchi davvero impressionanti ...**



# Monossido di carbonio CO – Rilevamenti orari

Secondo ARPA, il limite giornaliero è di 10 mg/m<sup>3</sup> come media mobile di 8 ore.

La concentrazione più elevata si è osservata a **Ospitaletto**, **Sesto S. Giovanni** e **Corsico**.

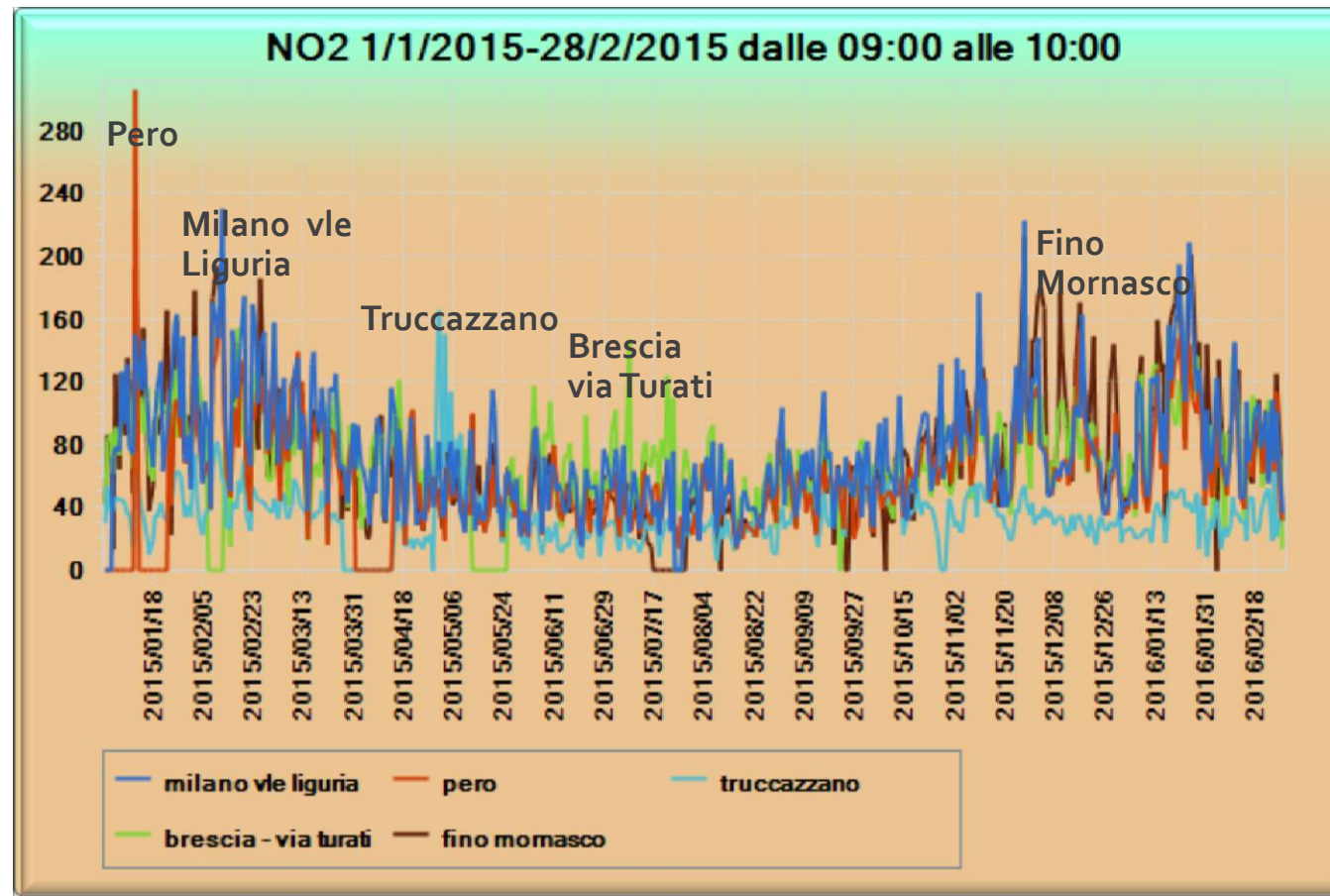




# Diossido di azoto NO<sub>2</sub> – Rilevamenti orari

Secondo ARPA, la soglia di allarme è data da 400 µg/m<sup>3</sup> misurati su tre ore consecutive

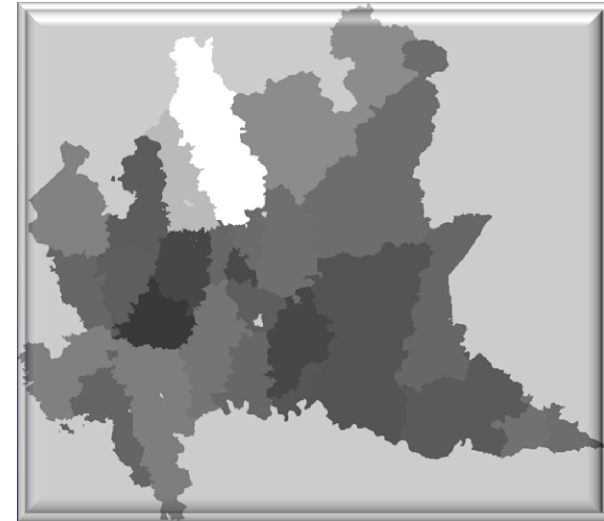
A **Pero** è stato toccato il massimo di 300 µg/m<sup>3</sup>.



# Per concludere ...

La principale indicazione che emerge dall'analisi dei dati giornalieri consiste nella grandissima differenza tra SO<sub>2</sub>, CO da un lato e NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> (PM 2.5) dall'altro per quanto riguarda la distribuzione sul territorio lombardo. Nel primo caso siamo di fronte a concentrazioni territorialmente circoscritte, e riconducibili per lo più a cause locali. Diverso è il caso della presenza di diossido di azoto, che nel 2015 appare riconducibile ai principali flussi del traffico regionale su gomma. Infine il **PM 10** – **come il PM 2.5** - presenta una configurazione territoriale tutt'affatto speciale. Esso **«ricopre» come una coltre uniforme e pesante tutta l'area pedemontana e della pianura**. Poco o nulla possono fare gli agenti atmosferici per diradarla o allontanarla: e questo significa il probabile futuro incremento dei livelli di concentrazione, derivante da un processo di accumulo che allo stato attuale sembra difficile arrestare.

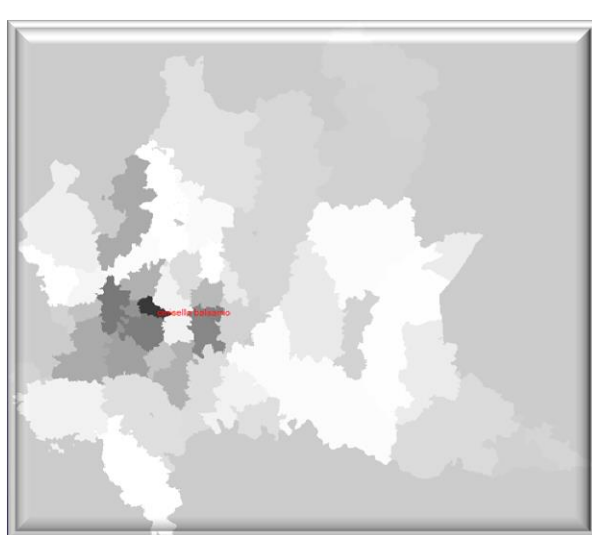
PM 2.5



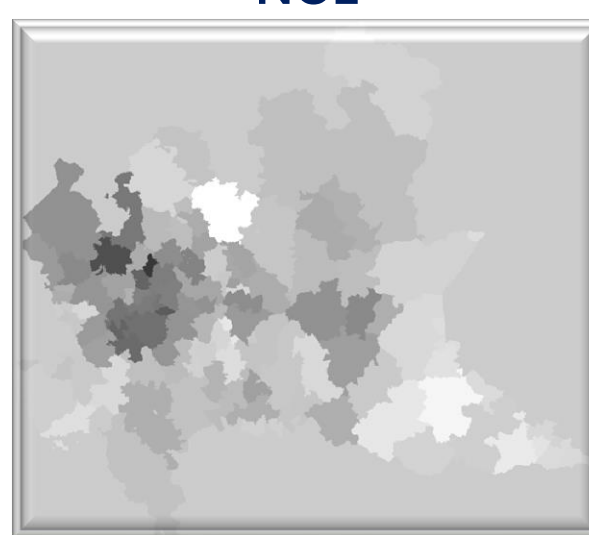
SO<sub>2</sub>



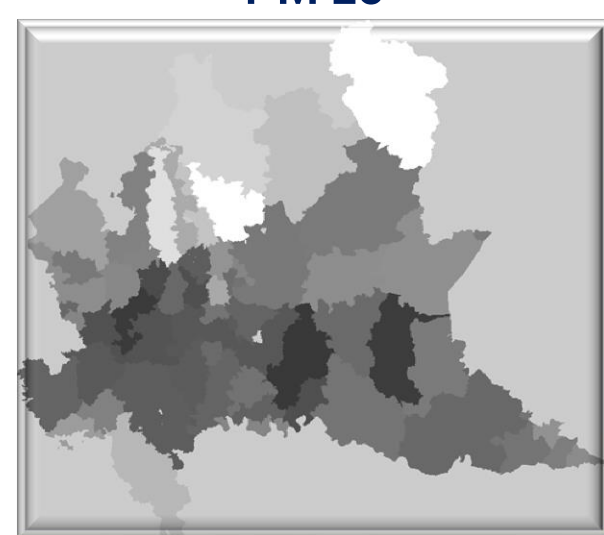
CO



NO<sub>2</sub>



PM 10



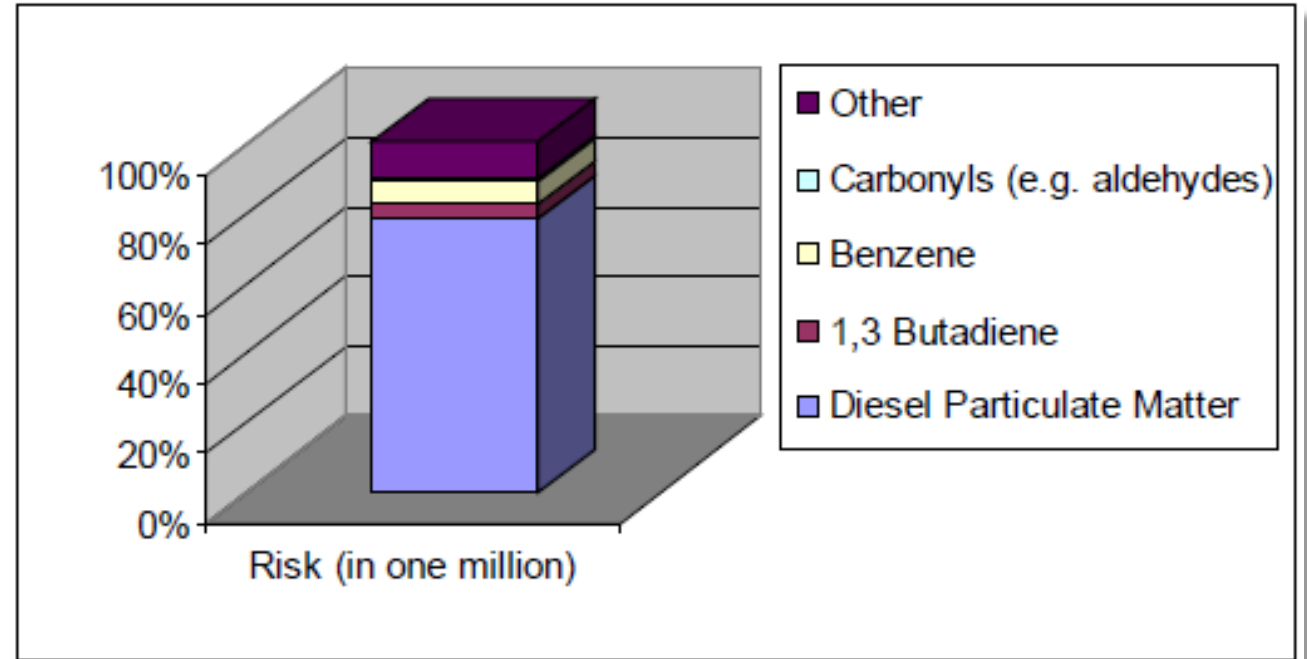
# **LA SALUTE: UGUALE PER TUTTI?**

Fonte: ISTAT

# Innanzitutto: l'inquinamento atmosferico è davvero patogeno?

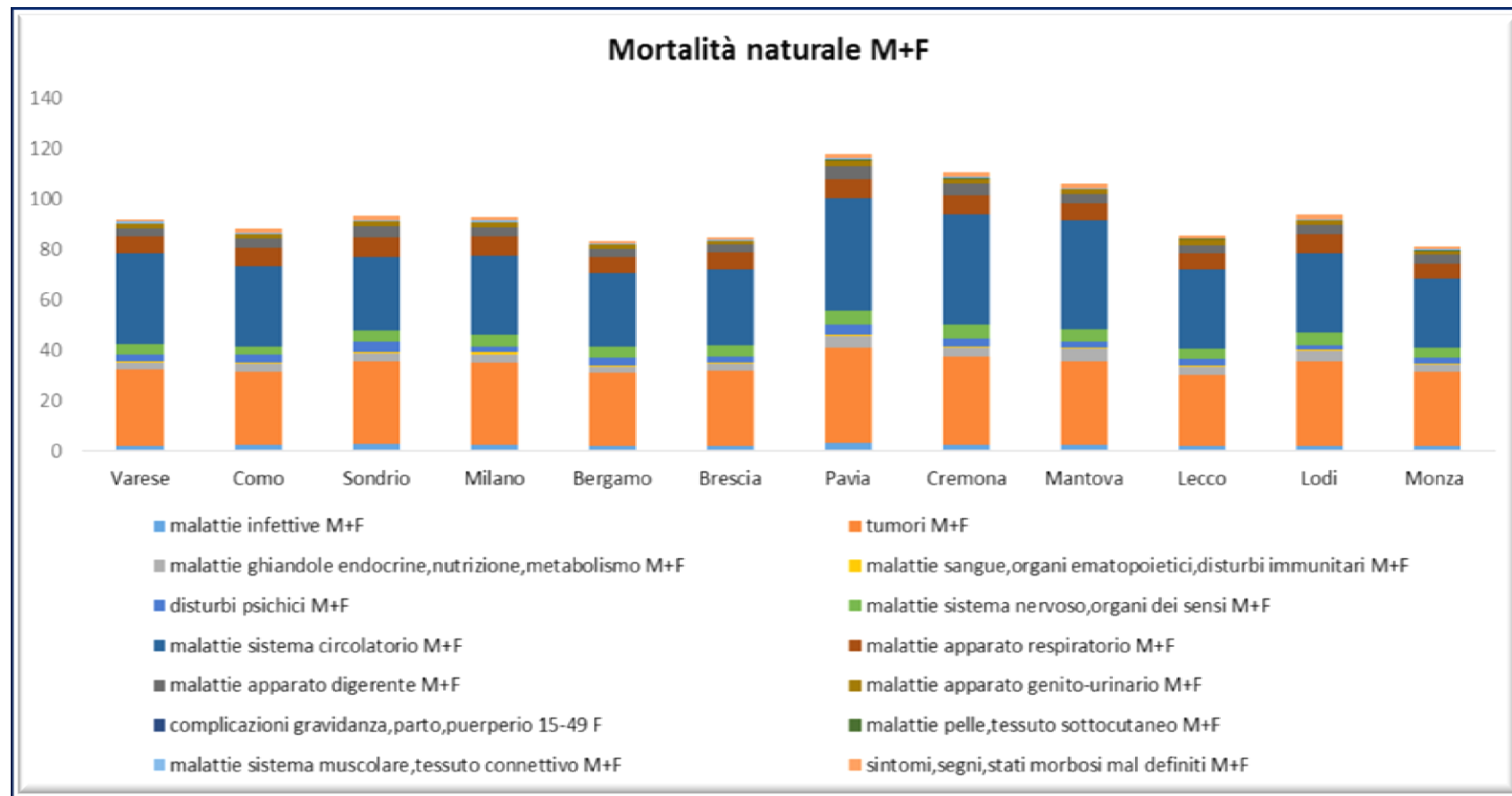
Ogni giorno immettiamo nei nostri polmoni circa 10.000 litri d'aria, con quanto essa contiene. Di conseguenza i polmoni ricevono una dose significativa di inquinanti atmosferici. **Tra questi vi sono agenti carcinogeni**, come mette in evidenza il documento IARC dal titolo *Air Pollution and Cancer*.

In particolare, lo studio MATES-II study ha accertato che **la componente PM prodotta dal diesel** rappresenta di gran lunga il maggiore fattore di rischio nell'area di Los Angeles.



# Mortalità naturale MF – Lombardia: quadro per provincie

- Tumori, malattie al sistema circolatorio e ischemiche del cuore raggiungono in specie a Pavia – ma anche a Cremona e Mantova – livelli assai più elevati che altrove: 37.7‰ per i tumori a Pavia rispetto a 28.5‰ a Lecco, 44.7‰ per le malattie al sistema circolatorio sempre a Pavia (contro il 27.3‰ a Monza), 15.1‰ per le malattie ischemiche a Mantova rispetto al 9.5‰ di Monza ...
- Possiamo perciò indicare **Pavia, Cremona e Mantova** come «aree critiche» sotto il profilo della salute ....



Sia pure con tutte le necessarie cautele, è difficile ora dimenticare gli impressionanti picchi di SO<sub>2</sub> nell'area pavese.

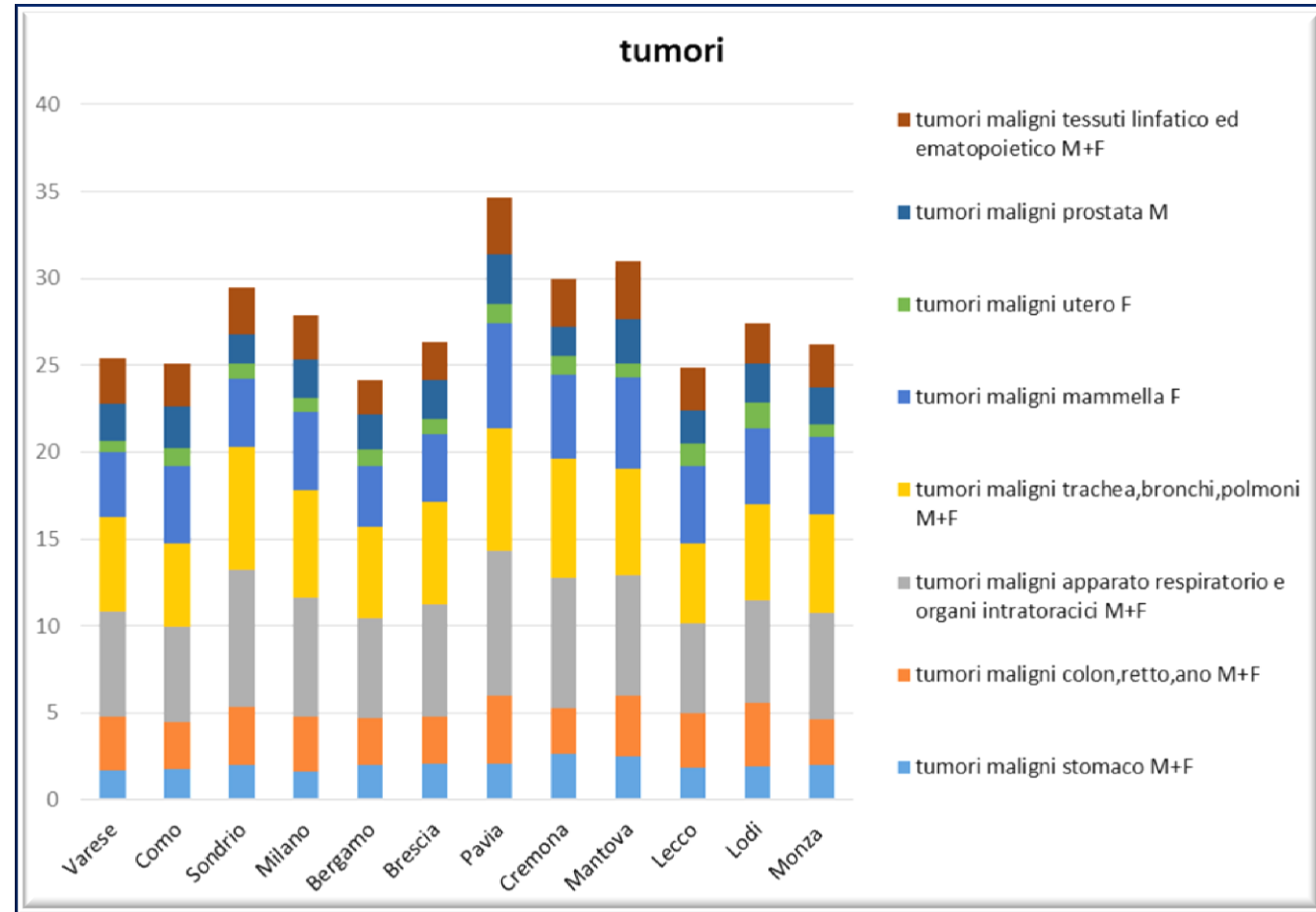




# Tipologie di tumori MF – Lombardia: quadro per provincie

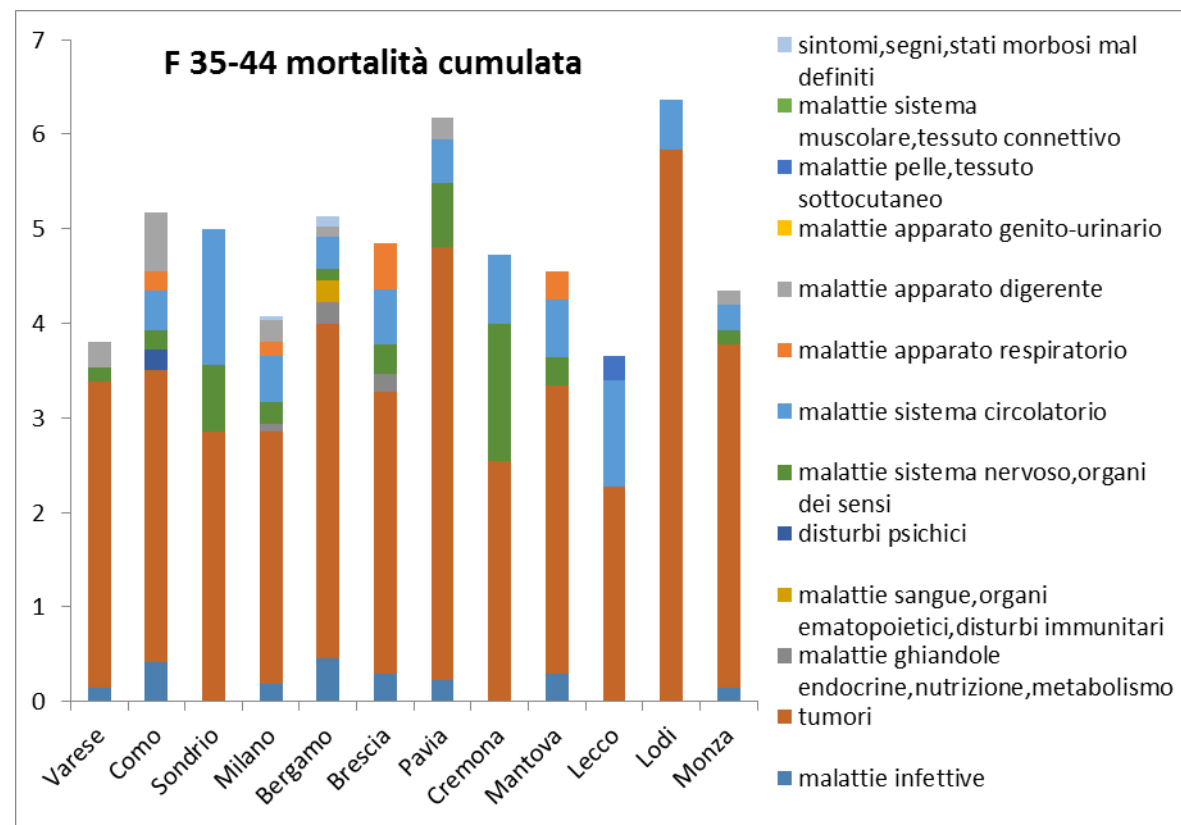
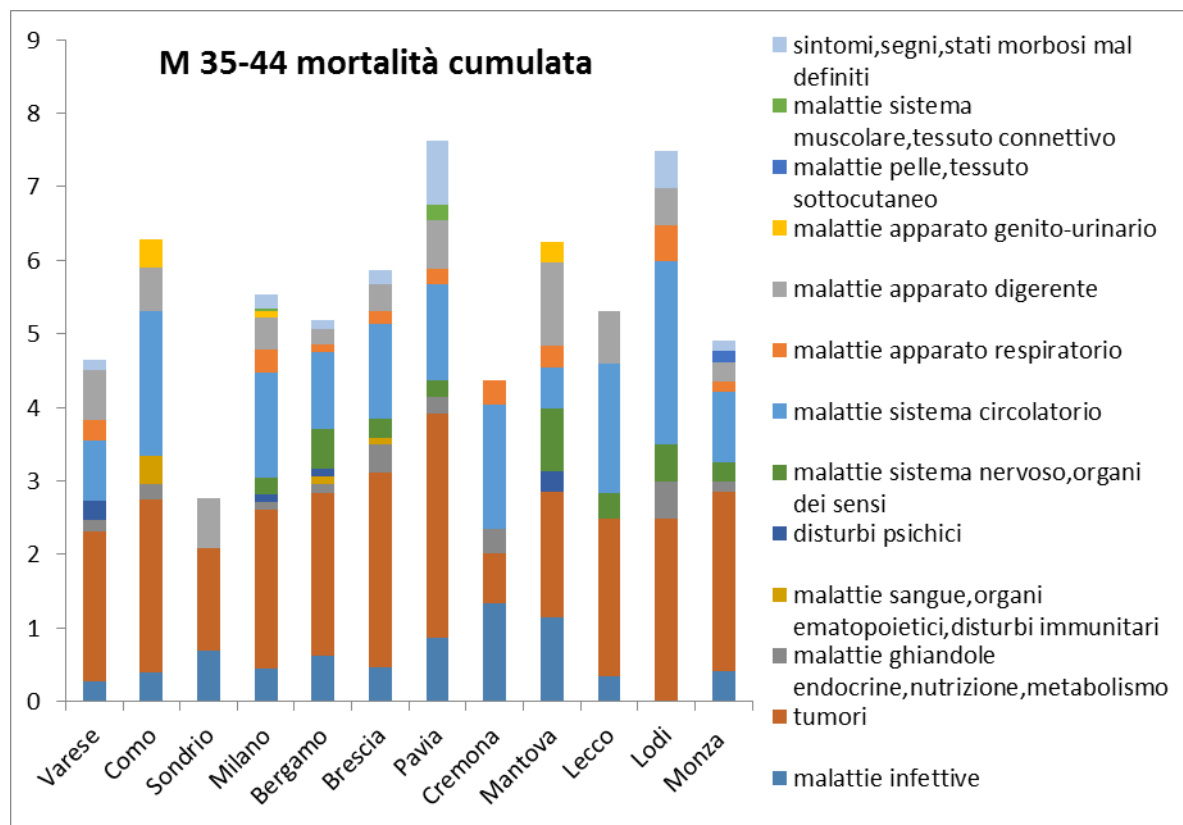
- **A Pavia** spettano svariati, poco invidiabili primati della mortalità per tumori: all'apparato digerente, a quello respiratorio, alla mammella, alla prostata e ai tessuti linfatici.
- Seguono in questa triste graduatoria **Mantova** e **Cremona**; da segnalare infine il tasso di tumori all'apparato respiratorio a **Sondrio** (14.89%):

	apparato digerente	apparato respiratorio	mammella F	utero F	prostata M	tessuti linfatico ed ematopoietico M+F
Varese	4.76	11.52	3.68	0.66	2.14	2.61
Como	4.45	10.32	4.43	0.99	2.39	2.52
Sondrio	5.38	14.89	3.98	0.86	1.69	2.69
Milano	4.76	13.04	4.54	0.82	2.18	2.5
Bergamo	4.67	11.03	3.51	0.94	2.02	1.94
Brescia	4.75	12.37	3.87	0.9	2.25	2.22
Pavia	6.01	15.37	6.05	1.11	2.82	3.28
Cremona	5.27	14.34	4.83	1.09	1.7	2.77
Mantova	6.02	13.01	5.26	0.81	2.54	3.38
Lecco	5.02	9.73	4.47	1.28	1.87	2.51
Lodi	5.54	11.44	4.36	1.48	2.25	2.35
Monza	4.6	11.8	4.44	0.79	2.06	2.52



# Mortalità naturale «precocemente»: MF 35 -44 – quadro per provincie

Per entrambi i sessi **Pavia** e **Lodi** si costituiscono come le aree maggiormente critiche, seguite a distanza da **Como**. Due circostanze colpiscono nella lettura dei grafici: da un lato **l'incidenza incredibilmente maggiore delle forme tumorali nel sesso femminile**; dall'altro la **grandissima disomogeneità** dei valori. Ad esempio, il tasso cumulato maschile per Pavia (7.6‰) è il triplo di quello determinato per Sondrio (2.8‰).



# Concomitanze?

Circoscriviamo l'analisi al sesso femminile, alla fascia di età 35-44 e all'area Cremona / Lodi / Mantova / Pavia. Limitiamoci a prendere in considerazione i coefficienti di correlazione tra la mortalità per tumori e le emissioni dei principali inquinanti. Innanzi tutto è da segnalare l'assenza di correlazioni significative dirette con l'inquinamento prodotto «trasporto su strada», la cui complessa azione si esplica soprattutto attraverso le conseguenze dell'effetto serra. Nel caso in esame la sorgente maggiormente «correlata» è quella costituita dalle **emissioni da processi di raffinazione** (sistema auto) **ecc. e da combustione non industriale**. Tutte le correlazioni con tumori ai tessuti linfatici ed emopoietici sono significative. Prescindendo da queste, si osservi che

- SO2 è correlato con i tumori all'apparato respiratorio
- gli NOx, CO e CO2 sono correlati con i tumori all'apparato digerente
- i particolati sono correlati con tutte le forme tumorali comprese nella tabella.

F 35-44 Cremona Lodi Mantova Pavia	inquinante	tumori apparato digerente	tumori maligni colon retto ano	tumori maligni apparato respiratorio e organi intratoracici	tumori maligni trachea bronchi polmoni	tumori maligni tessuti linfatico ed ematopoietico
produzione energia e trasformazione combustibili	SO2			0.3080	0.3174	0.2143
	NOx	0.2115	0.1910		0.1510	0.2487
	CO	0.3065	0.2968		0.1464	0.3113
	CO2	0.3144	0.3433			0.3044
	PM2.5	0.2402	0.1258	0.2282	0.2743	0.3130
	PM10	0.2402	0.1258	0.2282	0.2743	0.3130
	PTS	0.2391	0.1243	0.2288	0.2747	0.3124

- LEGENDA.
- azzurro scuro:  $p < 0.00001$
  - azzurro medio:  $p < 0.0001$
  - azzurro chiaro:  $p < 0.001$

# Per concludere: il costo della mortalità naturale «precocce» per tumore

Anche a prescindere dai fattori scatenanti, le morti naturali «precoci» costituiscono per la società una perdita della quale è opportuno essere consapevoli. Restringiamo l'attenzione al campo dei tumori: se applichiamo i tassi di mortalità elaborati dall'ISTAT dobbiamo mediamente attenderci in un anno **5775** decessi prematuri (in età tra 0 e 44), di cui **2708** maschi e **3068** femmine. Naturalmente questi decessi **sono imputabili a tutte le cause**: fumo, alcool, inquinamento ecc.

La risposta alla domanda: *quanto costano alla società i 5775 casi di morti premature per tumore?* abbraccia due ambiti di analisi differenti.

**Il primo riguarda il costo del trattamento sanitario**, sia farmacologico che ospedaliero. Secondo un calcolo del Censis, basato su dati *Economist Intelligent Unit*, 2010 il costo unitario delle patologie tumorali si aggirerebbe attorno a 26.000 Euro l'anno: una stima probabilmente ottimistica.

**Più complesso è invece il calcolo relativo al secondo tipo di costo**, rappresentato dalla perdita di «capitale umano» che si determina a motivo di una morte prematura. Si tratta in questo caso del complesso di "conoscenze, abilità, competenze e [degli] altri attributi degli individui che facilitano la creazione di benessere personale, sociale ed economico" (Ocse, 2001, p.18) e che l'insorgere prematuro della malattia sottrae alla società. A questo proposito si ricorda che l'Istat stimava per il 2008 il capitale umano – relativamente alla fascia di età 15-34 - in **762 mila** euro pro-capite per la fascia di istruzione alta, in **609 mila** per quella media e infine in **435 mila** per quella bassa.

10/4/2012 – Esplosione a Sannazaro de'  
Burgundi

