

Uno sguardo all'aria

2015





Relazione annuale sui dati rilevati dalla rete metropolitana di monitoraggio della qualità dell'aria

Anno 2015

Testi ed elaborazioni a cura di:

Città metropolitana di Torino – Area Risorse Idriche e Qualità dell'Aria - Servizio Qualità dell'Aria e Risorse Energetiche:

P. Molina, A. Bertello.

ARPA Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest

C. Bussi, F. Lollobrigida, A. Bruno, M. Maringo, F. Romeo, M. Sacco, R. Sergi.

ARPA Dipartimento Sistemi Previsionali:

M. Nicolella, G. Paesano, S. Bande.

Hanno collaborato alla gestione della rete di monitoraggio, all'acquisizione dei dati ed alle attività analitiche:

ARPA Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest

F. Pitasi, D. Budano, C. Bugnone, M. Carrera, S. Cerrato, L. Corino, A. D'Agostino, S. Dignani, M. Di Martino, C. Duretti, P. Giansanti, D. Marangon, M. Leogrande, G. Mele, C. Montalcino, L. Milizia, M. Nurra, F. Pittarello, G. Prano, V. Sciortino, D. Simondi, E. Vicenzino, V. Zulian.

CSI Piemonte

Il personale tecnico della Sala Ambiente della Regione Piemonte presso il CSI Piemonte.

Si ringrazia la Regione Piemonte per i dati di composizione del parco veicolare

O. Munafò.

Copertina

Martina Uccisella, "Il Po guarda il cielo" 2015

INDICE

SOMMARIO	6
LA RETE DI MONITORAGGIO OPERANTE SUL TERRITORIO DELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO.....	7
MONOSSIDO DI CARBONIO.....	10
BIOSSIDO D'AZOTO.....	12
BIOSSIDO DI ZOLFO	17
OZONO	20
BENZENE.....	27
PARTICOLATO SOSPESO	29
STUDIO DELLA CONCENTRAZIONE NUMERICA DI PARTICELLE ULTRAFINI NELL'AREA METROPOLITANA TORINESE – RISULTATI ANNO 2015 ED ANALISI DELLA SERIE STORICA.....	41
METALLI	51
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI.....	57
DEPOSIZIONI ATMOSFERICHE “BULK” DI IPA E METALLI NELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO	62
LA STAZIONE MOBILE DI RILEVAMENTO DELLA QUALITA' DELL'ARIA	73
CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'ANNO 2015	81
EMISSIONI INQUINANTI DEI VEICOLI A MOTORE	102
IL CONTROLLO DELLE EMISSIONI DEI VEICOLI A MOTORE	107

SOMMARIO

I dati rilevati nell'ultimo decennio dalle stazioni di rilevamento operanti nella città metropolitana di Torino e gestite da ARPA Piemonte evidenziano, al netto della variabilità meteorologica annuale, una complessiva tendenza al miglioramento della qualità dell'aria ma evidenziano ancora la nota criticità del territorio, in particolare dell'area urbana torinese, a rispettare i valori limite e obiettivo per la protezione della salute umana.

Nel 2015, dei 12 inquinanti per i quali sono stabiliti dei valori di riferimento, 7 - monossido di carbonio (CO), biossido di zolfo (SO₂), benzene e metalli (Pb, As, Cd, Ni) - rispettano ampiamente i rispettivi valori limite e obiettivo su tutto il territorio metropolitano.

Il PM10 supera il valore limite annuale nel 17% dei punti di misura, in particolare in quelli caratterizzati da traffico veicolare intenso; il limite giornaliero è superato nel 67% delle stazioni, solo nelle zone rurali e nei contesti vallivi si osserva il rispetto di tale valore.

Il PM2,5 supera il valore limite nel 67% delle stazioni di monitoraggio e principalmente in quelle situate nelle aree di pianura caratterizzate da discreti livelli di antropizzazione. La situazione rispetto al 2014 è peggiorata, il valore limite annuale di 25 µg/m³ è superato in 5 stazioni di monitoraggio su 8, mentre nel 2014 era stato superato in una sola stazione.

Il biossido di azoto (NO₂) supera il valore limite annuale nel 32% delle stazioni in cui è misurato in particolare in quelle operanti nell'area urbana torinese; il limite orario è rispettato ovunque tranne che nella stazione da traffico di To-Rebaudengo.

Il benzo(a)pirene presenta superamenti del valore obiettivo nel 27% dei siti di misura. I valori più elevati si rilevano nei siti da traffico dell'area urbana torinese. Si osserva un aumento generalizzato rispetto agli anni precedenti.

L'ozono (O₃) conferma la sua criticità nei mesi estivi su tutto il territorio metropolitano. Il valore obiettivo per la protezione della salute è stato superato nel 92% dei punti di misura.

Complessivamente i valori più elevati di concentrazione degli inquinanti PM10, PM2,5 e NO₂ si rilevano nell'area urbana torinese, l'O₃ presenta concentrazioni più elevate nelle aree rurali e montane.

Il 2015 mostra una tendenza al peggioramento rispetto al 2014 che si ritiene sia principalmente imputabile alle condizioni dispersive particolarmente sfavorevoli nei mesi invernali del 2015. I mesi di novembre e dicembre 2015 sono stati particolarmente critici e risultano essere i peggiori del decennio per quanto riguarda il numero di giorni favorevoli all'accumulo degli inquinanti.

LA RETE DI MONITORAGGIO OPERANTE SUL TERRITORIO DELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

F. Romeo, F.Lollobrigida (Arpa Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest)

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria, operante sul territorio della Città metropolitana di Torino e gestita da Arpa Piemonte, è composta da 18 postazioni fisse di proprietà pubblica, da 3 stazioni fisse di proprietà privata e da un mezzo mobile per la realizzazione di campagne di rilevamento dei parametri chimici di qualità dell'aria. Tutte le postazioni fisse sono collegate attraverso linee telefoniche al centro di acquisizione dati e trasmettono con cadenza oraria i risultati delle misure effettuate, permettendo un costante controllo dei principali fattori che influenzano la qualità dell'aria. Solo la stazione di To-Grassi in cui viene campionato esclusivamente il particolato atmosferico non è collegata attraverso linee telefoniche, in quanto il tipo di misurazione con sistema gravimetrico dei parametri PM10 non necessita di tale collegamento. L'elenco delle stazioni di misura, la loro ubicazione e i parametri misurati sono riportati in TABELLA 1.

Nella TABELLA 1 dopo PM10/PM2,5 si trova in alcuni casi l'indicazione "beta (β)" in relazione al metodo di misura utilizzato.

Ciò sta a indicare che la misura è effettuata tramite un analizzatore automatico, per cui il dato di concentrazione media di PM10 o PM2,5 riferita a un determinato giorno dell'anno è disponibile nella giornata immediatamente successiva; con questo tipo di analizzatori non è però possibile determinare quei componenti del particolato, in particolare idrocarburi policiclici aromatici e metalli, per i quali la normativa, in relazione alla loro rilevanza tossicologica, prevede specifici valori limite.

Quando invece non vi è alcuna indicazione la misura è effettuata mediante il prelievo del particolato su appositi filtri e una successiva determinazione di laboratorio, per cui il dato è disponibile alcuni giorni dopo il termine del prelievo. Le procedure interne di Arpa Piemonte prevedono che il dato di PM10 o PM2,5 sia disponibile entro 12 giorni dal prelievo nel periodo novembre-aprile e entro 18 giorni dal prelievo negli altri mesi. Questo tipo di determinazione, a differenza della prima, permette l'analisi della composizione del particolato.

La collocazione sul territorio delle postazioni di misura (FIGURA 1) è un fattore fondamentale per effettuare un efficace monitoraggio della qualità dell'aria. I luoghi prescelti devono essere rappresentativi della tipologia di sito individuato. Una corretta collocazione dei punti di misura permette così di ottenere indicazioni estremamente rappresentative sulla qualità dell'aria. Un aumento dei punti di monitoraggio porterebbe quasi sicuramente all'effettuazione di misure ridondanti e, visti gli elevatissimi costi di acquisto e di gestione delle reti di monitoraggio, comporterebbe una spesa difficilmente sostenibile dalle amministrazioni pubbliche e sicuramente non giustificata in relazione ai risultati ottenuti.

La rete di monitoraggio è completata da una stazione mobile di rilevamento, la cui peculiarità risiede nella possibilità di poter essere collocata ovunque si ritenga necessario realizzare brevi campagne di monitoraggio, permettendo di effettuare valutazioni sulla qualità dell'aria in tutte quelle zone non direttamente interessate dalla rete fissa. Il laboratorio mobile fornisce, in questo senso, un valido supporto nella valutazione dello stato ambientale, in previsione della costruzione di nuovi insediamenti produttivi o di modifiche della rete viaria, offrendo significativi elementi per una corretta pianificazione delle opere strutturali o per la definizione di interventi volti alla riduzione dell'intensità dei fenomeni di inquinamento.

STAZIONE	INDIRIZZO	PARAMETRI	TIPOLOGIA
Baldissero (GDF)(1)	Str. Pino Torinese, 1 – Baldissero	NO _x , O ₃ , CO, PM10 _β , Deposimetro IPA	Fondo-rurale
Beinasco (TRM) (1)	Via San Giacomo c/o giardino pubblico Aldo Mei - Beinasco	NO _x , PM10, PM10 _β , PM2,5 _β , BTX, Campionatore PCDD/DF, Deposimetro Metalli/IPA, Deposimetro Hg, Deposimetro PCDD/DF, Misuratore mercurio gassoso	Fondo-suburbano
Borgaro	Via Italia, sn – Borgaro	NO _x , O ₃ , PM10, PM2,5, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX	Fondo-suburbano
Carmagnola	P.zza I Maggio sn – Carmagnola	NO _x , PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Traffico-urbano
Ceresole Reale	c/o cent. Idroelettrica - Ceresole	NO _x , O ₃ , PM10 _β , PM2,5 _β , (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Fondo-rurale
Chieri	Via Bersezio sn – Chieri	NO _x , O ₃ , PM2,5	Fondo-suburbano
Collegno	C.so Francia, 137 - Collegno	NO _x , PM10	Traffico-urbano
Druento	Cascina Peppinella – Druento	NO _x , O ₃ , PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Fondo rurale
Ivrea	Viale della Liberazione, 1 – Ivrea	NO _x , O ₃ , PM10, PM2,5, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Fondo-suburbano
Leini (GDF) (1)	Via vittime di Bologna, 12 - Leini	NO _x , O ₃ , CO, PM10 _β , PM2,5 _β	Fondo-suburbano
Mezzo Mobile		NO _x , O ₃ , CO, SO ₂ , PM10, PM2,5, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX	
Orbassano	Via Gozzano sn – Orbassano	NO _x , O ₃	Fondo-suburbano
Oulx	Via Roma sn – Oulx	NO _x , CO, PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Traffico-suburbano
Pinerolo	P.zza III Alpini, 1 – Pinerolo	PM10 _β	Fondo-urbano
Settimo T.se	Via Milano, 31 – Settimo	NO _x , CO, PM10, PM2,5, BTX, B(a)P	Traffico-urbano
Susa	P.zza della Repubblica – Susa	NO _x , O ₃ , PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Fondo-suburbano
To-Consolata	Via Consolata, 10 – Torino	NO _x , CO, SO ₂ , PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX, PTS	Traffico-urbano
To-Grassi	Via P. Veronese, 305 – Torino	PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Traffico-urbano
To-Lingotto	Via A. Monti, 21 – Torino	NO _x , O ₃ , PM10-PM10 _β , PM2,5, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX	Fondo-urbano
To-Rebaudengo	P.zza Rebaudengo, 23 - Torino	NO _x , CO, SO ₂ , (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX, PM10 _β , PM2,5 _β	Traffico-urbano
To-Rubino	Via Rubino sn - Torino	NO _x , O ₃ , CO, PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX, PM10 _β orario, PM2,5 _β orario	Fondo-urbano
Vinovo	Via Garibaldi, 3 – Vinovo	NO _x , O ₃ , BTX	Fondo-suburbano

(1) stazione di proprietà di Ente privato gestita da Arpa Piemonte

TABELLA 1: elenco delle stazioni di monitoraggio, ubicazione e parametri misurati.

CODICE PARAMETRO	DESCRIZIONE
As-Cd-Ni-Pb	Arsenico, Cadmio, Nichel, Piombo
B(a)P	Benzo(a)pirene
BTX	Benzene, toluene, xilene
CO	Monossido di carbonio
NO _x	Ossidi di azoto
O ₃	Ozono
PM10	Particolato sospeso < 10 μm
PM10 _β	Particolato sospeso < 10 μm metodo automatico a radiazione β
PM2,5	Particolato sospeso < 2,5 μm
PM2,5 _β	Particolato sospeso < 2,5 μm metodo automatico a radiazione β
PTS	Polveri totali sospese
SO ₂	Biossido di zolfo

TABELLA 2: descrizione dei codici dei parametri.

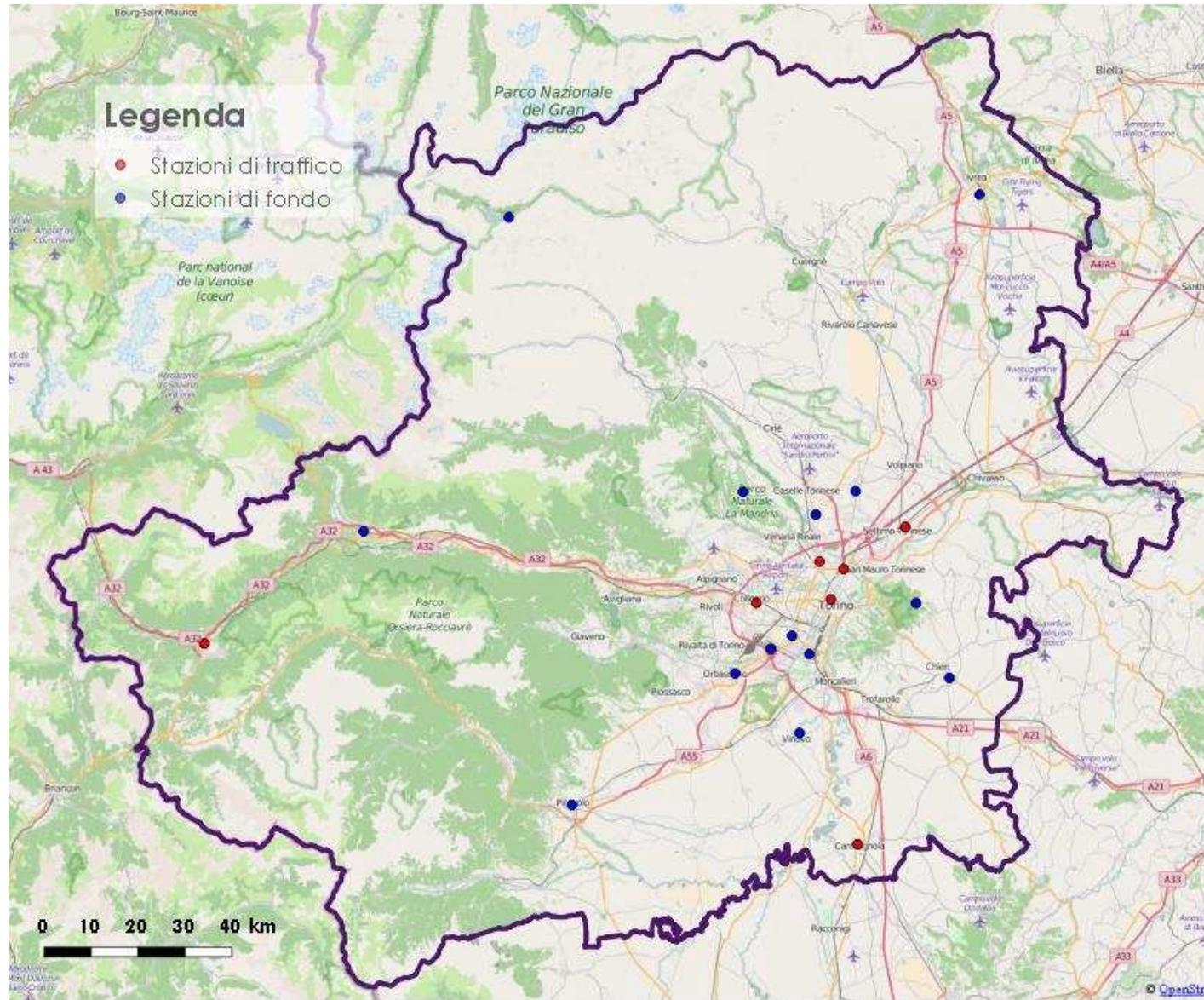


FIGURA 1: disposizione delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria.

MONOSSIDO DI CARBONIO

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

A. Bertello, Città metropolitana di Torino, F. Lollobrigida, ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.

DESCRIZIONE

Il carbonio, legandosi all'ossigeno, forma due composti (ossidi): il monossido di carbonio (CO) ed il biossido di carbonio (CO₂).

E' un elemento molto comune in natura, sia allo stato elementare sia allo stato combinato negli idrocarburi, nel calcare, nella dolomite e nei carboni fossili.

Il CO è l'unico inquinante gassoso per il quale l'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m³), a differenza degli altri parametri inquinanti misurati in µg/m³ in quanto presenti in minore concentrazione in aria ambiente.

Il monossido di carbonio è un gas inodore ed incolore ed è prodotto principalmente dalla combustione incompleta dei combustibili organici (carbone, olio, legno, carburanti).

La principale sorgente di CO è rappresentata dai gas di scarico dei veicoli a benzina funzionanti a regimi di motore al minimo ed in fase di decelerazione, condizioni tipiche di traffico urbano intenso e rallentato.

Il CO ha la proprietà di fissarsi all'emoglobina del sangue impedendo il normale trasporto dell'ossigeno nelle varie parti del corpo ed ha nei confronti dell'emoglobina un'affinità 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno. Il composto che si genera (carbossi-emoglobina) è estremamente stabile. Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale ed il sistema cardiovascolare, soprattutto nelle persone affette da cardiopatie.

Concentrazioni elevatissime di CO possono anche condurre alla morte per asfissia.

I valori limite definiti dalla normativa vigente sono riportati nella TABELLA 3.

VALORE LIMITE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	1 gennaio 2005

TABELLA 3: D.Lgs. 155/2010, valori limite per il monossido di carbonio.

ESAME DEI DATI

I dati relativi al 2015 evidenziano concentrazioni medie annuali comprese fra 0,5 e 1,5 mg/m³.

Viene confermato il rispetto del limite di protezione della salute umana di 10 mg/m³, calcolato come media mobile trascinata su otto ore (D.Lgs. 155/2010). Il valore massimo della media calcolata su 8 ore è di 3,8 mg/m³ e si attesta ben al di sotto del valore limite.

A partire dai primi anni '80 le misurazioni di CO riportano concentrazioni medie nella stazione di To-Rebaudengo, che rappresenta un hot spot di traffico, in nettissimo calo (FIGURA 2). Questo è dovuto al costante sviluppo della tecnologia dei motori per autotrazione ad accensione comandata e all'introduzione del trattamento dei gas esausti tramite i convertitori catalitici.

Negli ultimi 10 anni di monitoraggio (TABELLA 4) le concentrazioni medie annuali misurate nella stazione di To-Rebaudengo sono sostanzialmente stabili e oscillano fra valori compresi tra 1,1 e 1,6 mg/m³. Non si sono registrati negli ultimi 10 anni superamenti del valore limite per la protezione della salute umana.

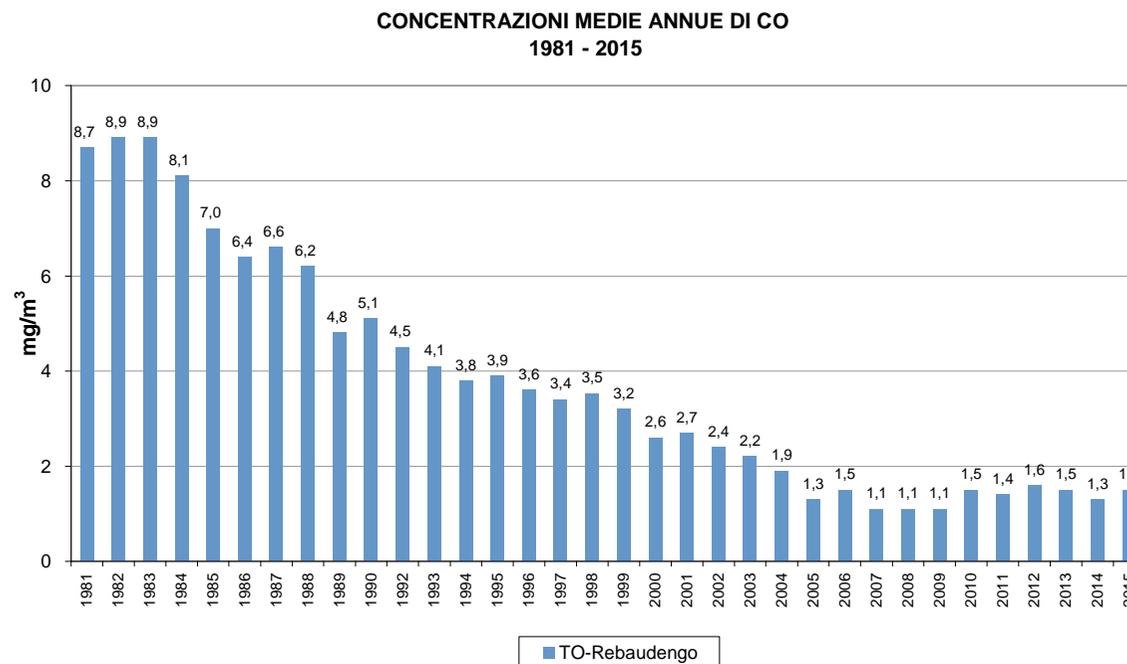


FIGURA 2: parametro CO, concentrazioni medie annuali rilevate presso la stazione di To-Rebaudengo dal 1981 al 2015.

STAZIONE	Rendimento strumentale 2015 (% dati validi)	Media Annuale mg/m³										Valore limite per la protezione della salute umana. Numero di giorni con la media massima calcolata su 8 ore superiore a 10 mg/m³										Valore massimo delle medie calcolate su 8 ore mg/m³									
		'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15
Baldissero	99%		0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5		0	0	0	0	0	0	0	0	0		1,2	1,2	1,1	1,3	1,4	1,3	1,1	1	1,2
Leini	97%		0,5*	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7		0*	0	0	0	0	0	0	0	0		2,7	2,6	3	2,3	2,4	2,5	2,3	2,1	2
Oulx	90%	0,3*	0,4	0,4*	0,4	0,5*	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0*	0	0*	0	0*	0	0	0	0	0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,5	1,7	1,7	1,9	1,8	1,8
Settimo	99%	1,1	1,0	0,8	0,9	1	1	1,3	1	1	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,8	4	3,4	2,9	3	3,3	4,2	3,6	3,5	2,9
To-Consolata	99%	1,2	1,2	1,1	1,2	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,0	5,9	4	4,6	3,6	5,1	4,4	3	3,4	3,8
To-Rebaudengo	94%	1,5	1,1	1,1	1,1	1,5	1,4	1,6	1,5	1,3	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,0	4,5	4,1	3,9	4,6	4,8	4,4	4	3,2	3,1
To-Rubino	99%		0,6*	0,7	0,7	1	1	1,1	1,3	1,3	1,1			0	0	0	0	0	0	0	0		3,1	3,7	3,3	3	4	4,2	3,7	3,4	3

*La percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal D.Lgs. 155/2010 (90%)

TABELLA 4: dati relativi alle stazioni di monitoraggio del monossido di carbonio.

BIOSSIDO D'AZOTO

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

A. Bertello, Città metropolitana di Torino, F. Lollobrigida, ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.

DESCRIZIONE

Gli ossidi di azoto (N_2O , NO , NO_2 ed altri) sono generati in tutti i processi di combustione (veicoli, centrali termiche, riscaldamento domestico) quando viene utilizzata aria come comburente (in relazione alla reazione tra ossigeno e azoto ad alta temperatura) e quando i combustibili contengono azoto come nel caso delle biomasse.

Il biossido di azoto (NO_2) è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi, sia perché è per sua natura irritante, sia perché dà inizio, in presenza di forte irraggiamento solare, ad una serie di reazioni fotochimiche che portano alla formazione di sostanze inquinanti (ad esempio l'ozono), complessivamente indicate con il termine di "smog fotochimico".

Un contributo fondamentale all'inquinamento da biossido di azoto e derivati fotochimici è dovuto, nelle città, ai fumi di scarico degli autoveicoli.

Il biossido di azoto è un gas tossico, irritante per le mucose, ed è responsabile di specifiche patologie a carico dell'apparato respiratorio con diminuzioni delle difese polmonari (bronchiti, allergie, irritazioni). Recenti studi effettuati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità hanno associato eventi quali mortalità, ricoveri ospedalieri e sintomi respiratori, con l'esposizione a breve e lungo termine al biossido di azoto in concentrazioni pari o al di sotto degli attuali valori limite UE.

Gli ossidi di azoto contribuiscono alla formazione delle piogge acide e favoriscono l'accumulo di nitrati nel suolo che possono provocare alterazione di equilibri ecologici ambientali.

I valori limite e la soglia di allarme definiti dalla normativa vigente per NO_2 e NO_x sono riportati nella TABELLA 5.

VALORE LIMITE ORARIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
1 ora	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 da non superare più di 18 volte per anno civile	1 gennaio 2010
VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2	1 gennaio 2010
VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_x	
SOGLIA DI ALLARME PER IL BISSIDO DI AZOTO		
400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (293°K e 101,3 kPa) misurati su tre ore consecutive in località rappresentative della qualità dell'aria su almeno 100 km^2 oppure una zona o un agglomerato completi, se tale zona o agglomerati sono meno estesi.		

TABELLA 5: D.Lgs. 13 agosto 2010, n. 155, valori limite per gli ossidi di azoto.

ESAME DEI DATI

I dati misurati nel corso del 2015 mostrano che il valore limite annuale per la protezione della salute è stato superato in 6 stazioni su 19. Delle 6 stazioni che non rispettano il limite 5 sono collocate nell'area urbana torinese mentre la sesta è nel comune di Vinovo. Relativamente alla verifica del rispetto del valore limite orario i risultati dei monitoraggi evidenziano che tale limite è stato superato nella sola stazione di To-Rebaudengo, stazione caratterizzata da un traffico intenso e che storicamente rappresenta il punto di misura con i valori più elevati di tutto il territorio metropolitano.

Da un'analisi più approfondita dei dati misurati nel 2015, riportati in TABELLA 6, non si osserva una tendenza netta e diffusa all'aumento o alla riduzione delle medie annue rilevate nel 2015 rispetto al 2014. 12 stazioni su 19 presentano un incremento delle concentrazioni 5 un decremento e 2 non registrano alcuna variazione. Tale andamento è abbastanza particolare in quanto le caratteristiche meteorologiche del 2015 (vedi il capitolo sulle caratteristiche meteorologiche dell'anno 2015), più sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti rispetto a quelle del 2014, facevano prospettare un diffuso peggioramento. In dettaglio si osserva che le stazioni di Collegno, To-Consolata, To-Lingotto e To-Rebaudengo presentano delle diminuzioni delle concentrazioni medie annue che in alcuni casi sono anche particolarmente marcate.

Per cercare di capire meglio questi andamenti, non essendo disponibili informazioni di dettaglio sulle eventuali variazioni delle emissioni nell'intorno dei punti di misura che avrebbero potuto costituire il motivo di queste riduzioni, si sono confrontate in FIGURA 3 le differenze delle concentrazioni medie annue misurate nel 2015 e nel 2014 per i parametri monossido e biossido di azoto.

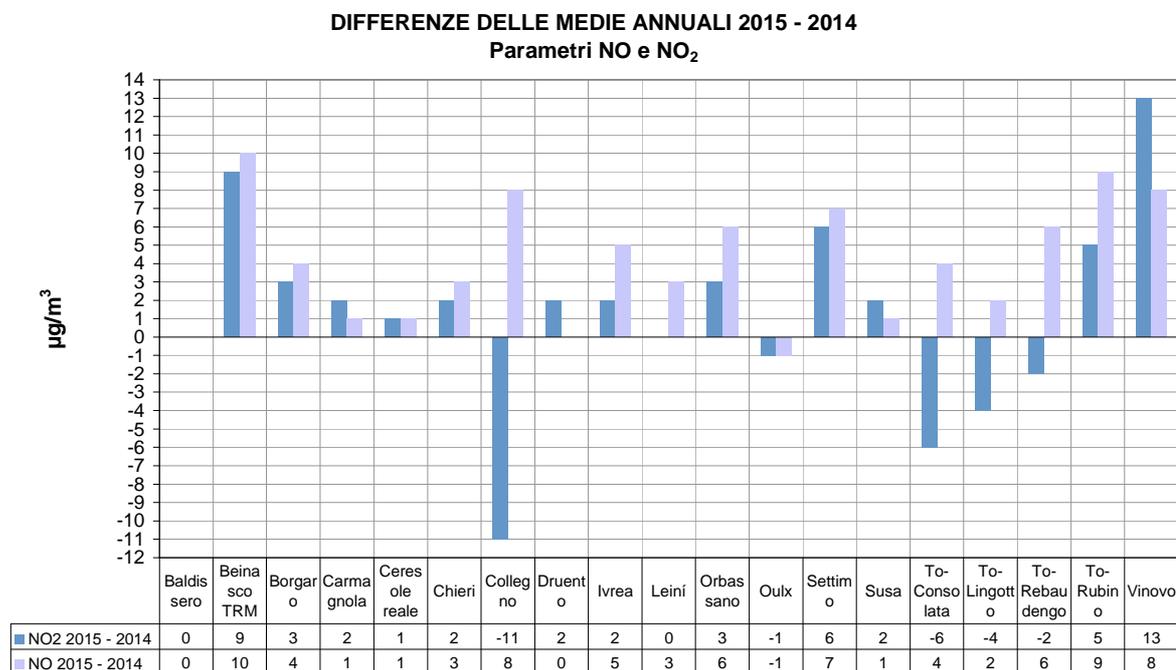


FIGURA 3: variazioni dei valori di media annuale misurate nel 2015 rispetto al 2014 per i parametri NO₂ e NO.

Appare evidente che il monossido di azoto, sostanza emessa direttamente durante i processi di combustione e che, a seguito di reazioni di ossidazione in atmosfera, si trasforma in biossido di azoto, non presenta incongruenze e aumenta sistematicamente in 18 stazioni su 19 comprese quelle di Collegno, To-Consolata, To-Lingotto e To-Rebaudengo. Andando poi ad analizzare, nei capitoli dedicati, l'andamento di altri inquinanti con sorgenti simili quali CO, Benzene PM10 e PM2,5 si osserva che anch'essi presentano in queste stazioni concentrazioni in aumento nel 2015 rispetto al 2014.

Non ci sono quindi indicazioni evidenti che possano spiegare in modo diretto le riduzioni osservate in alcuni casi per il biossido di azoto. Va comunque considerato che, a differenza del monossido di azoto, il biossido di azoto è un inquinante di natura prevalentemente secondaria la cui formazione e rimozione in aria ambiente è regolata da complessi processi di natura fotochimica. Non sono quindi da escludersi a priori effetti sulle concentrazioni di questo inquinante dovute a particolari condizioni locali di natura emissiva o meteorologica.

Le quattro stazioni citate dovranno pertanto essere oggetto di particolare attenzione nei prossimi anni per confermare, in modo definitivo, se le riduzioni osservate ed in particolare il conseguimento del valore limite nelle stazioni di Collegno e To-Lingotto saranno confermate.

Anche le stazioni di Vinovo e Beinasco TRM necessitano di una valutazione approfondita in quanto presentano nel 2015 una media annua in forte aumento. Più critica è la stazione di Vinovo che presenta un incremento della media di 13 µg/m³ pari al 43% del valore misurato nel 2014 e che comporta un superamento del valore limite. Un aumento così marcato ed improvviso in una stazione di fondo che rispetta il limite dal 2007 necessita un'attenzione particolare nei prossimi anni per capire se si tratti o meno di un fenomeno episodico.

La stazione di Beinasco TRM presenta un aumento significativo delle concentrazioni annuali (9 µg/m³ pari al 23%) anche se non marcato come quello di Vinovo. Un aumento di quest'ordine di grandezza potrebbe, in questo caso, essere verosimilmente spiegato da un incremento delle emissioni locali, proprio in considerazione del fatto che la stazione di Beinasco è situata nell'area urbana torinese che è particolarmente antropizzata e ricca di fonti emissive.

Si è provveduto pertanto a verificare le emissioni di due principali impianti industriali presenti nella zona, l'inceneritore e la centrale termica di Mirafiori. Le emissioni di NO_x dell'inceneritore sono state

pari a 162 ton. nel 2014 e a 109. ton nel 2015, la centrale termica di Mirafiori ha invece emesso 445 ton. di NO_x nel 2014 e 305. nel 2015. Poiché per entrambi gli impianti le emissioni nel 2015 sono state inferiori rispetto a quelle del 2014, non è possibile spiegare l'aumento delle concentrazioni misurate nella stazione con un aumento delle emissioni legate a questi due impianti.

Per quanto riguarda il termovalorizzatore, un approfondimento su questo tema è contenuto nel capitolo relativo agli ossidi azoto nel rapporto annuale 2015 sulla stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di Beinasco¹. In tale analisi viene esaminata anche la possibilità che, pur in presenza di una complessiva riduzione delle emissioni totali annuali di ossidi di azoto dell'impianto, vi sia stata concomitanza di periodi limitati nel tempo di emissioni elevate e di condizioni meteorologiche particolarmente critiche, con conseguente aumento delle ricadute a causa del maggiore confinamento degli inquinanti in prossimità del suolo.

L'analisi di dettaglio mostra che tale possibilità non si è verificata, in particolare perché i tre mesi che nel 2015 hanno mostrato una criticità meteorologica nettamente superiore rispetto al 2014 (gennaio, novembre e dicembre) sono proprio tra quelli in cui la diminuzione delle emissioni dell'impianto rispetto all'anno precedente risulta più accentuata, sia in termini assoluti che in percentuale (rispettivamente -39%, - 59% e -35% contro un -32% medio su base annuale). D'altra parte dall'analisi delle direzioni dei venti al suolo emerge che le concentrazioni di ossidi di azoto nel sito di Beinasco sono fortemente influenzate dalle arterie stradali circostanti (in particolare strada Torino a Beinasco), dalla tangenziale di Torino e dai suoi snodi e dallo stesso agglomerato urbano di Torino; anche l'andamento del giorno medio sia per il monossido di azoto che per il biossido di azoto mostra che i valori massimi di concentrazione si raggiungono nella fasce orarie della giornata in cui di norma è maggiore il traffico veicolare.

E' quindi presumibile che l'aumento di concentrazioni di biossido di azoto nella stazione di Beinasco sia legato prevalentemente a una variazione quali-quantitativa delle emissioni da traffico nelle principali arterie stradali circostanti, combinata alla già citata maggiore criticità delle condizioni meteorologiche del 2015 rispetto all'anno precedente. Anche in questo caso sarà necessaria nei prossimi anni un'attenzione particolare per capire se si tratti di un fenomeno permanente nel tempo

La FIGURA 4 fotografa la situazione dell'area metropolitana di Torino negli ultimi anni, dal 1991 al 2015. Vengono riportate le concentrazioni medie annue di due stazioni del capoluogo, To-Lingotto, stazione di fondo con i valori più bassi, e To-Rebaudengo, caratterizzata da intenso traffico veicolare. Si rileva una generale tendenza alla diminuzione della concentrazione di NO₂. La stazione di fondo di To-Lingotto presenta oramai concentrazioni prossime al valore limite mentre, per il sito di traffico di To-Rebaudengo, le medie annuali sono ancora ben lontane dal rispetto del limite normativo.

In generale il decremento del NO₂ non è equivalente a quello registrato per altri inquinanti quali, CO, benzene e piombo, per i quali la riduzione è stata molto più consistente. La diffusione dei veicoli diesel e i problemi emissivi di questa motorizzazione, che non sembra essere in grado di rispettare nelle condizioni di guida reali gli standard di omologazione, sono sicuramente le cause principali del perdurare della situazione di criticità di questo inquinante.

¹ Il rapporto annuale 2015 è disponibile sul sito di Arpa Piemonte all'indirizzo:
<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/torino/impianti/termovalorizzatore-del-gerbido/dati/i-dati-del-termovalorizzatore>

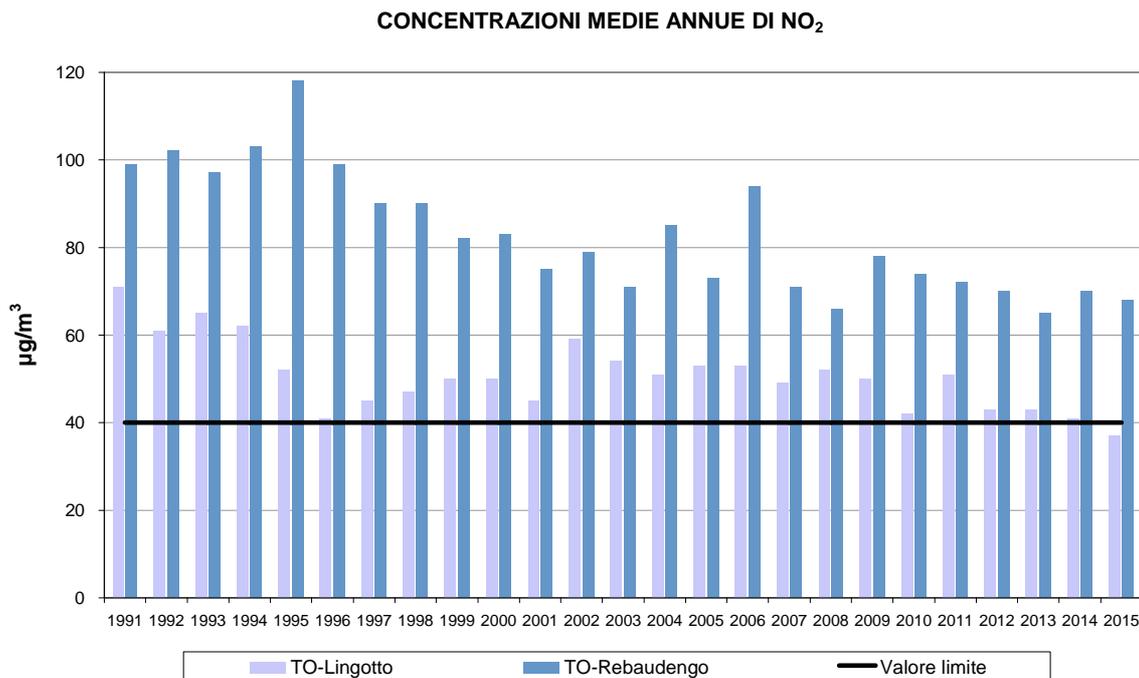


FIGURA 4: parametro NO₂, media delle medie annuali di tutte le stazioni operanti nel comune di Torino e dettaglio relativo alle stazioni di To-Lingotto e To-Rebaudengo.

La FIGURA 5 mostra il numero di superamenti del valore orario di 200 µg/m³ registrati in ogni stazione della Città metropolitana di Torino. Nel corso del 2015 si sono registrati superamenti presso le stazioni di Borgaro, Chieri, Leinì, Orbassano, To-Consolata e To Rebaudengo. In quest'ultima stazione viene anche superato il valore limite di 18 ore aventi concentrazione superiore a 200 µg/m³. I superamenti della soglia di 200 µg/m³ sono stati misurati quasi tutti nei mesi di novembre e dicembre che sono stati i più critici dell'anno dal punto di vista dispersivo e, durante i quali, ci sono state alcune giornate con condizioni di inversione termica particolarmente severa e persistente. Anche in relazione a questo limite normativo rispetto al 2014, anno in cui tutte le stazioni rispettavano il valore limite orario e si era misurato solo un superamento del valore soglia di 200 µg/m³, la situazione nel 2015 è peggiorata.

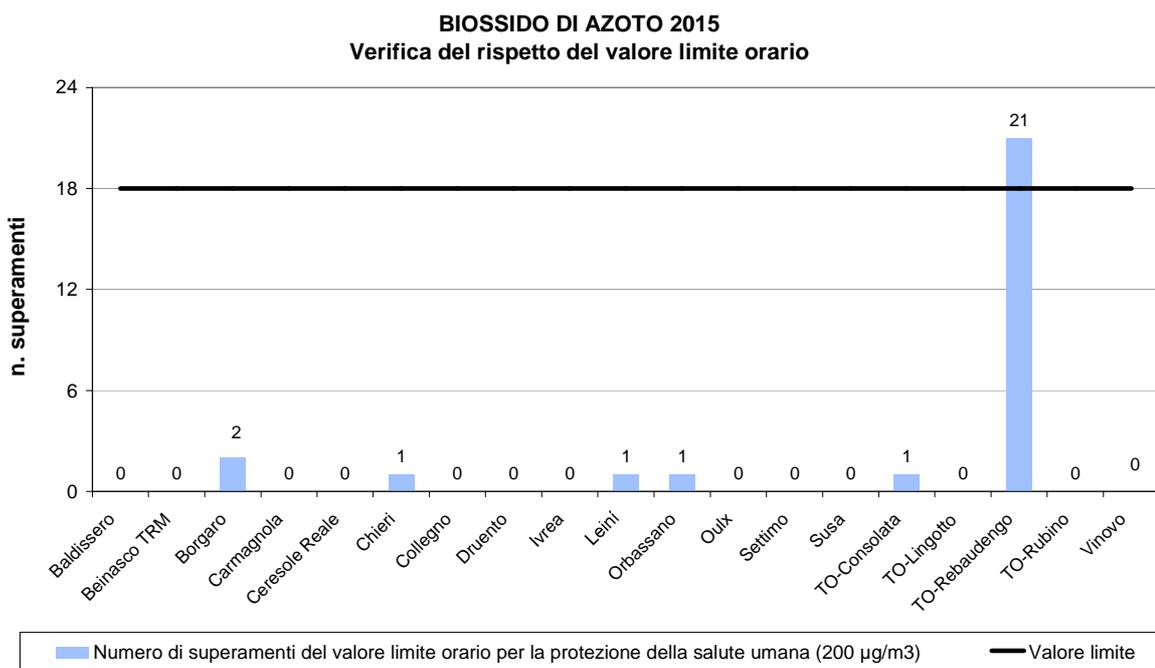


FIGURA 5: parametro NO₂, distribuzione spaziale del numero di superamenti del limite orario di 200µg/m³, nell'anno 2015.

STAZIONE	Rendimento strumentale 2015 (% dati validi)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana (40 µg/m³) Media Annuale (µg/m³)										Valore limite orario per la protezione della salute Numero di superamenti del valore di 200 µg/m³ come media oraria									
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
		Baldissero	96%		22*	19	19	20	20	16	12	14	14		0	0	0	0	1	0	0
Beinasco TRM(6)	99%								41	38	47							0	0	0	
Borgaro	98%	42	42	35	36	31	34	32	31	26	29	1	1	0	2	0	0	0	0	0	2
Carmagnola	99%							79		36	38						7		0	0	
Ceresole reale	99%				8*	6	7	7	6	4	5				0*	0	0*	0	0	0	0
Chieri(1)	96%	51	42	34	42	39	39	33	28	23	25	0	0	1	7	0	0	0	0	0	1
Collegno	98%							40*	44	47	36						0*	5	0	0	
Druento	98%	19	19	15	18*	16	18	18	12	14	16	0	0	0	0*	0	0	0	0	0	0
Ivrea	97%		32	27	28	26	29	25	25	24	26	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leini	96%		38	31	32	32	30	28	33	31	31		0	0	2	0	0	0	0	0	1
Orbassano	93%	46	43	37	39	37	39	35	32	32	35	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Oulx	96%	22	22	22	20	21	20	21	21	21	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Settimo	99%	65	52	44	59	46	49	49*	43	35	41	68	27	4	125	2	3*	12*	0	0	0
Susa	98%	29	24	21	22	24	23	22	19	20	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
To-Consolata	98%	68		69*	68	65	65	59	60	59	53	38		19	13	5	5	3	5	1	1
To-Lingotto	90%	53	49	52	50	42	51	43*	43	41	37	39	4	2	18	0	4	0*	0	0	0
To-Rebaudengo	96%	94	71	66	78	74	72	70	65	70*	68	188	85	16	76	15	10	13	31	0*	21
To-Rubino	96%		51*	48	50	44	50	49	42	39	44		10	1	8	0	0	0	0	0	0
Vinovo	93%	47	38	36	36	35	40	34	31	30	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(1) stazione spostata da corso Buozzi a via Bersezio il 21/12/2011

* La percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal DLgs 155/2010 (90%)

TABELLA 6: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di azoto.

BIOSSIDO DI ZOLFO

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

A. Bertello, Città metropolitana di Torino, F. Lollobrigida, ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.

DESCRIZIONE

Il biossido di zolfo (SO₂) è il naturale prodotto di ossidazione dello zolfo e dei composti che lo contengono allo stato ridotto. È un gas incolore, di odore pungente ed è molto irritante per gli occhi, la gola e le vie respiratorie; per inalazione può causare edema polmonare ed una prolungata esposizione può portare alla morte.

La principale fonte di inquinamento è costituita dall'utilizzo di combustibili fossili (carbone e derivati del petrolio) in cui lo zolfo è presente come impurezza. Viene inoltre emesso in atmosfera durante le eruzioni vulcaniche e quando raggiunge la stratosfera si trasforma in particelle di acido solforico.

L'acido solforico contribuisce all'acidificazione delle precipitazioni con effetti fitotossici sui vegetali e corrosivi sui materiali da costruzione.

La concentrazione di biossido di zolfo presenta valori massimi nella stagione invernale in concomitanza con le peggiori condizioni dispersive (es.: fenomeni di inversione termica) ed il funzionamento degli impianti termici industriali e domestici.

Tuttavia, a partire dal 1980, le emissioni antropiche (produzione di energia e traffico) sono notevolmente diminuite grazie al crescente utilizzo del metano e alla diminuzione del tenore di zolfo contenuto nel gasolio ed in altri combustibili liquidi.

I valori limite e la soglia di allarme definiti dalla normativa vigente sono di seguito riportati.

VALORE LIMITE ORARIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
1 ora	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte per anno civile	1 gennaio 2005
VALORE LIMITE DI 24 ORE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
24 ore	125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile	1 gennaio 2005
VALORE LIMITE PER LA PROTEZIONE DEGLI ECOSISTEMI		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
anno civile e inverno (1° ottobre – 31 marzo)	20 µg/m ³	19 luglio 2001
SOGLIA DI ALLARME PER IL BIOSSIDO DI ZOLFO		
500 µg/m ³ (293°K e 101,3 kPa) misurati su tre ore consecutive in località rappresentative della qualità dell'aria su almeno 100 km ² oppure una zona o un agglomerato completi, se tale zona o agglomerati sono meno estesi		

TABELLA 7: D.Lgs. 155/2010, valori limite per il biossido di zolfo.

ESAME DEI DATI

I due siti oggetto di monitoraggio (To-Consolata e To-Rebaudengo) presentano valori che rispettano ampiamente i limiti previsti dalla normativa.

Infatti sia i massimi valori orari che le medie giornaliere sono notevolmente inferiori rispetto ai limiti stabiliti sulle rispettive basi temporali.

Il valore limite per la protezione degli ecosistemi 20 µg/m³ calcolato come valore medio nei mesi freddi dell'anno è ampiamente rispettato anche nelle stazioni di traffico urbano.

Anche se nel corso dei prossimi anni è consigliabile mantenere attivo il monitoraggio per controllare il mantenimento dei risultati raggiunti, si può affermare che il parametro SO₂ non rappresenta più una criticità per il territorio della città metropolitana di Torino.

Va comunque considerato che le emissioni di ossidi di zolfo contribuiscono alla formazione di particolato attraverso il processo secondario di trasformazione del biossido di zolfo in solfati, i quali sul territorio metropolitano costituiscono in media tra il 5 e il 10% della massa totale di PM₁₀. Per tale ragione occorre continuare a garantire un adeguato monitoraggio delle concentrazioni di SO₂ e mantenere in vigore le misure che ne hanno ridotto la sua presenza in atmosfera.

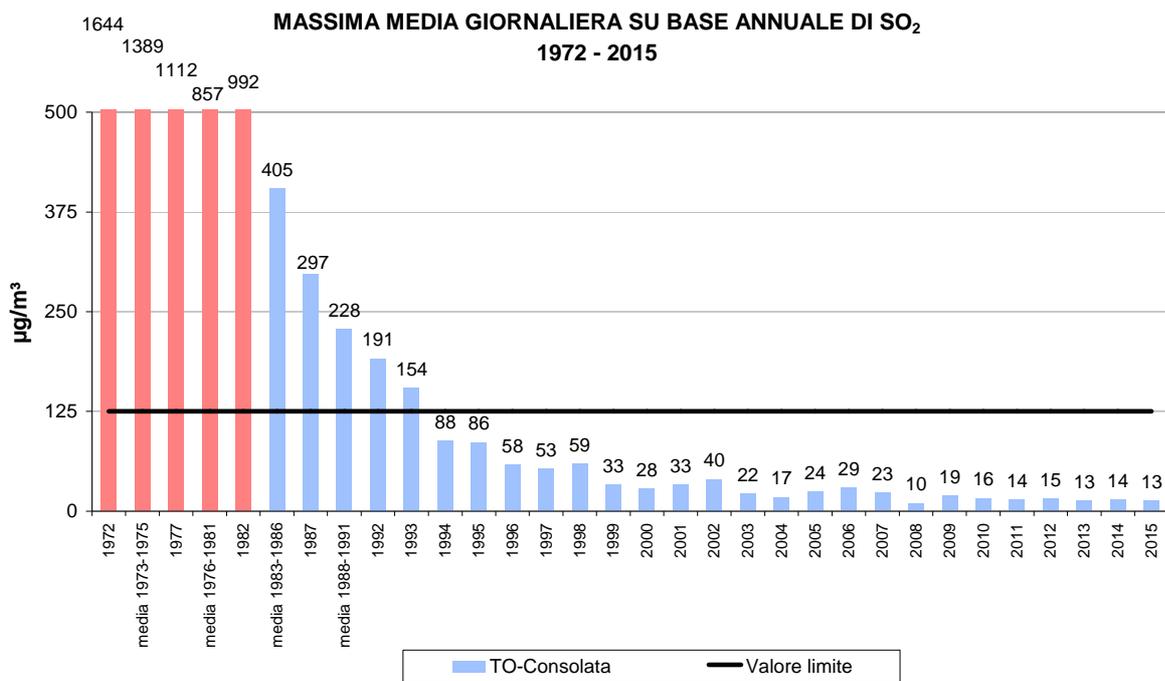


FIGURA 6: parametro SO₂, massima media giornaliera su base annuale rilevata nell'ultimo trentennio nella stazione di To-Consolata.

OZONO

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

Annalisa Bruno, ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.

DESCRIZIONE

L'ozono è un gas altamente reattivo dotato di un elevato potere ossidante, di odore pungente e ad elevate concentrazioni di colore blu.

Negli strati alti dell'atmosfera terrestre (stratosfera) è di origine naturale e aiuta a proteggere la vita sulla Terra, creando uno scudo che filtra i raggi ultravioletti del Sole. L'ozono presente nella troposfera (lo strato atmosferico compreso fra il livello del mare e i 10 km di quota), ed in particolare nelle immediate vicinanze della superficie terrestre, è invece un componente dello "smog fotochimico" che si origina soprattutto nei mesi estivi in concomitanza di un intenso irraggiamento solare e di un'elevata temperatura.

VALORE OBIETTIVO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore obiettivo (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Media massima giornaliera su 8 ore (a)	120 µg/m ³ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni (b)	Il raggiungimento del valore obiettivo è valutato nel 2013, con riferimento al triennio 2010-2012.
VALORE OBIETTIVO PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE		
Periodo di mediazione	Valore obiettivo (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
AOT 40(c), calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18000 µg/m ³ *h come media su 5 anni (b)	Il raggiungimento del valore obiettivo è valutato nel 2015, con riferimento al triennio 2010-2014.
OBIETTIVO A LUNGO TERMINE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore obiettivo (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Media massima giornaliera su 8 ore (a)	120 µg/m ³ per anno civile	Non definita
OBIETTIVO A LUNGO TERMINE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE		
Periodo di mediazione	Valore obiettivo (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
AOT 40(c), calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6000 µg/m ³ *h	Non definita
SOGLIA DI INFORMAZIONE		
Periodo di mediazione	Valore soglia (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore soglia entra in vigore
1 ora	180 µg/m ³	9 marzo 2002
SOGLIA DI ALLARME		
Periodo di mediazione	Valore soglia (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore soglia entra in vigore
1 ora (d)	240 µg/m ³	9 marzo 2002

(a) La massima concentrazione media giornaliera su 8 ore sarà determinata analizzando le medie consecutive su 8 ore, calcolate in base a dati orari e aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore così calcolata sarà assegnata al giorno nel quale finisce; in pratica la prima fascia di calcolo per ogni singolo giorno sarà quella compresa fra le ore 17:00 del giorno precedente e le ore 01:00 del giorno stesso; l'ultima fascia di calcolo per ogni giorno sarà quella compresa tra le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.

(b) Se non è possibile calcolare la media su 3 o 5 anni in base ad una serie intera e consecutiva di dati annui, la valutazione della conformità ai valori obiettivo si può riferire, come minimo, ai dati relativi a:

- per il valore obiettivo per la protezione della salute umana: dati validi relativi ad un anno
- per il valore obiettivo per la protezione della vegetazione: dati relativi a tre anni

(c) Per AOT40 (espresso in µg/m³*h) s'intende la somma della differenza fra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ (=40 ppb) e 80 µg/m³ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari medi rilevati ogni giorno tra le 08:00 e 20:00, ora dell'Europa centrale.

(d) Per l'attuazione dei piani di azione a breve termine, previsti all'art. 10 comma 1 del D.Lgs 155/2010, il superamento della soglia deve essere misurato o previsto per tre ore consecutive.

TABELLA 9: D. Lgs. 13/08/10 n. 155 – ozono - valori obiettivo, obiettivo a lungo termine, e soglie di informazione ed allarme.

L'ozono troposferico non ha sorgenti dirette, ma si forma all'interno di un ciclo di reazioni fotochimiche che coinvolgono composti, quali ossidi di azoto e composti organici volatili, immessi in atmosfera dalle attività umane.

L'ozono è un inquinante sostanzialmente ubiquitario e, a differenza di quanto avviene per gli inquinanti di tipo primario, situazioni critiche possono riscontrarsi anche in zone distanti dai grossi centri urbani e in aree ad altitudini elevate.

Concentrazioni relativamente basse di ozono provocano effetti quali irritazioni alla gola, alle vie respiratorie e bruciore agli occhi; concentrazioni superiori possono portare alterazioni delle funzioni respiratorie. L'ozono è responsabile anche di danni alla vegetazione, con relativa scomparsa di alcune specie arboree dalle aree urbane.

I valori obiettivo e le soglie di informazione e di allarme in vigore nella UE e in Italia sono riportati nella TABELLA 9.

Le soglie di informazione e di allarme indicano il livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata da parte dei gruppi più sensibili della popolazione (informazione) e di tutta la popolazione (allarme). I valori obiettivo, invece, indicano i livelli di concentrazione al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente. Gli obiettivi a lungo termine stabiliscono il livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate, al fine di assicurare un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente.

Si ricorda infine che l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) nell'ultimo aggiornamento delle linee guida sulla qualità dell'aria² ha ridotto il valore guida per l'ozono da 120 a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, come media massima su 8 ore. Nonostante alcune evidenze sperimentali dimostrino che anche l'esposizione a lungo termine può avere effetti cronici sulla salute, l'OMS non ha per ora ritenuto di raccomandare un valore limite annuale per l'ozono.

ESAME DEI DATI

L'ozono, insieme al PM10 e al biossido di azoto, è uno degli inquinanti di maggiore rilevanza in Europa. L'Agenzia Europea per l'Ambiente non ha ancora reso pubblici i dati del 2015, quindi al momento non è possibile conoscere l'andamento generale delle concentrazioni di ozono sul territorio europeo né valutare la presenza di eventuali trend in diminuzione o crescita. Tuttavia nel 2015 la EEA ha pubblicato un rapporto³ sull'andamento dell'ozono nel periodo 2003-2012 in cui si afferma che non è possibile riconoscere nell'Unione Europea un trend in diminuzione delle concentrazioni di ozono, come media massima su otto ore. L'Agenzia sostiene che variabilità meteorologica, cambiamenti climatici e la crescente emissione di composti organici volatili non metanici (NMVOCs) durante gli incendi boschivi, abbiano avuto un ruolo importante in questa mancata diminuzione. Nel documento si ipotizza inoltre, sulla base di studi di proiezione, che i cambiamenti climatici causeranno un incremento delle concentrazioni di ozono in futuro: di 2-3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nell'Europa centrale e Meridionale e di 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in particolare sul territorio della Pianura Padana. Il livello complessivo di ozono nei prossimi anni dipenderà quindi anche da quanto le misure locali e regionali volte alla riduzione delle emissioni dei precursori dell'ozono riusciranno a contrastare questo ipotetico aumento dovuto al peggioramento delle condizioni climatiche.

In riferimento alla Città Metropolitana di Torino in TABELLA 10 sono riportati i superamenti della soglia di informazione (concentrazione oraria di 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) degli ultimi 10 anni nella provincia di Torino. Delle 13 stazioni di fondo in cui si misura l'ozono, 3 stazioni – Ceresole, Chieri e Susa - non hanno registrato alcun superamento del valore di 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 2015. Il numero maggior di superamenti è stato registrato nelle stazioni di fondo di Druento e Orbassano con rispettivamente 69 e 68 superamenti annui; nella stazione suburbana di Borgaro ci sono stati 32 superamenti totali e in quella rurale di Baldissero, 26 superamenti orari. Tutte le altre stazioni di misura presentano superamenti della soglia di informazione di poche unità (da 1 a 8). Si fa notare che la stazione di Pinerolo non presenta dati per il 2015 poiché, sulla base della riorganizzazione della rete regionale, in quella stazione lo strumento di misura dell'ozono è stato dismesso il 01/01/2015.

Complessivamente sul territorio della Città Metropolitana nel 2015 ci sono stati 192 superamenti della soglia di informazione, concentrati nei mesi di giugno, luglio e agosto, in 9 stazioni di misura. Si tratta di un valore più che raddoppiato rispetto al 2014, dove i superamenti totali sul territorio erano

² WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide - Global update 2005

³ EEA Effects of climate change: air pollution due to ozone and health impacts - 2015

stati 89. Si deve ricordare tuttavia che la temperatura dell'aria ha una notevole influenza sulle concentrazioni di ozono: un innalzamento della temperatura infatti favorisce sia la reazione di decomposizione degli ossidi di azoto sia l'aumento dell'emissione di composti biogenici volatili, tra i principali precursori dell'ozono troposferico. E sul versante climatologico il 2015 è stato senza dubbio eccezionale: si tratta, infatti, dell'anno più caldo dell'intera serie storica 1958-2015, con un incremento medio della temperatura di 1,9 °C rispetto al periodo di riferimento 1971-2000. In particolare il mese di luglio è stato caldissimo, la sua temperatura media è stata superiore di quasi 4 °C rispetto alla media climatica del periodo di riferimento. Non è un caso allora che nel mese di luglio si sia concentrata la maggior parte dei superamenti del valore soglia per l'ozono (il 45%). L'"episodio di ozono" principale è stato dal 12 al 24 luglio, quando la temperatura media in Torino è stata di 29,3 °C, con minimi mai al di sotto dei 22 °C e massimi oltre i 36 °C. Altri due episodi di ozono evidenti sono stati a cavallo tra giugno e luglio e durante la prima decade di agosto, in corrispondenza delle principali ondate di calore dell'estate.

Fortunatamente, come già nel 2014, la soglia di allarme di 240 µg/m³ come media oraria su tre ore consecutive non è stata superata in nessuna stazione di rilevamento del territorio della Città Metropolitana di Torino nel 2015, nemmeno durante l'episodio di ozono di luglio. Viene confermato quindi il trend positivo in atto dal 2008.

I 69 superamenti della stazione di Druento situata nel parco della Mandria, a 20 minuti in auto dall'ingresso del parco, sono invece una chiara dimostrazione del carattere ubiquitario dell'ozono, rilevabile anche in zone a più basso impatto antropico, ma contraddistinte da forte irraggiamento solare e presenza di precursori e/o ozono trasportati dai venti.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2015 (% dati validi)	Soglia di informazione 180 µg/m ³ come media oraria									
		Numero di superamenti									
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Baldissero	93	8 (1)	43	4	26	4	4	12	16	14	26
Borgaro	98	20	63	0	0	0	0	2	0	2	32
Ceresole	98	-	-	-	-	8(3)	4	5	6	0	0
Chieri	98	4	1	0	0	0	-	0 (5)*	0	9*	0
Druento	98	143	69	11*	45*	22	19	63	42	26	69
Ivrea	96	-	-	-	-	0(4)	1	0	0*	1	4
Leini	96	1 (2)	14	7	1	1	4	0	0	2	3
Orbassano	91	30	54	0	2	0	6	14	4	7	68
Susa	94	52	11	9	1	0	0	0	0	0	0
To-Lingotto	98	20	43	26	2	0	1	3	0*	18	8
To-Rubino	95	-	-	-	-	-	-	-	-	6(6)	3
Vinovo	97	13	16	0	5	0	5	0	0	4	1

(1) strumento operativo dal 28/07/06
(2) strumento operativo dal 27/07/06
(3) serie storica disponibile a partire dal 2010
(4) strumento operativo dal 25/01/10
(5) strumento operativo dal 17/02/12
(6) strumento operativo dal 23/05/2013
* la percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal DLgs 155/2010 (90%)

TABELLA 10: ozono, confronto con le soglie di informazione come da D.Lgs. n. 155/2010.

In TABELLA 11 e in TABELLA 12 sono riportate rispettivamente le elaborazioni necessarie per la verifica del conseguimento del valore obiettivo per la protezione della salute umana e del valore obiettivo per la protezione della vegetazione. Entrambi gli obiettivi in genere non sono rispettati.

In tutte le stazioni di monitoraggio - fatta eccezione per la stazione di Susa - il numero di giorni di superamento del valore obiettivo per la protezione della salute umana mediato negli ultimi tre anni di misurazioni è superiore ai 25 giorni consentiti. Non è possibile individuare un trend comune per tutto il territorio: rispetto agli anni passati per alcune stazioni il valore medio su tre anni aumenta - per Borgaro e Chieri in particolare - per altre stazioni diminuisce, ad esempio a Vinovo e a Druento.

Il numero di giorni di superamento del livello di protezione della salute di 120 µg/m³ del solo 2015 invece aumenta per tutte le stazioni di misura rispetto al 2014; per molte stazioni i superamenti sono più che duplicati. Se si prendesse in considerazione con scopo puramente descrittivo il parametro "soglia del valore obiettivo" e cioè che il numero di superamenti del limite di 120 µg/m³ non debba essere superato più di 25 giorni nel corso di un unico anno solare, nel 2015 nessuna stazione di misura lo rispetterebbe, a differenza del 2014 quando ben 8 stazioni su 13 risultarono virtuose, con meno di 25 superamenti. Il dato non sorprende, anche alla luce delle considerazioni fatte in

precedenza sull'influenza della meteorologia sulle concentrazioni di ozono troposferico. Di fatto negli anni più caldi i superamenti dei limiti aumentano, negli anni più freschi diminuiscono, senza riuscire per ora, come già detto dalla stessa EEA, ad individuare un evidente trend in diminuzione per questo inquinante.

La media degli ultimi cinque anni dell'AOT40 - valore obiettivo per la protezione della vegetazione -, diminuisce rispetto al quinquennio 2010-2014 per le stazioni di Baldissero e Ceresole (rispettivamente da 33587 a 32792 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ per Baldissero, e da 31932 a 29845 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ per Ceresole) ed aumenta per la stazione di Druento, da 31521 a 32416 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$. Di fatto le concentrazioni rimangono piuttosto stabili negli anni e i valori sono sempre notevolmente superiori al limite stabilito dalla normativa italiana ed europea - 18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$.

Si ricorda che l'Allegato VIII del D.Lgs. 155/2010 stabilisce che le stazioni per la misura dell'ozono, per ciò che concerne la verifica del rispetto del valore obiettivo per la protezione della vegetazione, siano ubicate in siti suburbani e rurali e ne stabilisce la rappresentatività spaziale; tra le stazioni in cui viene effettuata la misura dell'ozono, in questo capitolo sono state selezionate per il calcolo dell'AOT40 quelle classificate come fondo rurale, ubicate in aree con presenza significativa di ecosistemi naturali. Si specifica tuttavia che la Regione Piemonte con la D.G.R. 41-855 del 29 dicembre 2014 ha individuato come stazione di fondo in sito rurale per la misurazione dell'ozono la sola stazione di Dernice, in Provincia di Alessandria. Le considerazioni precedenti relative alle stazioni di Baldissero, Ceresole e Druento hanno quindi un puro valore indicativo.

STAZIONE	Valore bersaglio per la protezione della salute umana										
	Numero di giorni con la media massima, calcolata su 8 ore, superiore a 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$										
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	MEDIA 2013-2015
Baldissero	*(1)	95	72	116	97	94	74	88	51	62	67
Borgaro	44	93	31	35	52	46	41	27	10	71	36
Ceresole	-	-	-	-	82(3)	70	77	58	26	57	47
Chieri	28	37	14	27	0	-	53*(5)	36	41	73	50
Druento	78	95	29	52	59	93	87	72	21	59	51
Ivrea	-	-	-	-	53(4)	39	42	31*	19	61	40
Leini	*(2)	63	56	61	62	70	37	34	8	39	27
Orbassano	55	89	30	68	36	60	65	66	34	74	58
Susa	57	66	53	42	31	36	45	38	5	20	21
To-Lingotto	56	70	74	36	34	30	45	39*	43	57	50
To-Rubino	-	-	-	-	-	-	-	-	18	53	-
Vinovo	54	74	44	86	37	71	64	47	13	31	30

(1) strumento operativo dal 28/07/06
 (2) strumento operativo dal 27/07/06
 (3) serie storica disponibile a partire dal 2010
 (4) strumento operativo dal 25/01/10
 (5) strumento operativo dal 17/02/12
 (6) strumento operativo dal 23/05/2013
 * la percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal DLgs 155/2010 (90%)

TABELLA 11: ozono, confronto con i valori bersaglio per la protezione della salute umana.

STAZIONE	DECRETO LEGISLATIVO n. 155/ del 13/08/2010										
	Valore bersaglio per la protezione della vegetazione										
	AOT 40 (18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$)										
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	MEDIA 2011-2015
Baldissero	*	33360	31118	44921	40260	30317	30256	38576	28525	36285	32792
Druento	48015	38407	18936	25433	32365	31022	38098	32780	23341	36839	32416
Ceresole	-	-	-	-	43125	27976	35311	30089	23159	32688	29845

* la percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal DLgs 155/2010 (90%)

TABELLA 12: ozono, confronto degli ultimi 5 anni con i valori bersaglio per la protezione della vegetazione.

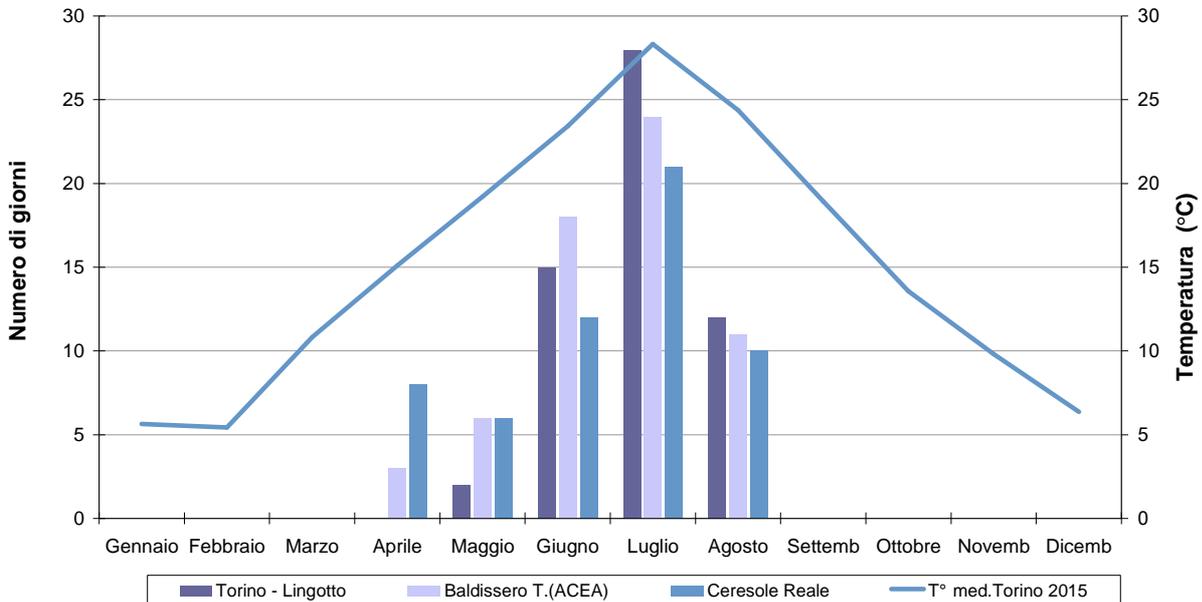
In FIGURA 7 è riportata, per l'anno 2015, la distribuzione mensile dei superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana per tre stazioni: Torino-Lingotto, rappresentativa del fondo urbano, Baldissero Torinese e Ceresole, poste più in quota e rappresentative del fondo rurale. Il numero di giorni di superamenti del limite dei 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ segue l'andamento della temperatura media mensile registrata nella stazione di To-Consolata (FIGURA 8): i superamenti aumentano nella stagione primaverile-estiva fino a raggiungere il valore massimo a luglio, per poi diminuire ad agosto e scomparire a settembre. In particolare, luglio non è stato solo il mese più caldo in quasi sessant'anni di misurazioni, ma è stato anche uno dei più secchi, con soli 30 mm di

pioggia caduti in 31 giorni nella stazione di To-Consolata. La pioggia, a differenza della temperatura, ha un effetto positivo sulla diminuzione delle concentrazioni di ozono, sia perché favorisce il dilavamento dall'atmosfera dei suoi precursori solubili, come il biossido di azoto; sia perché le giornate con precipitazioni significative sono di solito caratterizzate da una ridotta radiazione solare.

Luglio 2014 e luglio 2015 sono due chiari esempi di come la meteorologia possa influenzare in maniera opposta la concentrazione atmosferica di ozono: le temperature non elevate e le abbondanti piogge del luglio 2014 hanno portato a concentrazioni di ozono relativamente basse per il periodo; le alte temperature e le scarse precipitazioni del 2015 hanno favorito invece la formazione di ozono e l'aumento del numero di superamenti del valore obiettivo.

La FIGURA 9 mostra l'andamento delle concentrazioni di ozono nelle stazioni di To-Lingotto e Baldissero Torinese durante i sei mesi estivi – da aprile a settembre – del periodo 2005 - 2015. Per la stazione di Baldissero la concentrazione media del semestre estivo diminuisce rispetto all'anno precedente, raggiungendo il valore più basso del decennio (94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Per la stazione di Torino-Lingotto la concentrazione estiva di ozono, invece, aumenta rispetto agli anni precedenti e raggiunge i 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come negli anni 2008-2009. Così mentre per la stazione di Baldissero, rappresentativa di una realtà rurale di fondo, si può individuare un leggero trend in diminuzione negli ultimi anni di misura - che andrà tuttavia confermato negli anni successivi - per la stazione di To-Lingotto, esemplificativa di una realtà di fondo metropolitano, appare evidente che questa valutazione non sia possibile; le concentrazioni del periodo estivo, infatti, oscillano ormai da 10 anni intorno ai 67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

O₃ - Confronto temperatura* e distribuzione temporale dei superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana (numero di giorni con la media massima, calcolata su 8 ore, superiore a 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) - anno 2015



*Temperatura misurata nella stazione di Torino sita in via della Consolata.

FIGURA 7: ozono - distribuzione temporale dei superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana per le stazioni di To-Lingotto, Baldissero Torinese e Ceresole, anno 2015.

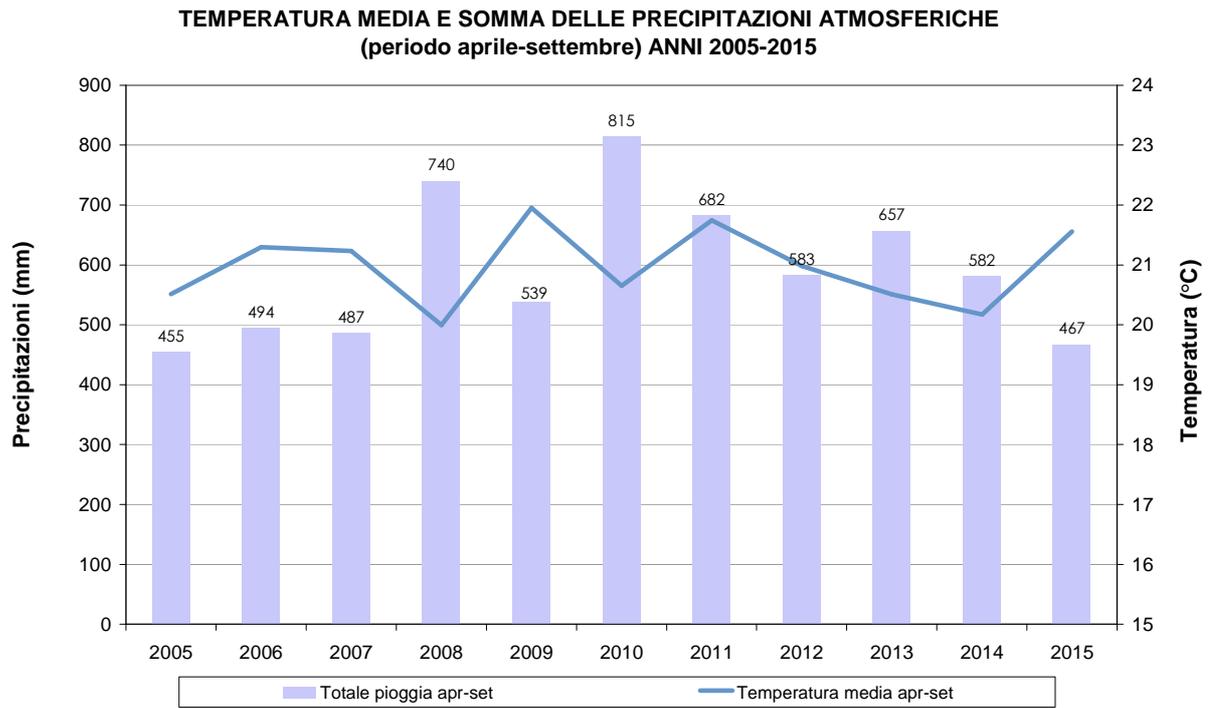


FIGURA 8: temperatura media e somma delle precipitazioni atmosferiche, nel periodo aprile-settembre, anni 2005-2015, stazione di To-Consolata.

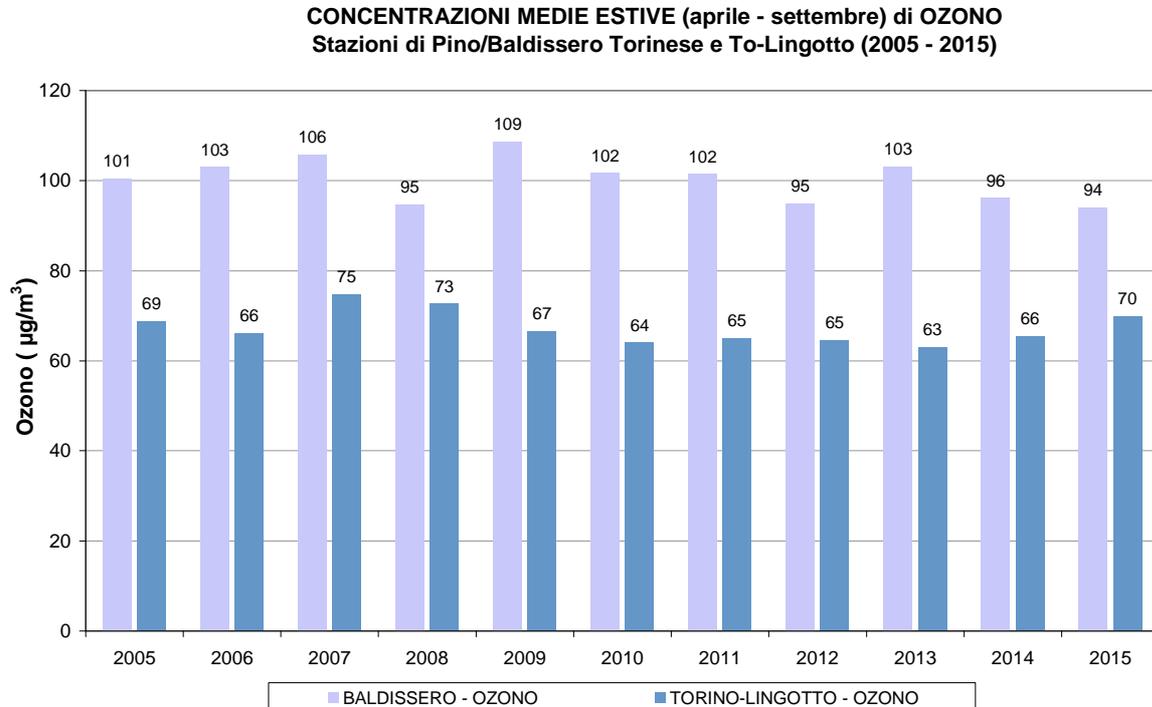


FIGURA 9: ozono, medie del periodo aprile-settembre dal 2005 al 2015 (dall'anno 2005 al 2007 i valori considerati sono quelli registrati presso la stazione di Pino Torinese).

In generale l'analisi delle serie storiche delle concentrazioni di ozono rilevate in più di 10 anni di misurazioni (FIGURA 9) mostra una sostanziale stabilità dei valori di questo inquinante, in special modo nelle aree urbane dove maggiore è la produzione di precursori. La variabilità dei valori annuali pare piuttosto legata alla situazione meteorologica del singolo anno. Si conferma quindi il ruolo fondamentale delle condizioni meteoroclimatiche nell'influenzare le concentrazioni di ozono a livello della troposfera, sia per il verificarsi di condizioni che favoriscono episodi di accumulo e che portano ai cosiddetti "episodi di ozono" (elevata insolazione, alte temperature, condizioni di alta pressione), sia per il ruolo che la radiazione solare ha nei meccanismi di reazione di formazione dell'O₃ in presenza di COV (composti organici volatili) e NO_x (ossidi di azoto).

Il dato positivo del 2014 per cui le concentrazioni medie annue erano state inferiori alla media del decennio precedente per tutte le stazioni di misura, non si ripete nel 2015. Per alcune stazioni - To-Lingotto, Borgaro e Orbassano - la concentrazione media di ozono del 2015 è più alta della media del decennio 2005-2014. D'altronde nel report precedente (Uno sguardo all'aria 2014) si ipotizzava che la diminuzione generalizzata delle concentrazioni annue di ozono della Città Metropolitana di Torino era verosimilmente una diretta conseguenza delle eccezionali condizioni meteorologiche del 2014 – bassa radiazione solare nei mesi estivi, alta piovosità di luglio e agosto - piuttosto che l'espressione dell'inizio di un nuovo e più marcato trend in diminuzione delle concentrazioni di ozono troposferico e dei suoi precursori di origine antropica.

La criticità per l'ozono, inquinante ubiquitario e dalla genesi complessa, rimane dunque alta per la città metropolitana di Torino e per tutto il nord Italia in generale. Purtroppo a differenza di altri inquinanti, per i quali le politiche ambientali mirate hanno portato ad una diminuzione delle concentrazioni nel corso degli anni, nel caso dell'ozono gli effetti delle politiche volte alla riduzione dei precursori sono ancora poco evidenti.

BENZENE

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

D. Maria, Città metropolitana di Torino, F. Lollobrigida, ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.

DESCRIZIONE

Il benzene (C₆H₆) è un composto chimico che a temperatura ambiente e pressione atmosferica si presenta allo stato liquido.

Viene sintetizzato a partire da diversi composti chimici presenti nel petrolio ed impiegato come antidetonante nella benzina. Si produce inoltre durante la combustione a partire soprattutto da altri idrocarburi aromatici. Stime effettuate dall'Unione Europea attribuiscono alle emissioni dei veicoli a benzina più del 70% del totale delle emissioni di benzene.

La maggior fonte di esposizione per la popolazione deriva pertanto dai gas di scarico dei suddetti autoveicoli.

La normativa italiana in vigore fissa, a partire dal 1 luglio 1998, il tenore massimo di benzene nelle benzine all'uno per cento.

Il benzene è una sostanza classificata:

- dalla Comunità Europea come cancerogeno di categoria 1, R45;
- dalla I.A.R.C. (International Agency for Research on Cancer) nel gruppo 1 (sostanze per le quali esiste un'accertata evidenza in relazione all'induzione di tumori nell'uomo);
- dalla A.C.G.I.H. (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) in classe A1 (cancerogeno accertato per l'uomo).

Studi di mutagenesi evidenziano inoltre che il benzene agisce sul bagaglio genetico delle cellule.

Con esposizione a concentrazioni elevate, superiori a milioni di ppb, si osservano danni acuti al midollo osseo. Un'esposizione cronica può provocare la leucemia (casi di questo genere sono stati riscontrati in lavoratori dell'industria manifatturiera, dell'industria della gomma e dell'industria petrolifera).

Stime dell'Organizzazione Mondiale della Sanità indicano che, a fronte di un'esposizione a 1 µg/m³ di benzene per l'intera vita, quattro persone ogni milione sono sottoposte al rischio di contrarre la leucemia.

VALORE LIMITE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo medio	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	5 µg/m ³	1 gennaio 2010

TABELLA 13: D.lgs. 155/2010, valori limite per il benzene.

ESAME DEI DATI

La FIGURA 10 mostra, a partire dal 1996, i livelli in atmosfera di questo inquinante misurati dalle stazioni di To-Consolata e To-Rebaudengo, le due stazioni di traffico presenti nella città di Torino.

Come si vede, dal 2004 il valore limite per la protezione della salute umana (pari a 5 µg/m³ come media annuale) risulta rispettato anche grazie all'introduzione, da luglio 1998, del limite dell'1% del tenore di benzene nelle benzine ed al progressivo aumento del numero di auto catalizzate sul totale degli autoveicoli circolanti.

La TABELLA 14 evidenzia che le medie annuali del 2015 misurate anche nelle altre centraline della rete di monitoraggio sono ampiamente sotto il limite di legge, i valori misurati negli ultimi 3 anni sono sostanzialmente stabili e si attestano su concentrazioni inferiori alla metà del valore limite.

**CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI BENZENE
1996 - 2015**

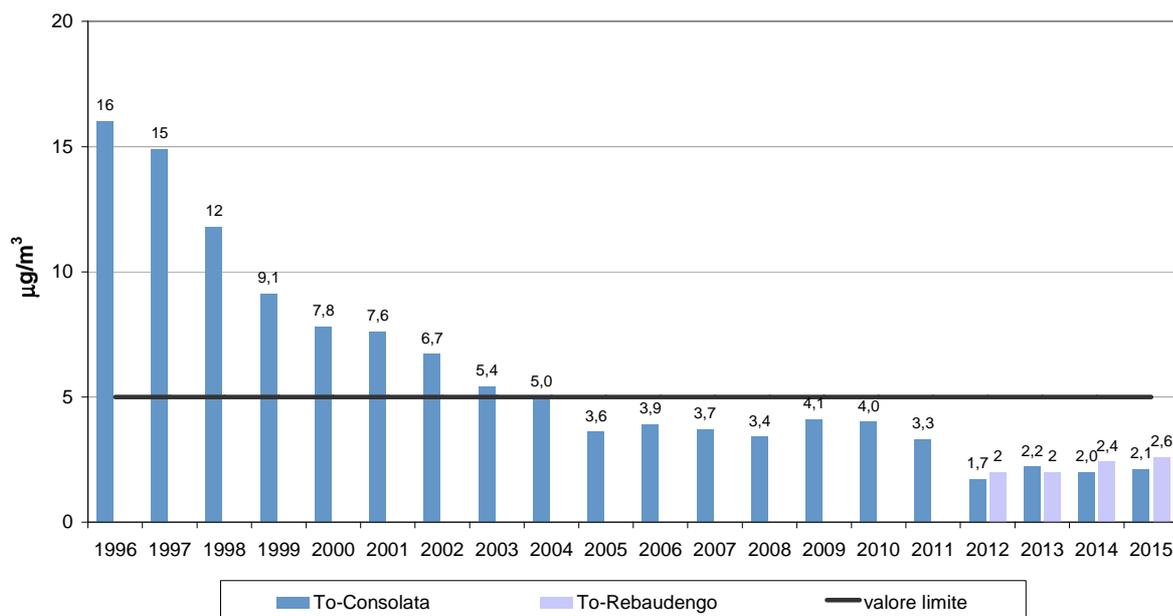


FIGURA 10: concentrazioni medie annue di benzene rilevate negli anni 1996-2015.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2015 (% dati validi)	VALORE MEDIO ANNUO Valore limite annuale: 5 µg/m³									
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Beinasco (TRM)	93%								2,2*	2,1*	1,3
Borgaro T.se	94%								1,5	1,4	1,3
Settimo T.se	96%								2,0	2,1	2,3
To-Consolata	95%	3,9	3,7	3,4	4,1	4	3,3	1,7	2,2	2,0	2,1
To-Lingotto	84%							1,3	1,2*	1,0	1,1*
To-Rebaudengo	90%							2,0	2,0	2,4*	2,6
To-Rubino	83%					3,3	2,7	2,6	2,5	2,2	2,1*
Vinovo	94%							1,2	1,7*	1,2*	1,6

* la percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal DLgs 155/2010 (90%)

TABELLA 14: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il benzene.

PARTICOLATO SOSPESO

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

M. Sacco, ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.

DESCRIZIONE

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso, generalmente solido, in sospensione nell'aria. La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali (pollini e frammenti di piante), il materiale inorganico prodotto da agenti naturali (vento e pioggia), dall'erosione del suolo o dei manufatti (frazione più grossolana), etc. Nelle aree urbane il materiale particolato di natura primaria può avere origine da lavorazioni industriali (cantieri edili, fonderie, cementifici), dall'usura dell'asfalto, degli pneumatici, dei freni, delle frizioni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli dotati di motore a ciclo diesel. Una componente significativa del particolato di minori dimensioni ha inoltre origine da processi secondari, che comportano la trasformazione in particelle di inquinanti originariamente emessi in forma gassosa.

Gli studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra le concentrazioni di polveri in aria e la manifestazione di malattie croniche alle vie respiratorie, in particolare asma, bronchiti ed enfisemi. A livello di effetti indiretti, inoltre, il particolato fine agisce da veicolo di sostanze ad elevata tossicità, quali ad esempio gli idrocarburi policiclici aromatici e i metalli.

Il rischio sanitario legato alle sostanze presenti in forma di particelle sospese nell'aria dipende, oltre che dalla loro concentrazione, anche dalla dimensione delle particelle stesse. Le particelle di dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana, in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. In prima approssimazione:

- le particelle con diametro superiore ai 10 µm si fermano nelle prime vie respiratorie;
- le particelle con diametro tra i 5 e i 10 µm raggiungono la trachea e i bronchi;
- le particelle con diametro inferiore ai 5 µm possono raggiungere gli alveoli polmonari.

I valori limite sono riportati nella TABELLA 15.

PM10 - VALORE LIMITE DI 24 ORE		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data entro la quale il valore limite deve essere raggiunto
24 ore	50 µg/m ³ PM10 non superare più di 35 volte per anno civile	1 gennaio 2005
PM10 - VALORE LIMITE ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data entro la quale il valore limite deve essere raggiunto
Anno civile	40 µg/m ³ PM10	1 gennaio 2005
PM2,5 FASE 1 ⁴ - VALORE LIMITE ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data entro la quale il valore limite deve essere raggiunto
Anno civile	25 µg/m ³ PM2,5	1 gennaio 2015

TABELLA 15: D.Lgs. 13/8/2010 n. 155, valori limite per il PM10 e il PM2,5.

ESAME DEI DATI

Frazione PM10 e PM2,5

Nel 2015 i valori medi annuali aumentano rispetto al 2014, così anche il numero di superamenti del valore limite di 24 ore. L'anno 2015 in Piemonte è stato il più caldo dell'intera serie storica di misure dal 1958 ad oggi, con un'anomalia di circa +1,9°C rispetto alla climatologia del periodo 1971-2000.

Spicca il mese di luglio, risultato quello con le temperature più elevate di tale serie storica, con un'anomalia termica di circa +3,9°C rispetto alla media climatica degli anni 1971-2000. Un contributo rilevante all'anomalia termica positiva è stato dato anche dai mesi di novembre e dicembre, anch'essi al primo posto nelle rispettive distribuzioni storiche mensili. Nel 2015 sono caduti circa 924 mm di precipitazione in Piemonte, con un deficit pluviometrico di 128 mm (pari al 12%)

⁴ Il Decreto Legislativo 155/2010, che ha sostituito il DM 60/2002, ha poi previsto una fase 2 per il PM2,5, da raggiungere entro il 2020, con un valore limite più restrittivo che sarà stabilito con successivo decreto, tenuto conto del valore indicativo di 20 µg/m³ e delle verifiche effettuate dalla Commissione Europea alla luce di ulteriori informazioni circa le conseguenze sulla salute e sull'ambiente, la fattibilità tecnica e l'esperienza circa il perseguimento del valore obbiettivo negli Stati membri.

nei confronti della norma 1971-2000, a causa della scarsità di pioggia caduta tra novembre e dicembre, mesi in cui nessuna giornata ha registrato una precipitazione media sulla regione superiore ai 5 mm.⁵ Il numero di giorni favorevoli all'accumulo di PM10 è stato simile a quello dei tre anni precedenti ma è in leggero aumento rispetto al 2014, dopo un trend discendente che durava dal 2011 (vedi FIGURA 88 nel capitolo "CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'ANNO 2015"); inoltre, analizzando l'andamento mensile dell'indice si osserva, rispetto al periodo 2006-2014, una criticità particolarmente accentuata nei mesi di novembre e dicembre e, in misura minore, di gennaio, mentre gli altri mesi dell'anno ricadono nella media (o addirittura al di sotto, come ottobre) del periodo esaminato.

I dati di PM10 sul lungo periodo (dal 2000, FIGURA 11) presentano un andamento decrescente, con un decremento medio annuale di circa due $\mu\text{g}/\text{m}^3$; attualmente i valori medi annuali oscillano intorno ai 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nelle stazioni di Torino e ai 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nelle stazioni esterne alla città di Torino.

In FIGURA 12 si osserva che il valore limite annuale di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ non viene rispettato esclusivamente nella stazione di Torino-Rebaudengo e Carmagnola e la concentrazione è pari al limite a Torino-Consolata. Considerando l'insieme delle stazioni metropolitane esistenti in entrambi gli anni 2014-2015, si osserva un aumento delle concentrazioni medie del 17% rispetto al 2014.

In FIGURA 13 sono riportate le medie mensili per tre stazioni rappresentative della rete metropolitana; le concentrazioni maggiori si misurano in inverno, periodo in cui si aggiungono le emissioni degli impianti di riscaldamento e contemporaneamente si verificano le condizioni meteorologiche più sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti. Nel 2015 i mesi più critici sono stati gennaio, novembre e dicembre, in particolare in questi ultimi due mesi i superamenti del limite giornaliero, nel territorio provinciale, hanno rappresentato il 50 % del totale annuo. Nei mesi da aprile a settembre prevalgono condizioni di instabilità atmosferica favorevoli alla dispersione degli inquinanti, per cui anche nelle stazioni più critiche i valori medi mensili risultano al di sotto dei 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Il Decreto Legislativo 155/2010 stabilisce anche un limite giornaliero (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e un numero massimo di superamenti di tale valore nel corso dell'anno, pari a 35. Tale limite risulta più stringente di quello annuale⁶ e pertanto nella maggior parte delle stazioni non è rispettato (FIGURA 14). Il numero maggiore di superamenti del limite giornaliero si è verificato a Carmagnola ed è stato pari a 107, seguita da Torino-Rebaudengo con 101 superamenti, ma anche nelle stazioni di fondo urbano di Torino-Lingotto e Torino-Rubino la situazione si mostra critica con 86 e 84 superamenti rispettivamente. La stazione di monitoraggio di Carmagnola si trova in un sito influenzato dall'intenso traffico veicolare di due arterie stradali importanti, la SR 20 e SP129, nel quale è rilevante la circolazione di veicoli pesanti. I veicoli pesanti sono alimentati quasi esclusivamente dal carburante diesel, la cui combustione è la principale sorgente di PM10 derivante da traffico veicolare, pertanto questo ha determinato concentrazioni di particolato molto elevate. Un contributo rilevante può derivare inoltre dal particolato secondario originato da ammoniaca e composti organici volatili non metanici, le emissioni dei quali a Carmagnola sono tra le maggiori nel territorio provinciale⁷.

⁵ Arpa Piemonte Sistemi Previsionali, Il clima in Piemonte - Anno 2015

⁶ Si veda il capitolo ANALISI DEL RAPPORTO DI CORRELAZIONE FRA MEDIA ANNUALE E NUMERO DI SUPERAMENTI DEL VALORE LIMITE PER IL PARTICOLATO PM10 – LA SITUAZIONE NELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO NEL QUADRO EUROPEO, Uno sguardo all'aria 2014

⁷ IREA - Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (<http://www.sistemapiemonte.it/cms/privati/ambiente-e-energia/servizi/474-irea-inventario-regionale-delle-emissioni-in-atmosfera>)

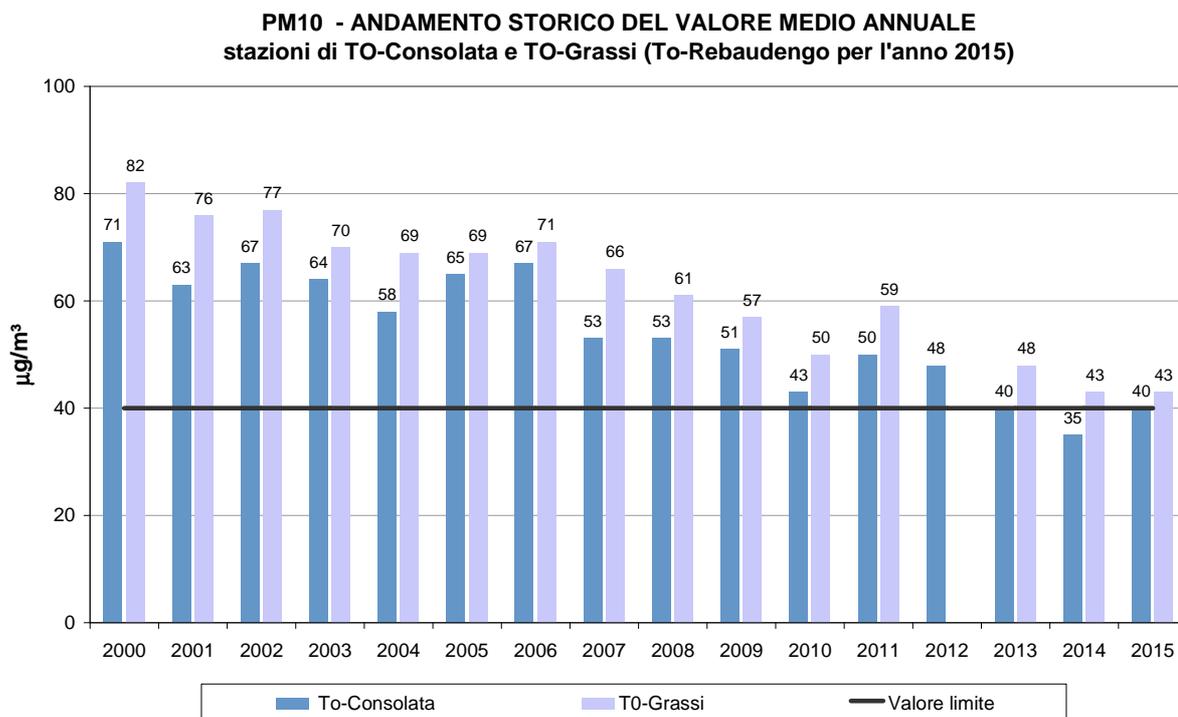


FIGURA 11: parametro PM10, concentrazioni medie annue rilevate nella città di Torino nel periodo 2000-2015 (per l'anno 2015 il dato è relativo a Torino-Rebaudengo).

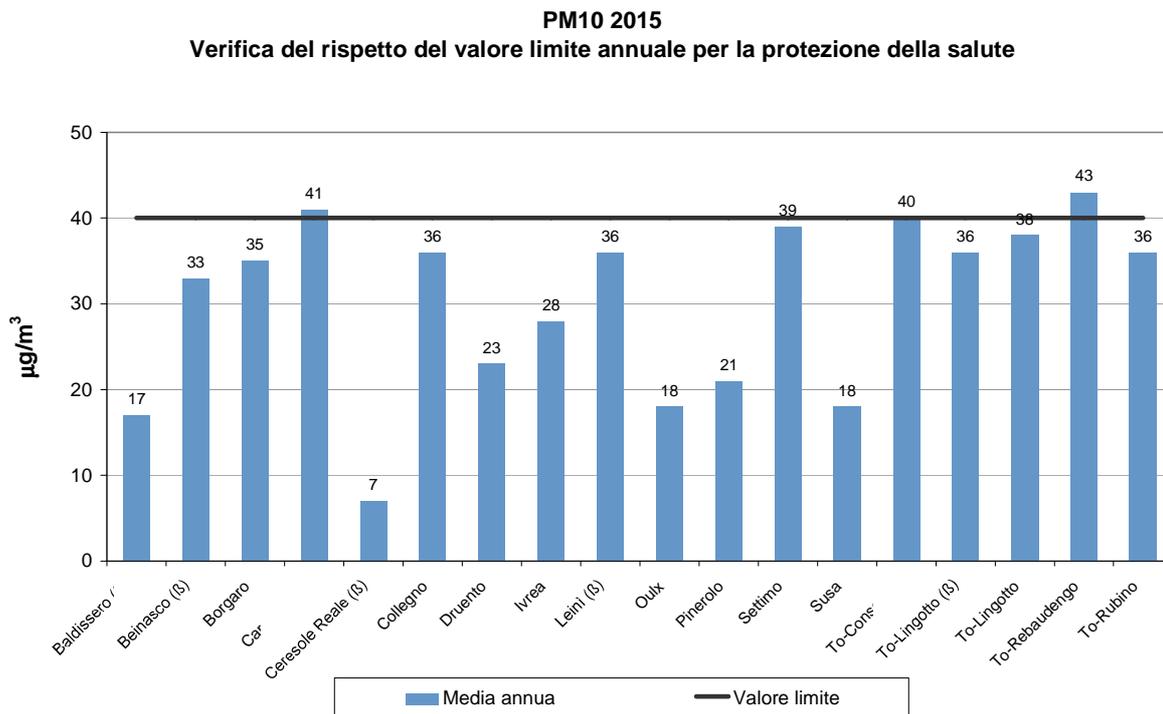


FIGURA 12: valore medio annuale misurato presso le stazioni di monitoraggio metropolitane.

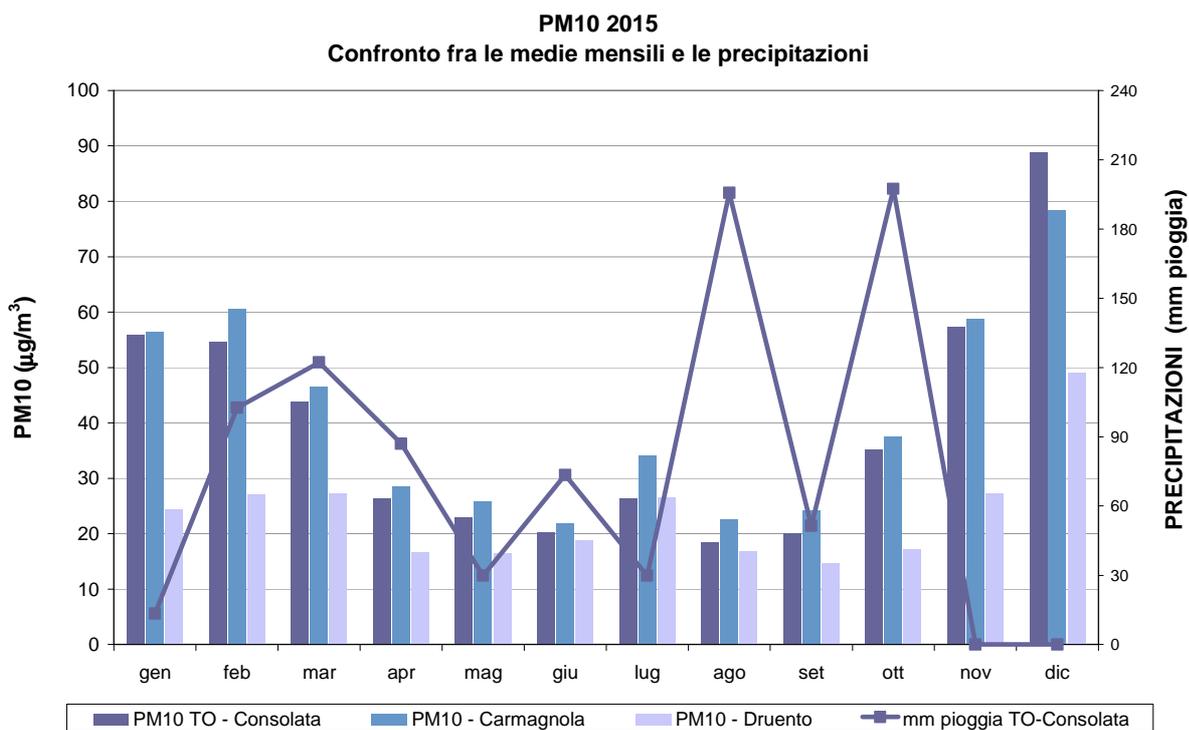


FIGURA 13: andamento delle precipitazioni atmosferiche e delle concentrazioni di PM10 in alcune stazioni della città metropolitana di Torino nell'anno 2015.

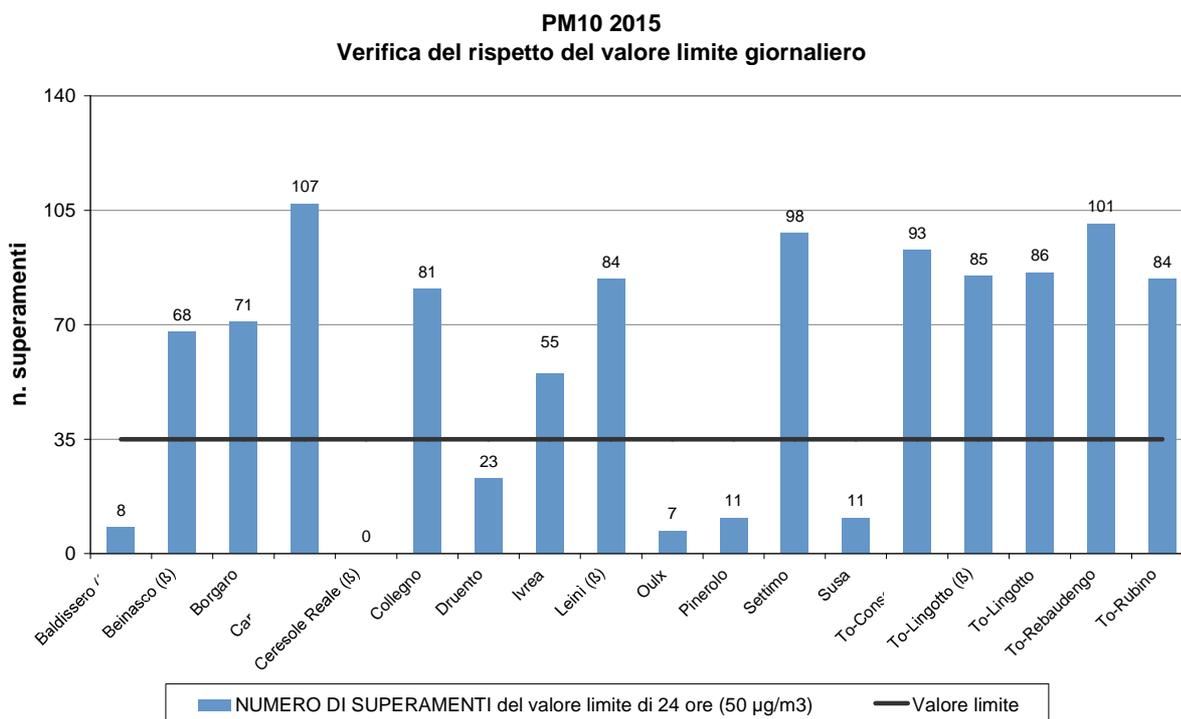


FIGURA 14: parametro PM10, numero di superamenti del limite di 24 ore per la protezione della salute (50 µg/m³ come media giornaliera).

Negli ultimi anni la normativa ha preso in considerazione anche le particelle di minori dimensioni e il Decreto Legislativo 155/2010 ha introdotto un valore limite per il PM2,5 (la cosiddetta frazione fine del particolato) pari a 25 µg/m³ come media annua da raggiungere entro il 1 gennaio 2015. La rete della città metropolitana di Torino nel corso degli anni è stata arricchita di numerosi campionatori, infatti oltre a quelli "storici" delle stazioni di To-Lingotto e Leini, attivi da dieci anni, attualmente il monitoraggio del PM2,5 avviene in ulteriori sette siti, scelti per rappresentare varie situazioni emissive (TABELLA 16). Da settembre 2012 inoltre Arpa Piemonte gestisce la stazione di

Beinasco-Aldo Mei, di proprietà TRM, installata per monitorare la zona di massima ricaduta dell'inceneritore. Dal 2014 si è aggiunta la stazione di To-Rebaudengo.

Rispetto al 2014 la concentrazione media di PM_{2,5} su base annuale è aumentata ed al di sopra del valore limite nelle stazioni di Beinasco, Borgaro, Leini, To-Lingotto, To-Rebaudengo e Settimo Torinese, l'unica che ha sempre superato il limite da quando è attiva. Il trend su lungo periodo è decrescente per tutte le stazioni. La stazione di Ceresole invece rappresenta un'area rurale non soggetta ad emissioni antropiche e pertanto ha valori minimi.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2015 (% giorni validi)	PM _{2,5} - VALORE MEDIO ANNUO									
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Beinasco – TRM (B)	98%	-	-	-	-	-	-	38*	25	23	26
Borgaro	97%	-	-	-	-	25*	33	31	27	23	26
Ceresole Reale (B)	94%	-	-	-	-	-	-	5*	5*	4	6*
Chieri	96%	-	-	-	-	-	-	43*	28	22	24
Ivrea	84%	-	-	-	-	-	28*	27	24*	19*	24
Leini (B)	97%	33*	40*	35*	34*	29*	29*	29*	26	22	30
Settimo	99%	-	-	-	-	-	-	37	33	26	31
To-Lingotto	92%	40	36*	35	33	29	35	33	29	24	27*
To-Rebaudengo	85%	-	-	-	-	-	-	-	-	25*	27*

(*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 16: parametro PM_{2,5}, valutazione statistica anni 2006-2015.

PM₁₀ E PM_{2,5} CONFRONTO DELLE MEDIE MENSILI
Stazione di Torino Lingotto - anno 2015

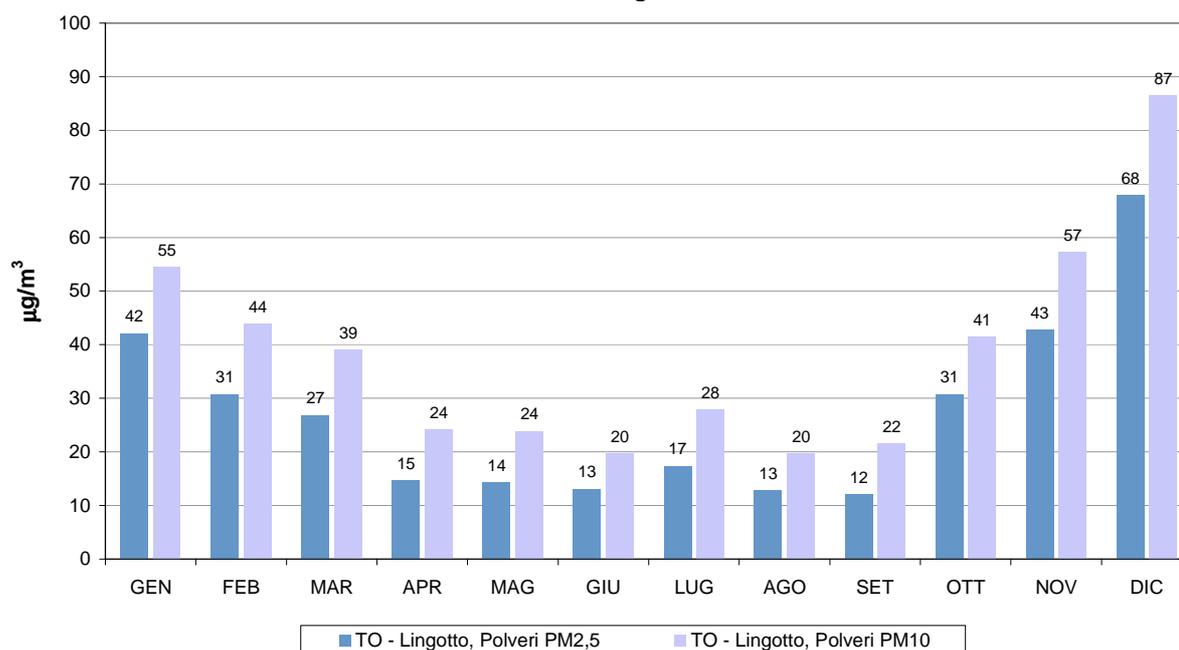


FIGURA 15: confronto tra PM_{2,5} e PM₁₀ presso la stazione di Torino – Lingotto.

In FIGURA 15 sono riportati i valori mensili di PM_{2,5} a confronto con quelli di PM₁₀ a To-Lingotto, prendendo in considerazione solo i giorni in cui entrambi gli strumenti erano funzionanti.

In questa stazione, ed in generale in quelle di fondo urbano, la frazione più fine incide mediamente in maniera maggiore nei mesi freddi, mentre nei mesi estivi è percentualmente meno alta rispetto al PM₁₀. Nel 2015 nella stazione di Torino Lingotto il PM_{2,5} costituisce in media circa il 73% del PM₁₀ nel semestre freddo e il 63% nel semestre caldo.

Tale fenomeno, confermato dalle analisi sulla serie storica, è attribuibile al fatto che la componente secondaria del particolato si concentra maggiormente nella frazione PM_{2,5} ed è maggiore in periodo invernale rispetto a quello estivo. Da analisi eseguite in un sito urbano

nell'area metropolitana torinese è risultato che nel periodo freddo la componente secondaria rappresenta il 61 % del PM_{2,5}, mentre nel periodo caldo cala al 49,5%⁸.

La formazione secondaria del particolato a partire da sostanze gassose (i "precursori") è favorita dall'irraggiamento solare, ma occorre considerare che nei mesi freddi la concentrazione al suolo degli inquinanti precursori (idrocarburi, ossidi di azoto, ecc.) è maggiore sia a causa delle condizioni meteorologiche di stabilità atmosferica sia per il contributo degli impianti di riscaldamento.

Ciò vale in particolare nel caso dei nitrati, che sono una delle componenti principali del particolato secondario. Come evidenziato dai risultati del progetto iMonitraf!, descritti nell'edizione 2011 di "Uno sguardo all'aria", i nitrati si concentrano maggiormente nelle frazioni inferiori a 1,5 µm e nei mesi freddi arrivano a costituire circa il 25% in massa del PM₁₀. Il nitrato d'ammonio, che è la forma prevalente, è un composto semivolatile, per cui in condizioni di bassa temperatura (in autunno-inverno) è favorita la sua condensazione in fase particolato⁹. Nei mesi freddi aumenta inoltre l'emissione di ossidi di azoto a causa dell'accensione degli impianti di riscaldamento e sono meno intensi i processi di fotolisi dell'acido nitrico aerodisperso, la cui presenza è necessaria alla formazione dei nitrati in fase particellare.

Un altro fattore che può risultare rilevante sulla distribuzione dimensionale delle particelle è la velocità del vento, che mediamente aumenta da marzo ad agosto e quindi può incrementare il risollevarsi della frazione più grossolana del particolato nel periodo estivo.

Il ruolo dell'irraggiamento solare quale fattore influenzante la formazione del particolato più fine è più evidente nella stazione di Ceresole Reale, lontana da fonti di emissione e posta a una quota più elevata dell'altezza dello strato rimescolato invernale, da cui hanno origine le elevate concentrazioni del particolato misurate in pianura durante i mesi freddi. In questa stazione si osserva che l'andamento delle medie mensili è opposto a quello delle stazioni collocate in ambiti urbani di pianura: mentre in queste ultime i valori massimi di PM_{2,5} si registrano in inverno, a Ceresole i valori mensili massimi si verificano nella stagione estiva, in corrispondenza della massima insolazione, come si può osservare in FIGURA 16.

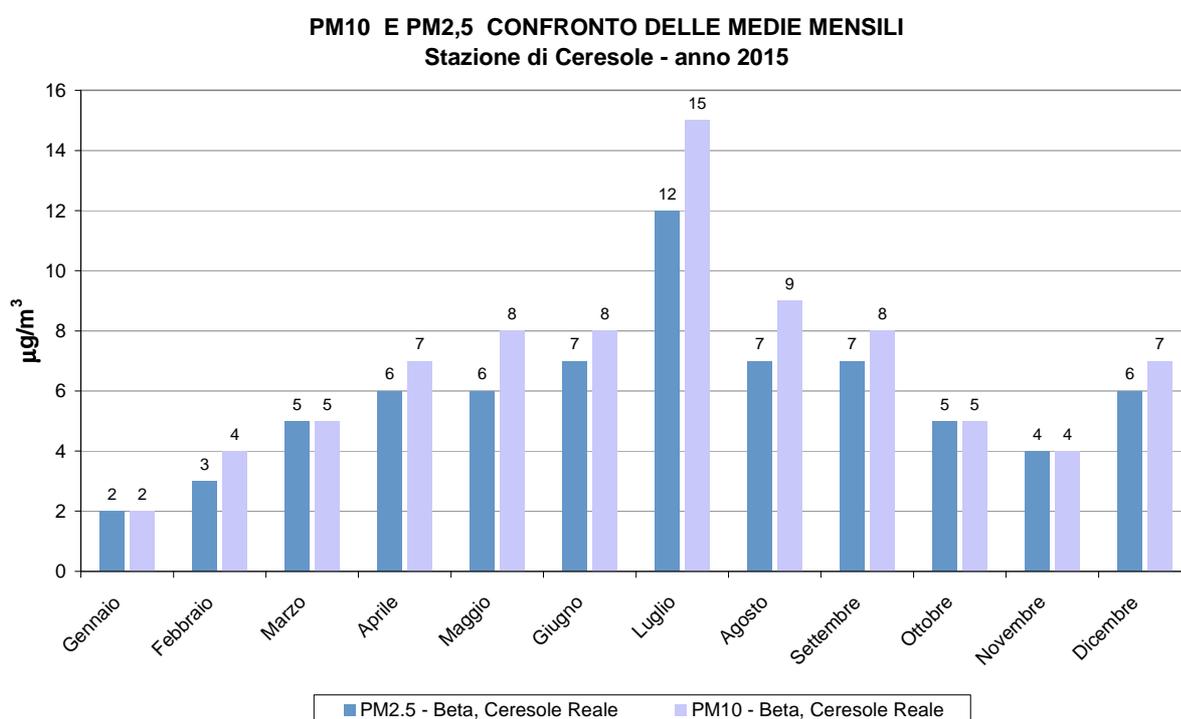


FIGURA 16: confronto tra PM_{2,5} e PM₁₀ presso la stazione di Ceresole Reale.

⁸ Arpa Piemonte, Dipartimento Provinciale di Torino "Progetto di studio delle sorgenti di inquinamento atmosferico nel territorio circostante la centrale termoelettrica di IRIDE "Torino Nord", maggio 2013

⁹ Perrone Maria Grazia et al, Seasonal variations in chemical composition and in vitro biological effects of fine PM from Milan, March 2010, Chemosphere, Volume 78, Issue 11, pag 1368-1377

L'andamento orario del particolato in due siti urbani di traffico e di background.

La misura del particolato con dettaglio orario non ha rilevanza in merito al rispetto dei limiti, che fanno riferimento alla concentrazione media giornaliera, ma è utile al fine di valutare le prestazioni dei modelli di dispersione e trasformazione degli inquinanti (che ricostruiscono le serie temporali orarie) e per approfondire le dinamiche di formazione del particolato aerodisperso. A questo scopo nel maggio 2013 è stato installato nella stazione di To-Rubino uno strumento che fornisce la misura del PM10 e PM2,5 orario in modo automatico (con un analizzatore a raggi beta).

I dati sono stati confrontati con quelli provenienti dalla stazione di To-Rebaudengo, dove dal 2013 è presente uno strumento che stima la concentrazione oraria in massa di PM10 e PM2,5 a partire dalle concentrazioni numeriche delle particelle rilevate da un contatore ottico. Le due stazioni di monitoraggio hanno caratteristiche diverse: quella in piazza Rebaudengo rappresenta situazioni emissive di picco, visto il notevole traffico veicolare circolante nella piazza, mentre la stazione in via Rubino rappresenta un valore tipico di fondo urbano, non essendo direttamente soggetta a fonti di emissione.

Il valore di PM10 ottenuto dall'analizzatore beta in via Rubino è stato mediato a livello giornaliero e confrontato con le concentrazioni ottenute utilizzando il campionatore di riferimento europeo, che si basa sulla pesata in laboratorio dei filtri campionati. I risultati del 2015, come nel 2014, indicano un'ottima correlazione dei dati giornalieri e confermano la validità del dato acquisito dall'analizzatore automatico (FIGURA 17), seppure a fronte di una sottostima delle concentrazioni dell'ordine del 10%¹⁰.

In FIGURA 18 si possono confrontare gli andamenti delle medie orarie di PM10 e PM2,5 nel giorno tipo annuale. Come si può osservare, l'andamento del PM10 in piazza Rebaudengo presenta due massimi alle 10 del mattino e alle 22 con valori intorno ai 50 µg/m³. I minimi si hanno intorno alle 5-6 del mattino, quando le emissioni sono meno intense, e tra le 15 e le 16, quando per la maggiore temperatura atmosferica si verifica il maggiore rimescolamento delle masse d'aria atmosferica e quindi la maggiore diluizione degli inquinanti. Il PM2,5 presenta andamento analogo con picchi alle 10 e alle 21, rispettivamente di 43 e 44 µg/m³. L'andamento del biossido di azoto, anch'esso inquinante di natura prevalentemente secondaria, presenta i massimi anticipati di un'ora rispetto al particolato (FIGURA 19). Inoltre il massimo assoluto si registra in ore serali, quando in assenza di radiazione solare, è sfavorita la fotolisi del biossido di azoto a monossido e le condizioni atmosferiche sono di maggiore stabilità. Invece per il particolato i due picchi mattutino e serale presentano una concentrazione praticamente identica, a differenza dell'anno precedente, in cui il picco serale aveva minore entità. Questa differenza nei giorni tipo è imputabile alla particolare criticità del periodo ottobre-dicembre del 2015, in cui si nota che il picco serale è molto più pronunciato di quello mattutino, a causa delle persistenti condizioni di stabilità atmosferica, con inversioni termiche notturne ed anche in molte ore del giorno verificatesi da fine ottobre a tutto dicembre (FIGURA 10).

Come detto la stazione di To-Rubino è meno soggetta a fonti primarie di emissione, e questo si manifesta nei valori di particolato misurati, che sono inferiori a quelli di To-Rebaudengo. C'è inoltre una certa differenza nel profilo del giorno tipo, che presenta, come nel 2014, massimi di PM10 e PM2,5 all'una di notte, un altro picco di minore entità alle 8-9 del mattino e un nuovo incremento dei valori la sera intorno alle 21. Si può notare, inoltre, nel profilo del PM10, che i valori dalle 2 alle 7 del mattino sono praticamente identici, nonostante la citata differenza nell'ubicazione delle due stazioni. Una possibile spiegazione al fenomeno sulla persistenza di alti valori notturni può essere il meccanismo di accrescimento delle particelle, che di notte aumentano la propria dimensione in conseguenza della condensazione sulla propria superficie dei precursori gassosi, favorita dalla diminuzione della temperatura. Inoltre, come descritto nel capitolo "La concentrazione numerica di particelle ultrafini nell'area metropolitana torinese", il numero di particelle progressivamente diminuisce a seguito della coagulazione per collisione tra loro, mentre aumenta la loro massa e quindi aumentano i valori di PM2,5 misurati, soprattutto in condizioni di alta stabilità atmosferica.

¹⁰ Nelle condizioni di misura tipiche della Pianura Padana, in cui gli episodi di picco di particolato aerodisperso sono caratterizzati da una elevata componente secondaria, gli analizzatori a radiazione beta possono presentare sottostime del valore di PM10 a causa della perdita di composti semivolatili (in particolare nitrato d'ammonio) dovuta al riscaldamento dello strumento. Poiché di norma tali composti sono tanto più presenti quanto maggiore è il valore di concentrazione, la sottostima risulta percentualmente maggiore in presenza di concentrazioni più elevate. Nel 2014 l'analizzatore beta aveva, infatti, presentato una sottostima di poche unità percentuali (pendenza della retta di correlazione pari a 0,9713 contro 0,8929 del 2015) in quanto l'intervallo di concentrazioni rilevate con il campionatore gravimetrico mostrava valori massimi dell'ordine di 110 µg/m³ mentre, come già sottolineato, nel 2015 si sono riscontrate concentrazioni sino a 140 µg/m³.

I minimi orari per il PM10 e il PM2,5 di To-Rubino (31 e 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ rispettivamente) si verificano nel pomeriggio alle 15 in corrispondenza alle ore di maggiore rimescolamento atmosferico e rappresentano concentrazioni di fondo urbano che è molto difficile ridurre, se non con interventi drastici per il contenimento delle emissioni di particolato primario e dei precursori gassosi del particolato.

Interessante inoltre confrontare i valori di PM10 nel periodo freddo (gennaio-marzo e ottobre-dicembre) e quello caldo (aprile-settembre), che nel seguito chiameremo "inverno" ed "estate".

I valori invernali di PM10 e PM2,5 sono circa il doppio di quelli estivi; la differenza maggiore tra estate ed inverno si verifica per il PM2,5 di To-Rubino, dove i valori invernali sono 2,4 volte quelli estivi. Il giorno tipo del PM2,5 e PM10 in piazza Rebaudengo presenta un andamento pressoché identico nei due periodi e mostra infatti il classico doppio picco mattutino e serale, a differenza di quanto riscontrato l'anno precedente, quando non si presentava il picco serale, ed i valori rimanevano costanti dalle 14 alle 6 del mattino. La diversa modulazione nel giorno tipo estivo rispetto all'anno scorso è dovuta principalmente ai dati di luglio-settembre, nei quali è molto più prominente il picco serale. Si ipotizza quindi un'estate 2015 con maggiori episodi di inversione termica notturna rispetto al 2014, episodi che favoriscono la formazione di particelle più grandi e più "pesanti".

Per quanto riguarda il giorno tipo di To-Rubino si nota una sostanziale costanza dei valori estivi di PM10 e PM2,5, mentre nel periodo invernale i valori notturni (dalle 19 alle 3 di notte) sono più alti della media, in conseguenza della maggiore stabilità atmosferica notturna. Il fenomeno è visibile in particolar modo nel trimestre ottobre-dicembre (FIGURA 11).

In conclusione l'analisi dei dati orari di PM10 e PM2,5, pur non avendo una valenza normativa, costituisce un ulteriore strumento a supporto delle politiche di risanamento, in quanto permette di approfondire la conoscenza dei fenomeni di formazione del particolato e dell'interconnessione degli stessi con le proprietà meteo-dispersive dell'atmosfera,

Torino Rubino - Correlazione PM10 beta con PM10 gravimetrico, Anno 2015

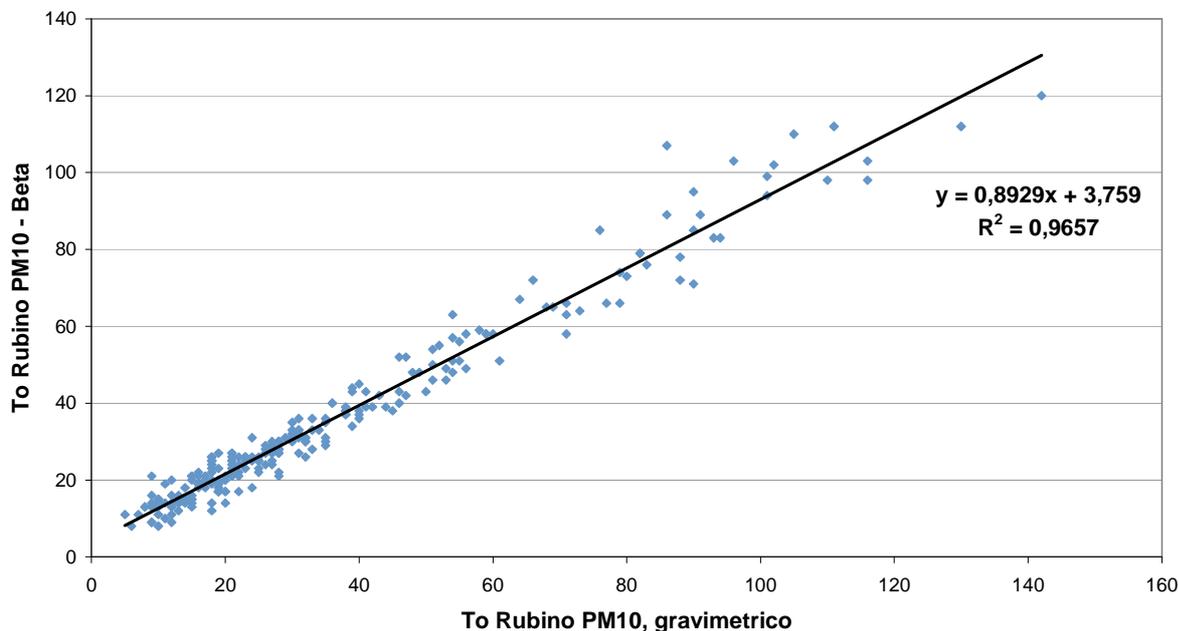


FIGURA 17: Correlazione tra i dati giornalieri del PM10 di Torino – Rubino misurati con tecnica gravimetrica e analizzatore a raggi beta

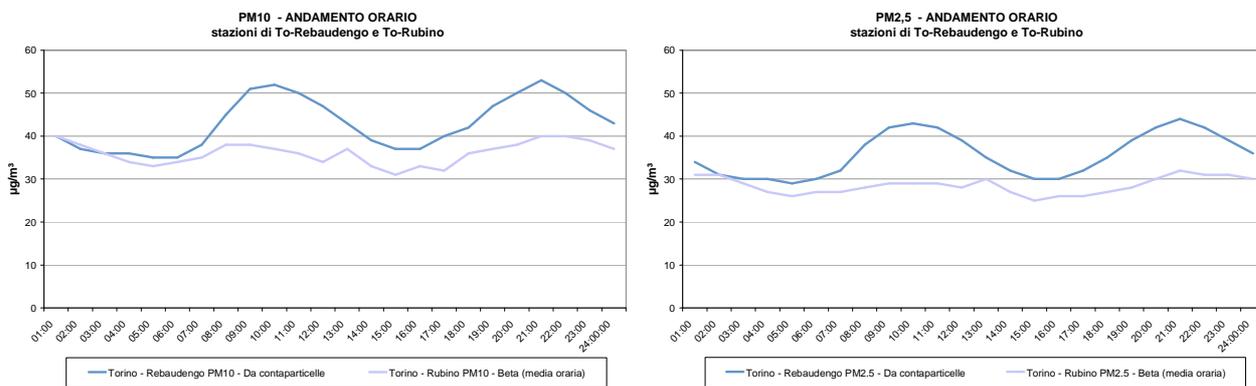


FIGURA 18: giorno tipo annuale di PM10 e PM2,5 a Torino - Rebaudengo e Torino - Rubino, anno 2015

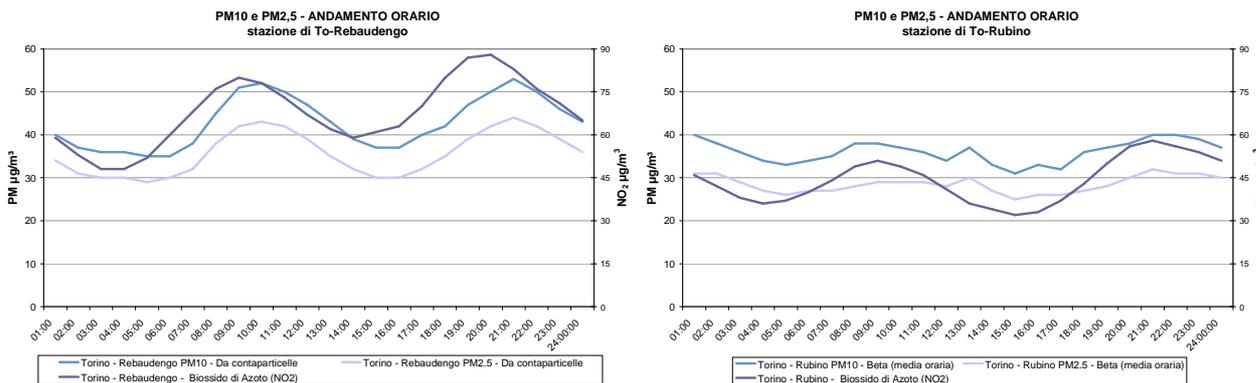


FIGURA 19- giorno tipo annuale di PM10 e PM2,5 a Torino - Rebaudengo e Torino - Rubino, confronto con le medie di NO₂, anno 2015

**PM10 e PM2.5 - ANDAMENTO ORARIO
stazione di Torino-Rebaudengo**

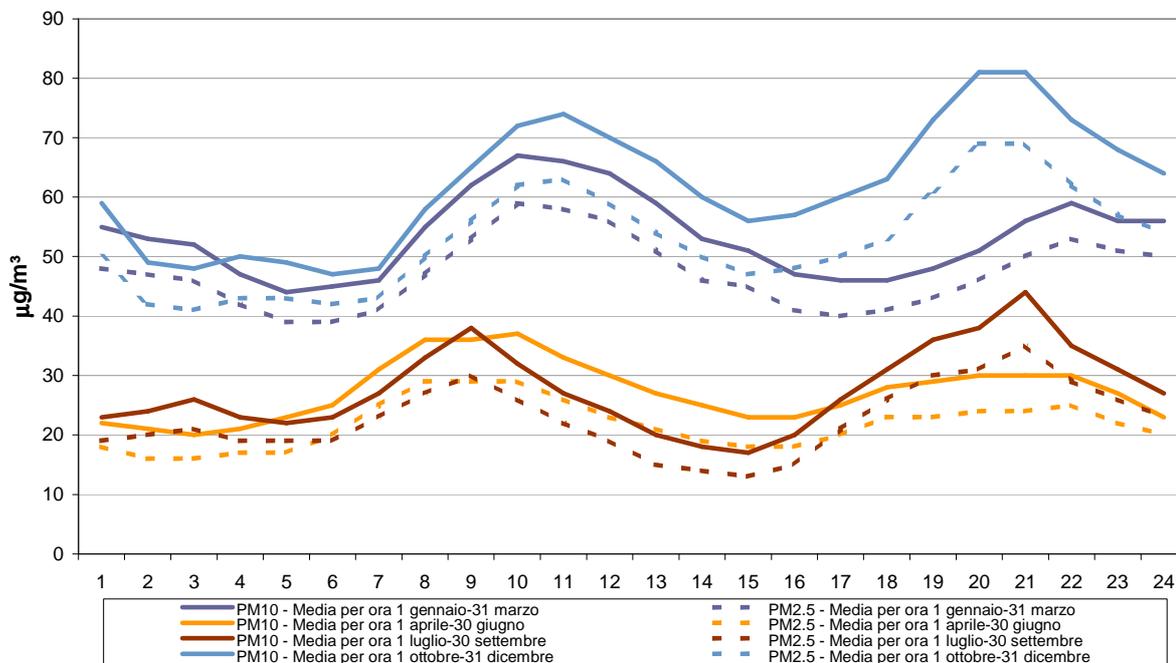


FIGURA 20- giorno tipo per trimestri di PM10 e PM2,5 a Torino - Rebaudengo, anno 2015

PM10 e PM2.5 - ANDAMENTO ORARIO stazione di Torino-Rubino

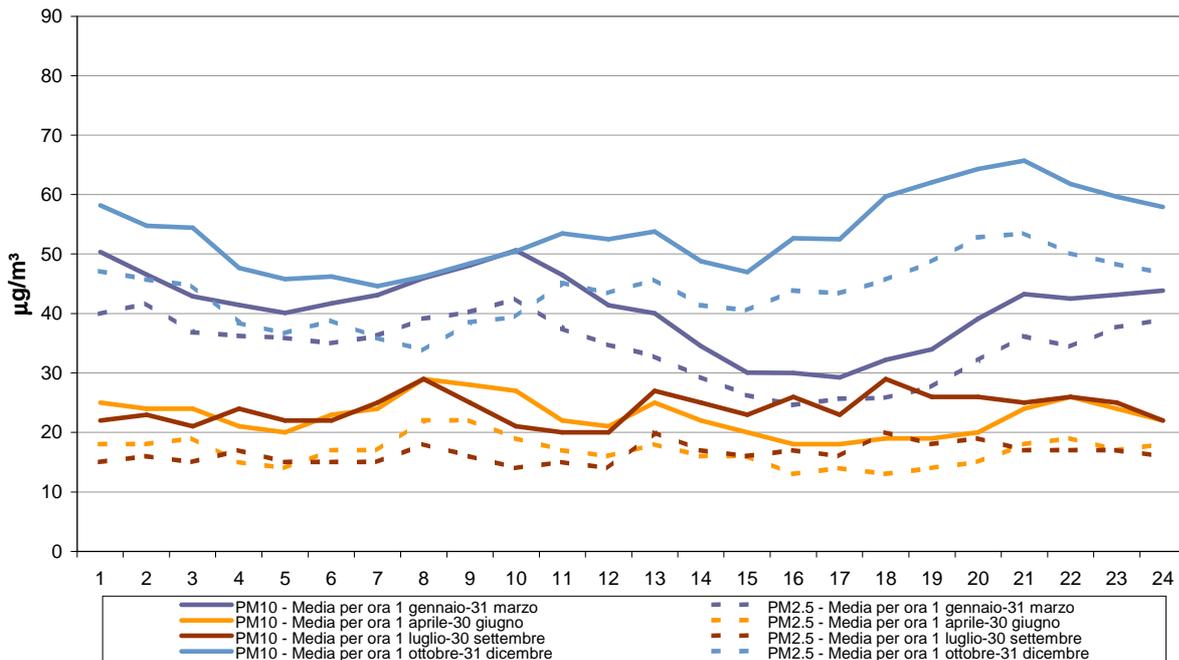


FIGURA 21- giorno tipo per trimestri di PM10 e PM2,5 a Torino - Rubino, anno 2015

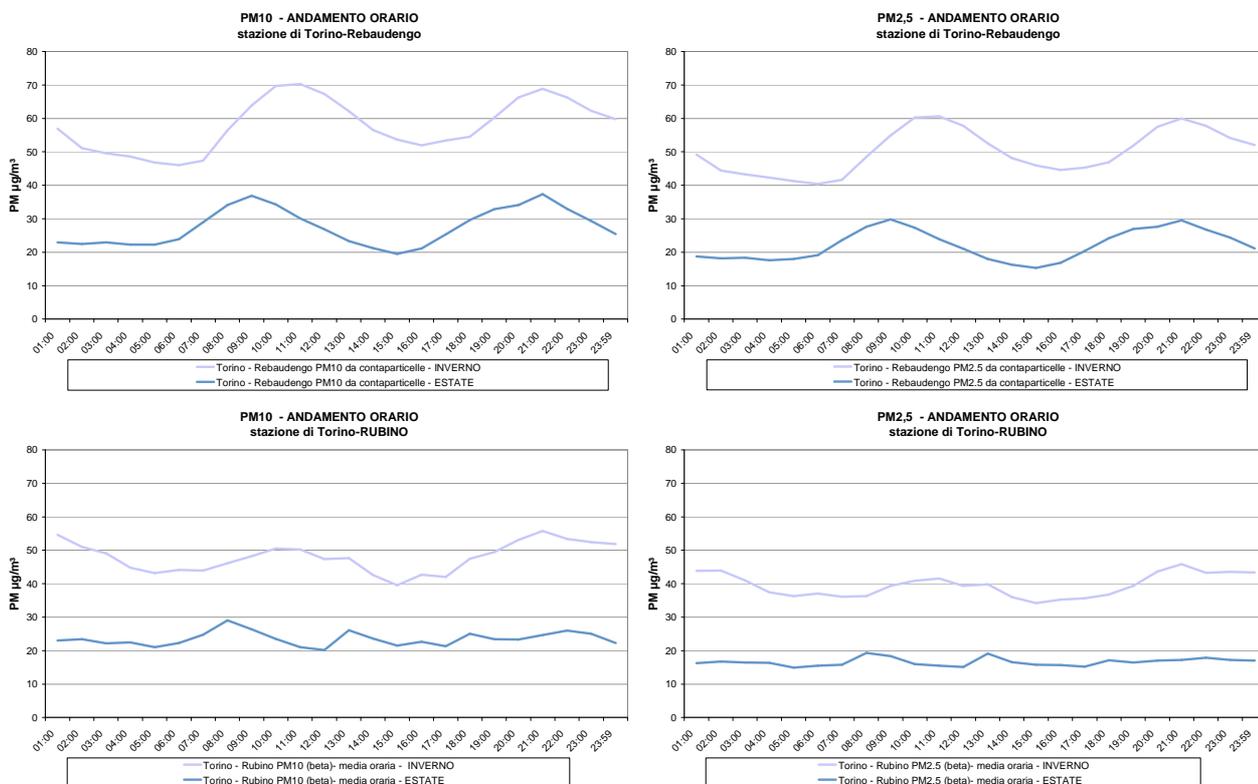


FIGURA 22: PM10 e PM2,5 orari confronto tra il giorno medio invernale ed estivo - anno 2015

Particelle sospese totali

L'attenzione normativa si è incentrata negli ultimi anni sulla frazione di particolato PM10 e PM2,5, in quanto gli studi tossicologici ed epidemiologici hanno evidenziato che le particelle di minori dimensioni sono quelle più dannose per la salute umana. Le particelle sospese totali, che precedentemente al recepimento delle Direttive Europee costituivano il parametro di riferimento di legge, sono ancora misurate presso la stazione di To-via Consolata. L'esame dell'andamento della concentrazione delle polveri totali, vista la lunga serie storica di dati, è utile per avere un'indicazione del trend relativo al PM10 anche in periodi nei quali questo parametro non veniva misurato. Infatti, come si osserva in FIGURA 23 in cui per la stazione di Torino - via Consolata sono riportate le medie annuali di PTS e PM10, il PM10 costituisce circa il 70% delle polveri totali.

In FIGURA 23 per il PTS sono riportate le concentrazioni medie annue rilevate in più di 30 anni di monitoraggio. I valori che si misurano oggi sono molto minori rispetto agli anni '80; dal 1999 al 2006 si sono stabilizzati intorno ai 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre negli ultimi quattro anni si sono registrati i valori più bassi mai misurati presso questa stazione, intorno ai 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con un minimo nel 2010, data la eccezionale piovosità di quell'anno. Nel 2015 la media annuale è stata di 61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, confermando il trend in miglioramento su lungo periodo.

La diminuzione registrata rispetto ai primi anni di rilevamento è stata ottenuta grazie al trasferimento all'esterno dell'area metropolitana e alla chiusura di alcuni impianti industriali di notevole impatto ambientale, alla progressiva sostituzione con il metano di combustibili altamente inquinanti, quali l'olio combustibile e il carbone, alla diminuzione del biossido di zolfo, precursore del particolato e ai miglioramenti tecnologici nelle emissioni degli autoveicoli.

CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI PARTICOLATO TOTALE SOSPESO
Stazioni di Torino (1980-2015)

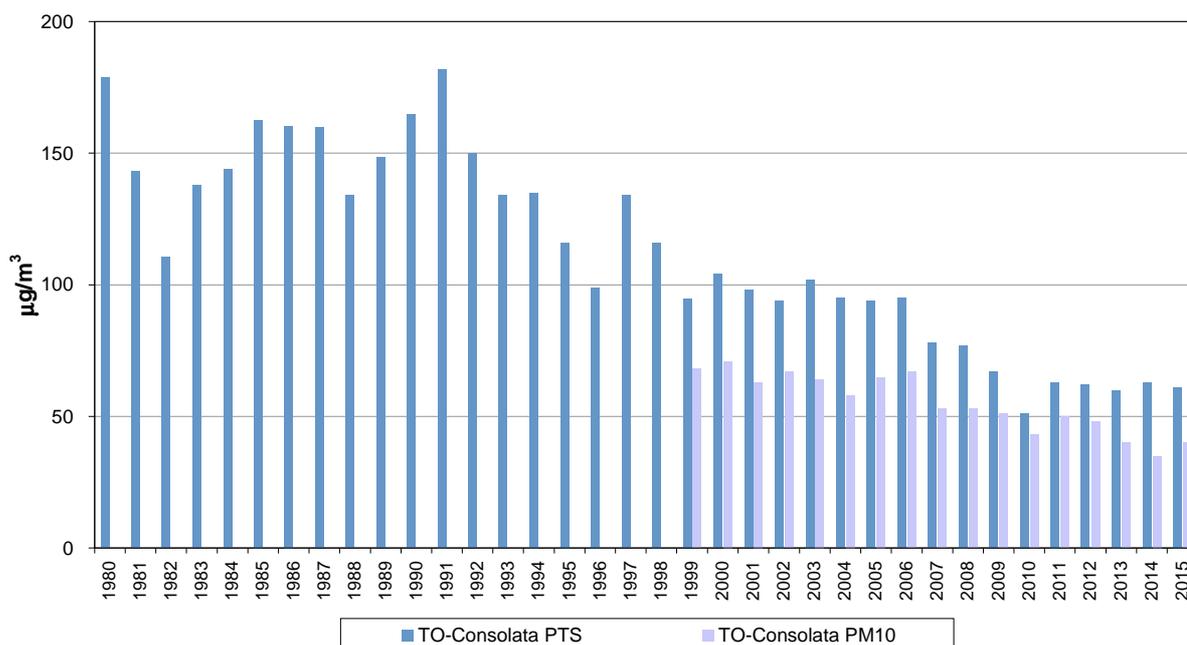


FIGURA 23: parametro PTS, medie annuali misurate nelle stazioni di Torino dal 1980 al 2015.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2015 (% giorni validi)	PM10 – VALORE MEDIO ANNUO Valore limite annuale: 40 µg/m ³										PM10- NUMERO DI SUPERAMENTI del valore limite di 24 ore (50 µg/m ³)									
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Baldissero (B)	95%	23*	22	22	19	20	23	21	17	14*	17	9*	16	31	16	13	33	17	9	6*	8
Beinasco-TRM (B)	98%							48*	33	30	33						37*	70	47	68	
Borgaro	86%	56	46	43	41	37	43	42*	35*	31*	35*	161	118	93	101	83	107	90*	75*	44*	71*
Carmagnola	98%	61	50*	48	50	44	49	50	42	36	41	171	130*	124	131	118	130	137	109	82	107
Ceresole Reale (B)	90%					6*	7*	7	6*	5	7					0*	0*	0	0*	0	0
Collegno	99%							33*	36	32	36							50*	83	61	81
Druento	97%	38	32	32	32*	27	31	28	24	19	23	77	63	56	52*	38	63	45	29	11	23
Ivrea	92%		39*	34	33	28	35	34	27	23	28		89*	73	71	53	82	71	52	30	55
Leini (B)	99%	43*	46*	44*	39*	35*	36*	33	29	25	36	52*	97*	94*	81*	61*	74*	66	59	35	84
Oulx	72%	27	20	20*	18	19	20	17	18	17*	18*	31	6	18*	3	7	11	3	6	5*	7*
Pinerolo	91%										21										11
Settimo	91%							44	39	34	39							111	88	81	98
Susa	96%	30	22	25	21	22	23	21	18	16	18	40	27	39	16	21	24	15	10	1	11
To-Consolata	93%	67	53	53	51	43	50	48	40	35	40	184	146	124	123	102	134	118	100	75	93
To-Grassi	44%	71	66	61	57	50	59	60*	48	43*	52*	194	190	150	151	131	158	103*	126	77*	75*
To-Lingotto (B)	98%	64	61*	43	41	34	48*	41*	34	31	36	172	147*	90	92	72	95*	90*	69	56	85
To-Lingotto	93%					36	44	42	38	32	38					80	106	94	89	59	86
To-Rebaudengo	91%								37*	40	43								53*	94	101
To-Rubino	95%		47*	43	44*	39	47	40*	35	31	36		95*	90	96*	83	111	83*	87	58	84

(*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 17: parametro PM10, valutazione statistica anni 2006-2015.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2015 (% giorni validi)	PTS – VALORE MEDIO ANNUO									
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
To-Consolata,	84	95*	78*	77*	67*	51	63	62*	60*	63*	61*

(*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 18: parametro polveri totali (PTS), valutazione statistica anni 2006-2015.

STUDIO DELLA CONCENTRAZIONE NUMERICA DI PARTICELLE ULTRAFINI NELL'AREA METROPOLITANA TORINESE – RISULTATI ANNO 2015 ED ANALISI DELLA SERIE STORICA

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

Milena Sacco, ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.

INTRODUZIONE

Cos' è il particolato? Gli studi europei ed internazionali da anni stanno cercando di indagare sulla composizione e sulla dimensione di questo complesso inquinante, che è in realtà una somma di sostanze e presenta varie forme e dimensioni. L'eterogeneità del particolato e la sua diffusione su area vasta ha determinato e continua a determinare l'estrema difficoltà nell'adozione di strumenti politici pianificatori per la diminuzione delle sue concentrazioni in atmosfera ed il raggiungimento degli obiettivi europei.

Gli studi tossicologici hanno osservato effetti attribuibili soprattutto alle polveri ultrafini in relazione alla elevata superficie specifica e alla capacità di penetrare in profondità negli alveoli polmonari e di raggiungere il circolo ematico. Nel nostro paese, ma anche in ambito europeo, sono ancora relativamente pochi gli studi sulla concentrazione numerica di particelle ultrafini in aria ambiente, in particolare se si fa riferimento a campagne di lungo periodo che tengano conto della variabilità stagionale delle condizioni di formazione/rimozione del particolato e della conseguente variabilità delle condizioni di esposizione della popolazione. La tematica è inoltre di particolare rilevanza in un'area come la conurbazione torinese che è notoriamente una delle più critiche d'Europa in relazione al particolato atmosferico.

Dal 2009 Arpa e la Città Metropolitana di Torino hanno promosso uno specifico progetto di indagini basato su misure di lungo periodo che ha raggiunto i seguenti obiettivi:

- costruire una prima base dati dei valori di concentrazione numerica di particelle ultrafini nell'area urbana di Torino, sulla base di misure di lungo periodo rappresentative delle diverse condizioni meteorologiche. Sono state quindi effettuate misure sia in prossimità del suolo che in quota, in relazione ai fenomeni di confinamento degli inquinanti atmosferici negli strati più bassi della troposfera che sono caratteristici della pianura padana. Le misure in quota sono state condotte da ottobre 2009 a giugno 2012, all'ultimo piano del grattacielo sede della Città Metropolitana di Torino, in Corso Inghilterra 7/9, ad un'altezza di 50 m. Da ottobre 2012 le misure sono condotte al suolo nella stazione di monitoraggio di Torino-Lingotto;
- confrontare la base dati con analoghe misure effettuate in altre aree urbane italiane e europee;
- analizzare la correlazione dei dati di concentrazione numerica rilevati con gli inquinanti atmosferici tradizionali e con i principali parametri meteorologici.

Un sintesi dei primi dati raccolti è stata oggetto di uno specifico capitolo all'interno delle edizioni 2009-2010-2011-2013-2014 della relazione "Uno sguardo all'aria".

ESAME DEI DATI RELATIVI ALL'ANNO 2015

Lo strumento utilizzato è un Ultrafine Particle Monitor modello 3031 della TSI Incorporated ed è in grado di misurare la concentrazione numerica di particelle da un diametro di 20 nm fino a 1 micron su 6 classi dimensionali (20-30 nm, 30-50 nm, 50-70 nm, 70-100 nm, 100-200 nm, 200-1000 nm). Da ottobre 2012 lo strumento è posto nella stazione di monitoraggio di fondo urbano di To-Lingotto.

In TABELLA 19 sono riportati i valori medi dell'anno 2015, calcolati come media delle medie orarie (il campionatore ha avuto un fermo per manutenzione dal 20 marzo al 7 maggio).

Il valore medio del periodo è $9500 \cdot 10^6$ particelle/m³ con massimi giornalieri di $24600 \cdot 10^6$ particelle/m³. Come si può osservare in FIGURA 24 la frazione più rilevante di particelle è quella con diametro compreso tra i 100 e i 200 nm (circa il 26%), mentre la classe numericamente inferiore è quella più grossolana (200-1000 nm), che rappresenta circa il 9% del totale. Complessivamente le particelle ultrafini (al di sotto dei 100 nm) rappresentano il 65% del totale.

	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200-1000 nm	Totale
Minima media giornaliera	280*10 ⁶	430*10 ⁶	420*10 ⁶	380*10 ⁶	350*10 ⁶	23*10 ⁶	1900*10 ⁶
Massima media giornaliera	2900*10 ⁶	3600*10 ⁶	3200*10 ⁶	4000*10 ⁶	7200*10 ⁶	3800*10 ⁶	24600*10 ⁶
Media delle medie giornaliere	1500*10 ⁶	1700*10 ⁶	1400*10 ⁶	1600*10 ⁶	2500*10 ⁶	860*10 ⁶	9400*10 ⁶
Giorni validi	274	274	274	274	274	274	
Percentuale giorni validi	75%	75%	75%	75%	75%	75%	
Media dei valori orari	1500*10 ⁶	1700*10 ⁶	1400*10 ⁶	1600*10 ⁶	2500*10 ⁶	880*10 ⁶	9500*10 ⁶
Massima media oraria	8500*10 ⁶	10000*10 ⁶	10000*10 ⁶	11000*10 ⁶	12000*10 ⁶	5000*10 ⁶	
Ore valide	6732	6732	6732	6732	6732	6732	
Percentuale ore valide	77%	77%	77%	77%	77%	77%	
Distribuzione percentuale rispetto al totale	16%	18%	15%	16%	26%	9%	

TABELLA 19: elaborazioni statistiche anno 2015.

DISTRIBUZIONE DIMENSIONALE - anno 2015

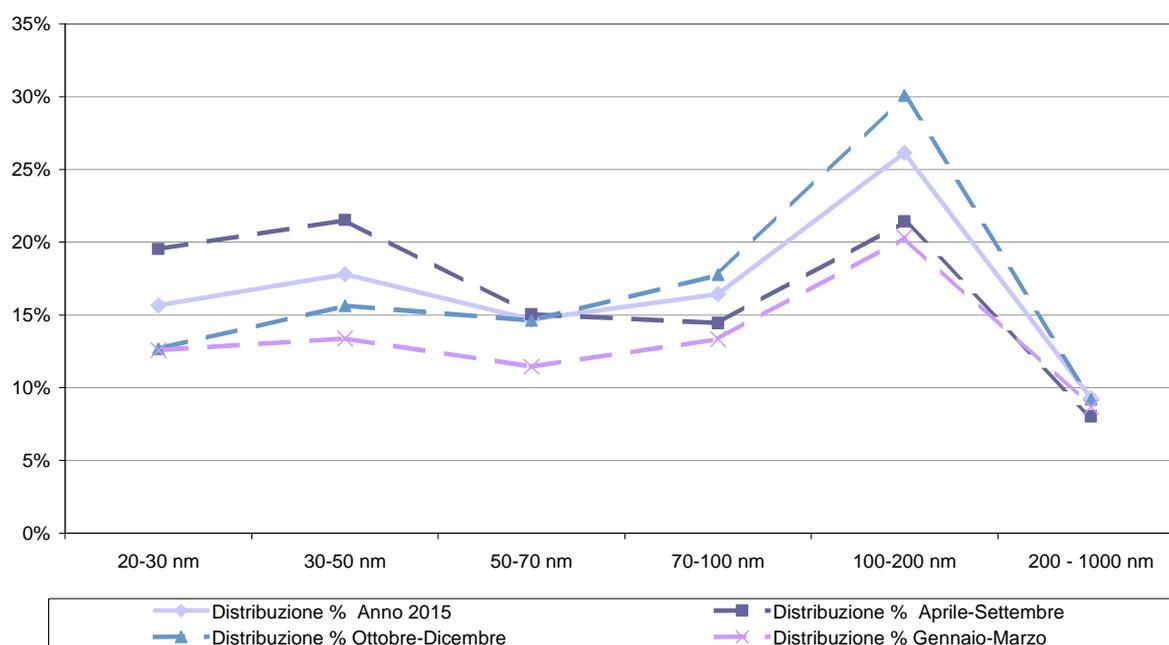


FIGURA 24: distribuzione dimensionale delle particelle – Anno 2015.

Per quanto riguarda i valori assoluti di concentrazione, in assenza di riferimenti normativi può essere utile un confronto con misure condotte in altri siti di fondo urbano europei, che hanno fornito i seguenti risultati (tra parentesi l'intervallo dimensionale di misura dello strumento):

- Barcellona¹¹ (5-1000 nm): 17000 * 10⁶ particelle/m³
- Lugano¹² (7-1000 nm): 15000 * 10⁶ particelle/m³
- Nord Kensington UK² (7-1000 nm): 12000 * 10⁶ particelle/m³
- Roma¹³ (7-1000 nm): 25000 * 10⁶ particelle/m³ (Marconi et al 2007)
- Bologna¹⁴ (5,6 - 560 nm): 9000 * 10⁶ particelle/m³
- Piacenza¹⁵ (7nm – 10 µm, strumento identico a quello in esame): 5000-11000 * 10⁶ particelle/m³

¹¹ Reche et al, New considerations for PM, Black Carbon e and particle number concentration for air quality monitoring across different European cities, Atmos. Chem. Phys., 11 6207-6227, 2011

¹² Reche et al, New considerations for PM, Black Carbon e and particle number concentration for air quality monitoring across different European cities, Atmos. Chem. Phys., 11 6207-6227, 2011

¹³ Marconi et al, Two Years of fine and ultrafine particles measurements in Rome, Italy, J Toxicol Environ Health, 70, 213-21, 2007

¹⁴ Poluzzi Vanes, Ricciardelli Isabella, Ferrari Silvia, Aerosol size distribution: aspetti teorici e primi risultati di monitoraggi effettuati da Arpa Emilia-Romagna, in Qualità dell'Ambiente Urbano VII Rapporto Annuale -Focus su La Qualità dell'Aria, 2011, ISPRA

¹⁵ Ozgen S., Lonati G., Progetto UPUPA: i rilevamenti ambientali, Convegno Progetto UPUPA, Piacenza, 22/1/2014

- Leicester¹⁶ (strumento identico a quello in esame): $8000 \cdot 10^6$ particelle/m³
- Londra⁶ (strumento identico a quello in esame): $8000 \cdot 10^6$ particelle/m³
- Anversa¹⁷ (strumento identico a quello in esame): $8000 \cdot 10^6$ particelle/m³ (stazione suburbana), $11000 \cdot 10^6$ particelle/m³ (stazione in parco pubblico)
- Dresda¹⁸ (10-100 nm): $4700 \cdot 10^6$ particelle/m³
- Praga⁷ (10-100 nm): $8200 \cdot 10^6$ particelle/m³

In Italia la serie storica più completa disponibile in area urbana è quella prodotta presso il sito di misura dell'Istituto Superiore di Sanità di Viale Regina Elena a Roma¹⁹ dotata di una apparecchiatura in grado di determinare le particelle di dimensioni tra 7 nm e 10 µm. Il sito in questione è caratterizzato da un traffico veicolare più elevato di quello del sito di Torino (dell'ordine di 25.000 veicoli/giorno). Il dato relativo al 2006 è dell'ordine di $30.000 \cdot 10^6$ particelle/m³ e quindi circa sette volte maggiore nel sito di viale Augusto Monti.

Analizzando le medie per classe dimensionale per i tre periodi "estivo" (aprile-settembre) ed "invernale" (trimestri da gennaio a marzo e da ottobre a dicembre), osservabile in FIGURA 25, si evidenzia come le particelle di dimensione al di sotto dei 50 nm abbiano mediamente valori molto simili, pur se le medie invernali sono leggermente superiori, mentre a partire dalle dimensioni di 50 nm i valori invernali ed estivi si allontanano sempre più tra di loro finché i valori del trimestre ott-dic arrivano ad essere 2,8 volte quelli estivi per le particelle tra i 100 e i 200 nm.

Per le particelle maggiori di 200 nm i valori invernali sono più di due volte quelli estivi. Sembra pertanto che in periodo invernale sia favorita l'agglomerazione delle particelle in particelle più grandi (soprattutto nell'intervallo 100-200 nm) e la condensazione di gas semivolatili su particelle preesistenti; inoltre si deve ricordare che nel periodo invernale si aggiungono alle usuali fonti di traffico anche il riscaldamento civile ed industriale. Questi ultimi oltre ad essere emettitori diretti di particolato, sono sorgenti di inquinanti quali ossidi di azoto e zolfo, i quali nelle condizioni atmosferiche tipiche dell'inverno in pianura padana danno origine a nitrato e solfato d'ammonio in fase particolata.

Il fenomeno è stato particolarmente evidente nel 2015 per il trimestre ottobre-dicembre, durante il quale, in particolare a partire dalla fine di ottobre, si è verificato un periodo di stabilità termica persistente, con frequentissimi episodi di inversioni termiche non solo notturne, ma anche nelle ore più calde del giorno, che hanno determinato una maggiore facilità di agglomerazione delle particelle.

A livello annuale la variabilità del corso della giornata è più ampia per le classi dai 20 ai 200 nm rispetto alle classi con dimensioni maggiori di 200 nm, che presentano un andamento più costante, in accordo con altri dati in letteratura²⁰.

In estate si evidenzia un andamento con un massimo assoluto alle 9 del mattino ed un picco serale meno pronunciato intorno alle 20-21 (FIGURA 27), che permane fino alle prime ore notturne per tutte le classi (in quota invece per la classe superiore ai 200 nm l'andamento temporale non presenta variazioni significative). La concentrazione diminuisce nell'arco delle ore più calde della giornata, in corrispondenza dell'innalzamento dello strato rimescolato. Si verifica un lieve incremento intorno alle ore 14 in periodo estivo per le particelle dai 20 a 30 nm, massimo relativo imputabile presumibilmente alla formazione di aerosol secondario a seguito di nucleazione per reazioni fotochimiche in atmosfera. Risultati analoghi sono stati ottenuti a San Vittore del Lazio²¹. La forte radiazione solare rende disponibile il radicale ossidrilico OH che ossida l'SO₂ disponibile ad acido solforico, che porta poi alla formazione di particolato. Tale incremento si ha in

¹⁶ Progetto INTERREG North-West Europe Joaquin, Ultrafine particles in Joaquin cities, www.joaquin.eu

¹⁷ Progetto INTERREG North-West Europe Joaquin, Intra-urban variability of ultrafine particles in Antwerp (February and October 2013), VMM (2014)

¹⁸ Handbook UFIREG Project, www.ufireg-central.eu

¹⁹ Marconi et al. – Livelli di materiale particellare ultrafine nell'atmosfera e la loro relazione con il traffico auto veicolare, Atti del Seminario "Le emissioni industriali e le immissioni- I nuovi problemi posti dalle particelle ultrafini - Rimini 2007

²⁰ Aalto, Hameri et al., Aerosol particle number concentration measurements in five European cities using TSI-3022 condensation particle counter over a three-year period during health effects of air pollution on susceptible subpopulations", J Air Waste Manag Assoc. 2005 Aug;55(8):1064-76.

²¹ Buonanno, Fuoco, Stabile, Viola, La misura dell'esposizione alle polveri aerodisperse: dal PM10 alle nano particelle, 2011, Libellula Edizioni

corrispondenza del minimo della umidità relativa dell'aria, mentre rispetto al picco della radiazione solare ci sono 2 ore di ritardo (FIGURA 26).

La variabilità delle concentrazioni è molto più ampia nel periodo invernale piuttosto che quello estivo e aumenta in generale con la diminuzione della dimensione delle particelle. Mentre in estate i rapporti massimo/minimo hanno valori compresi tra 1,5 e 2,1, in inverno variano da 1,2 per le particelle maggiori di 200 nm a 4,3 per le particelle di dimensione 20-30 nm. In inverno il picco serale si presenta molto più pronunciato rispetto a quello mattutino per le particelle al di sopra dei 70 nm, per le quali mediamente i valori notturni sono superiori a quelli diurni (FIGURA 27).

A tale proposito si può ipotizzare che il fenomeno sia determinato dalla coagulazione delle particelle più fini in particelle di maggiori dimensioni e dalla condensazione di gas semivolatili, a causa della stabilità notturna e della minore temperatura, oltreché della maggiore umidità relativa. Quest'ultima favorisce le reazioni acquose in fase eterogenea, dando origine a formazione secondaria di nitrato e solfato d'ammonio²².

In generale per tutte le classi dimensionali il picco serale nel periodo più freddo si verifica alle ore 20 rispetto alle ore 22-23 dell'estate, presumibilmente a causa del posticipo delle condizioni di stabilità notturna nel periodo caldo rispetto a quello freddo; mediamente infatti dall'analisi dei profili di temperatura con l'altezza risulta che l'ora di inizio dell'inversione termica in inverno si registra alle 19.30, mentre in aprile-settembre alle 21.00.

MEDIA PER CLASSE DIMENSIONALE

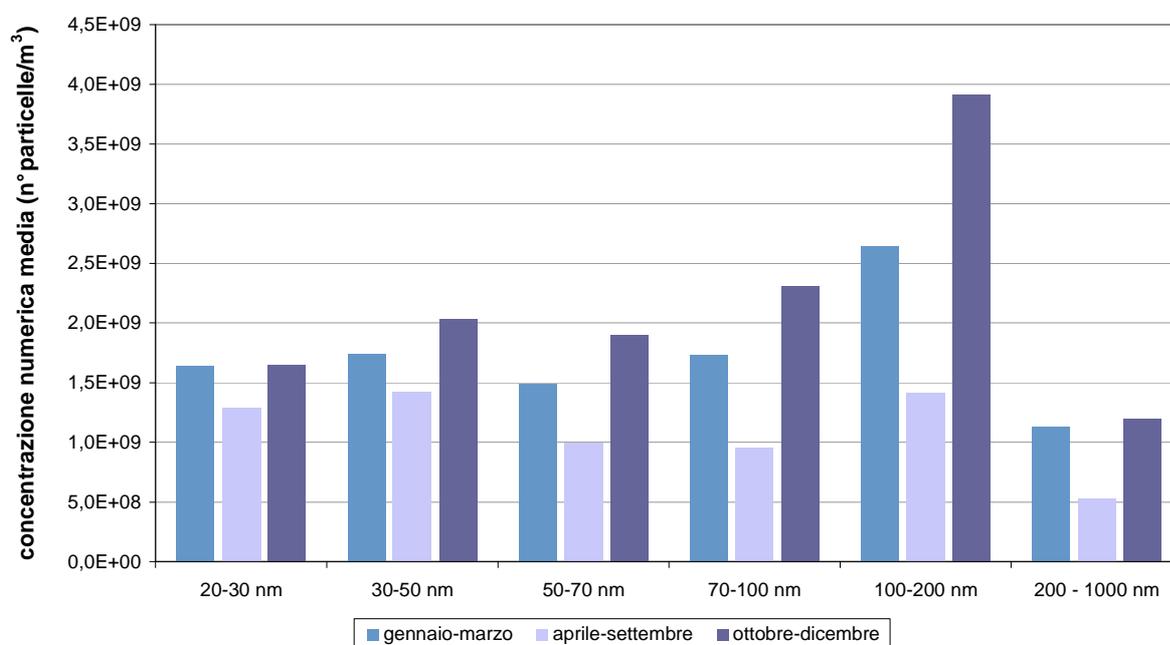


FIGURA 25: media per classe dimensionale.

²² Wang et al, The secondary formation of inorganic aerosols in the droplet mode through heterogeneous aqueous reactions under haze conditions., Atmospheric Environment 63 (2012) 68-76

UMIDITA' - RADIAZIONE SOLARE GLOBALE Aprile-Settembre 2015

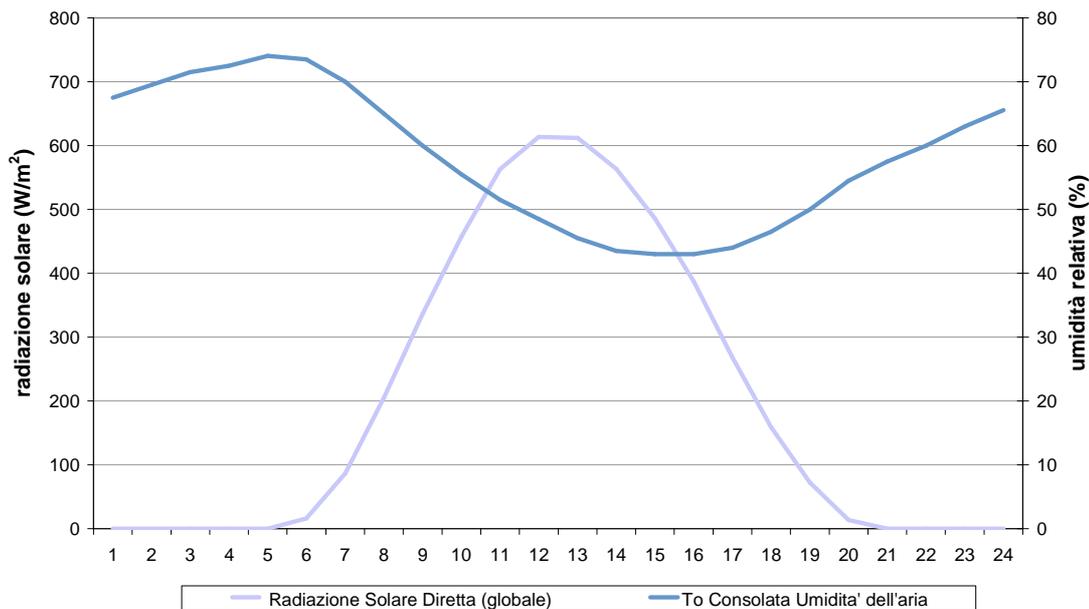


FIGURA 26: giorno medio Umidità relativa e radiazione solare – Aprile-Settembre 2015.

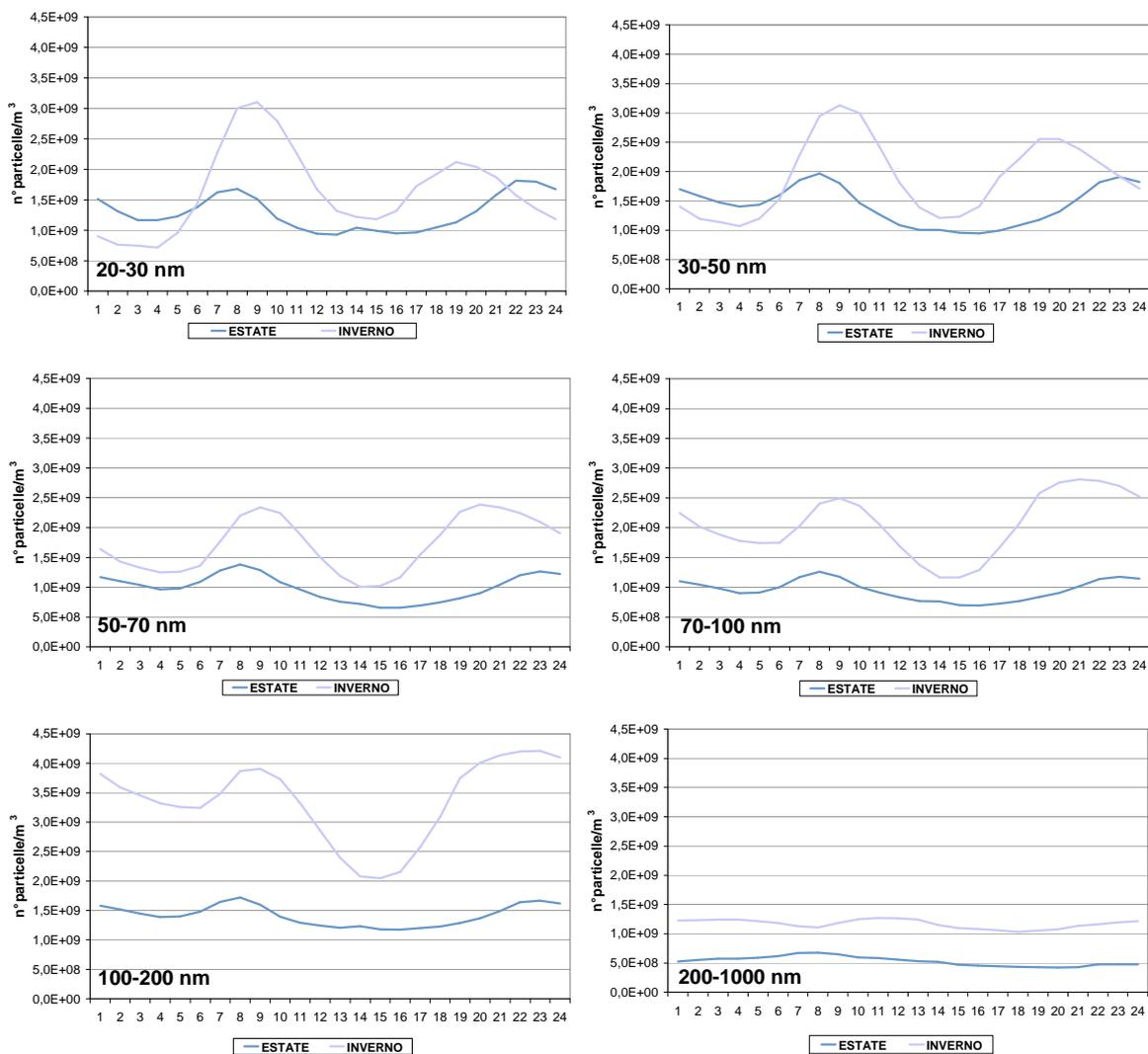


FIGURA 27: andamento giorno medio, confronto per classe dimensionale.

Per quanto riguarda gli andamenti di lungo periodo, in FIGURA 28 è rappresentato l'andamento delle concentrazioni medie mensili totali di particelle relative all'anno 2015.

Si osserva che i massimi assoluti si collocano nel periodo invernale, come per le concentrazioni in massa di PM10 e PM2,5. Per le particelle inferiori ai 50 nm, però, la differenza tra concentrazioni estive ed invernali è minima, mentre a partire dai 70 nm ed in particolare per la frazione 100-200 nm aumenta la differenza tra le concentrazioni, che segue l'andamento del PM2,5. La frazione 100-200 nm è quindi quella che maggiormente contribuisce alla massa del particolato ed aumenta in maniera significativa nel periodo invernale quando si incrementano le emissioni in atmosfera ma anche l'aggregazione/condensazione delle frazioni più fini in frazioni più grossolane.

Per quanto riguarda la correlazione con gli altri inquinanti misurati nelle stazioni al suolo, l'elaborazione statistica dei dati a livello di medie giornaliere è stata effettuata separatamente per il periodo aprile-settembre (periodo detto "estivo") e gennaio-marzo più ottobre-dicembre (periodo "invernale").

In estate (TABELLA 20) la correlazione con gli altri inquinanti misurati presso la stessa stazione è in generale scarsa, soprattutto con inquinanti primari come il monossido di azoto e il benzene. Si presenta una maggiore correlazione delle particelle tra i 50 e i 100 nm con un inquinante come il biossido di azoto, che ha origine mista, formandosi anche dall'ossidazione dell'NO in atmosfera. Sono invece ben correlate le concentrazioni di PM10 e PM2,5 al suolo con le particelle superiori ai 100 nm, che hanno una maggiore massa rispetto alle particelle più fini.

ANDAMENTO MEDIE MENSILI - Anno 2015

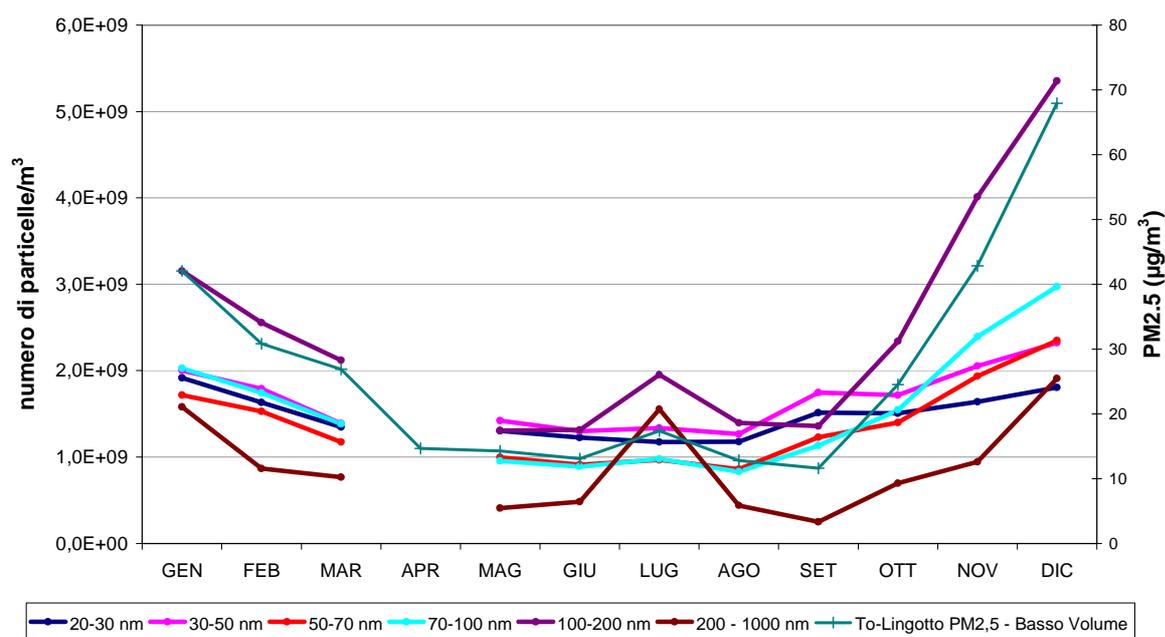


FIGURA 28: medie mensili del numero di particelle.

Nel periodo più freddo invece, come riportato in TABELLA 21, la correlazione delle particelle dai 50 ai 100 nm è buona anche con gli inquinanti di origine sia primaria, come il monossido di azoto e il benzene, che mista come il biossido di azoto. Una possibile spiegazione è legata al fatto che la maggiore stabilità atmosferica e la maggiore frequenza di episodi di inversione termica fa sì che gli inquinanti si accumulino in maniera più omogenea negli strati atmosferici prossimi al suolo. La correlazione tra PM10 e PM2,5 al suolo e le particelle superiori ai 100 nm è ottima, con coefficienti superiori a 0,8. Le particelle con dimensione inferiore ai 50 nm invece risultano scarsamente o per nulla correlate con la concentrazione degli altri gas inquinanti.

R di Pearson	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200-1000 nm
Torino - Lingotto, PM10 - Beta	-0,28	-0,13	0,14	0,39	0,83	0,66
Torino - Lingotto, PM10 - Basso Volume	-0,25	-0,16	0,09	0,35	0,81	0,73
Torino - Lingotto, PM2,5 - Basso Volume	-0,37	-0,35	-0,19	0,05	0,70	0,79
Torino Lingotto, O ₃	-0,40	-0,43	-0,35	-0,14	0,43	0,44
Torino Lingotto, NO	0,48	0,62	0,62	0,49	0,08	-0,16
Torino Lingotto, NO ₂	0,42	0,53	0,67	0,71	0,39	-0,13
Torino Lingotto, Benzene	0,37	0,47	0,55	0,57	0,31	-0,14

TABELLA 20: correlazioni con i principali parametri chimici nel periodo aprile-settembre 2015.

R di Pearson	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200-1000 nm
Torino - Lingotto, PM10 - Beta	-0,07	0,19	0,54	0,69	0,84	0,89
Torino - Lingotto, PM10 - Basso Volume	-0,10	0,15	0,51	0,67	0,82	0,90
Torino - Lingotto, PM2,5 - Basso Volume	-0,08	0,15	0,51	0,66	0,83	0,90
Torino Lingotto, O ₃	-0,31	-0,37	-0,46	-0,47	-0,42	-0,10
Torino Lingotto, NO	0,37	0,62	0,86	0,93	0,90	0,35
Torino Lingotto, NO ₂	0,43	0,58	0,77	0,82	0,81	0,26
Torino Lingotto, Benzene	0,23	0,38	0,66	0,78	0,84	0,49

TABELLA 21: correlazioni con i principali parametri chimici nel periodo gennaio-marzo più ottobre-dicembre 2015.

ANALISI DELLA SERIE STORICA

Il monitoraggio è stato condotto in quota (a 50 m) da ottobre 2009 fino a luglio 2012. In FIGURA 29 si evidenzia l'andamento dal 2010 al 2015, escludendo il 2009 in quanto sono stati misurati solo dati invernali. La concentrazione numerica delle particelle è stata messa a confronto con la media del PM2,5 nello stesso periodo di monitoraggio. Si può osservare che gli anni nei quali si è misurato il numero di particelle più elevato sono il 2010, il 2014 ed il 2015. Il 2010 ed il 2014 sono stati caratterizzati da una meteorologia molto favorevole alla dispersione delle polveri PM10, in quanto sono stati rilevanti i fenomeni di precipitazione in termini di mm di pioggia caduti e numero di giorni piovosi. In particolare il 2014 ha registrato il superamento del valore limite annuale del PM10 esclusivamente nella stazione di Torino-Grassi in tutto il territorio provinciale, fenomeno mai avvenuto in precedenza. Nel 2015 il numero di giorni favorevoli all'accumulo di PM10 è stato di poco superiore all'anno precedente, ma sono stati particolarmente critici i mesi di novembre e dicembre, mentre i primi dieci mesi dell'anno ricadono nella media (o addirittura al di sotto, come ottobre) del periodo 2006-2015. L'andamento complessivo del numero di particelle non rispecchia quindi quello della concentrazione in massa del particolato.

Scendendo nel dettaglio della distribuzione del numero di particelle per classe dimensionale (FIGURA 30), si osserva che nel 2010 è stata molto maggiore la presenza di particelle nelle classi più fini (dai 20 ai 50 nm sono il 65% del totale) rispetto a quelle più grandi a confronto con i valori registrati negli anni successivi dal 2011 al 2013, che si attestano al 25% rispetto al totale delle particelle. Nel 2014-2015 aumenta nuovamente la percentuale delle particelle sotto i 50 nm, che raggiungono il 35 % del totale. Queste differenze, più che essere specifiche del sito di misura, sembrano maggiormente attribuibili alle caratteristiche meteorologiche verificatesi negli anni in esame, in quanto lo strumento è rimasto in quota a 50 m dal 2009 al 2012 e solo nel 2013 è stato spostato al suolo. Inoltre, a supporto di tale ipotesi, nel 2010 in periodo invernale sono state confrontate misure di PM2,5 in quota e al suolo dalle quali è emerso come l'andamento e i valori assoluti siano molto simili, per cui si può ipotizzare che queste altezze stiano all'interno dello strato rimescolato e quindi non ci siano notevoli differenze.

Molto probabilmente la maggiore presenza di particelle più fini negli anni 2010 e 2014 è dovuta proprio alle alte precipitazioni che si sono verificate, poiché la pioggia abbatte in maniera più efficace le particelle di dimensioni maggiori, come già evidenziato nel 2013 (vedasi in Sguardo all'aria 2013 il capitolo "Studio della concentrazione numerica di particelle ultrafini nell'area metropolitana torinese - Risultati Anno 2013 e confronto con misure in quota"). Allora si è valutato complessivamente che le precipitazioni avevano ridotto le concentrazioni numeriche di circa il 20% per la classe più fine (20-30 nm), mentre per la classe di maggiori dimensioni (200-1000 nm) l'abbattimento arrivava al 50%. L'anno 2015 è stato anomalo, in quanto nei primi dieci mesi dell'anno le precipitazioni sono assolutamente confrontabili con quelle verificatesi nel 2014 (903

contro 859 mm di pioggia del 2014), ma nel novembre-dicembre a Torino non è piovuto, pertanto nelle statistiche complessive il 2015 risulta in deficit pluviometrico rispetto alla norma 1971-2000.

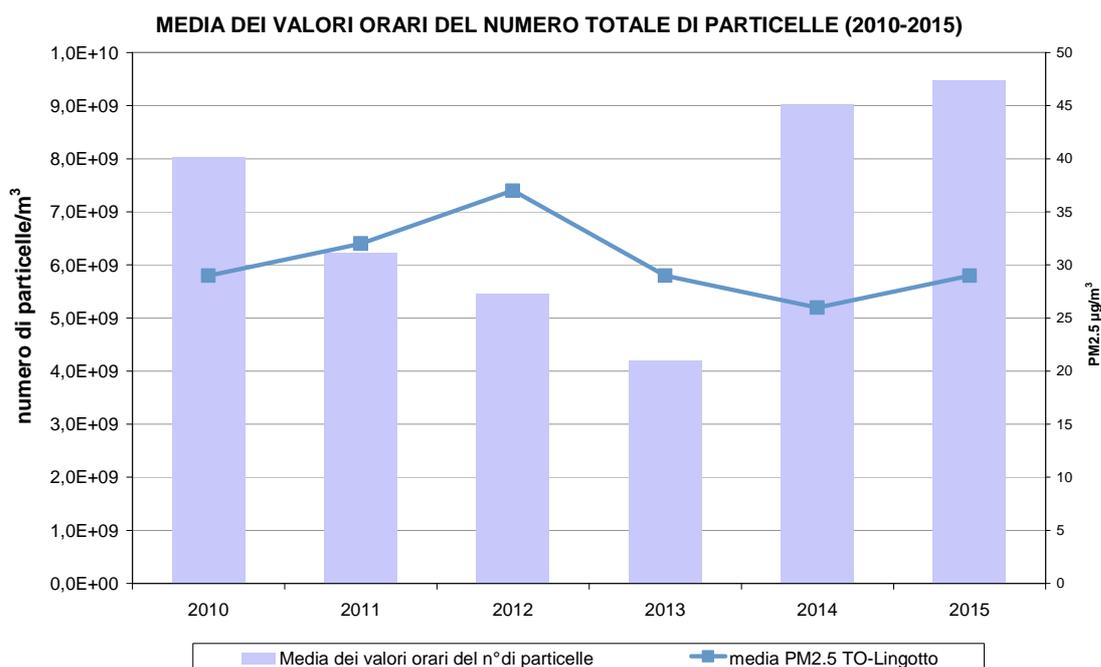


FIGURA 29: andamento dei valori medi annuali del numero di particelle e del PM2,5 dal 2010 al 2015.

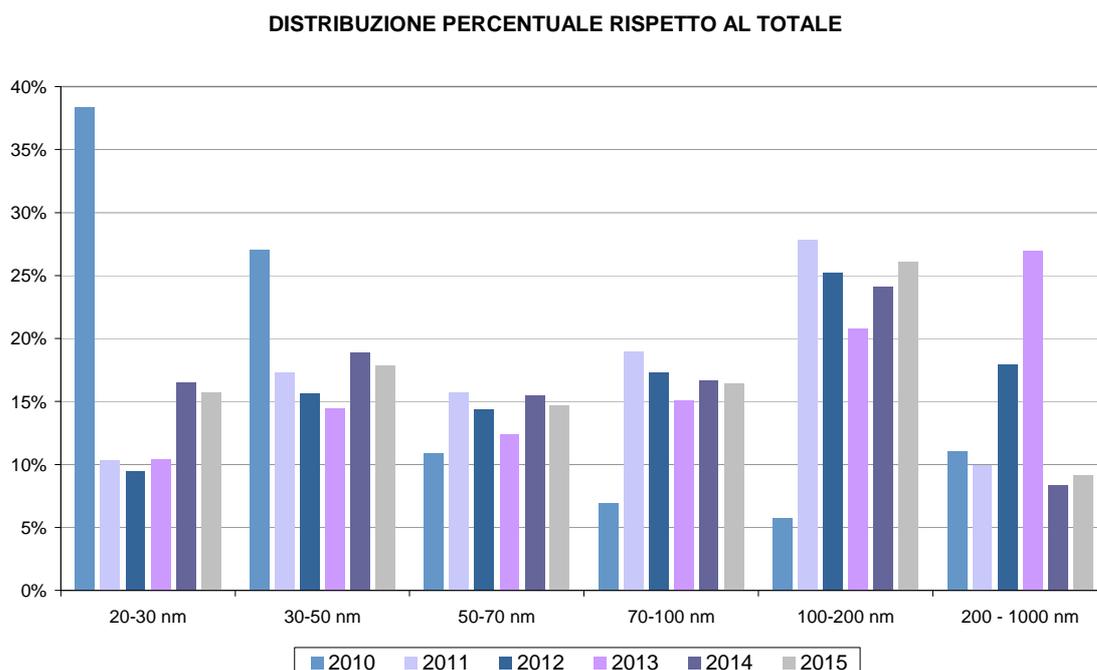


FIGURA 30: andamento della distribuzione percentuale nelle varie classi del numero di particelle.

INFLUENZA DELLE VARIABILI METEOROLOGICHE NELL'INCREMENTO DEL NUMERO DI PARTICELLE

Al fine di ipotizzare quali fenomeni atmosferici possano incrementare il numero di particelle sono state analizzate le giornate in cui la media giornaliera del numero di particelle era superiore al 90° percentile del periodo di monitoraggio. L'analisi è stata condotta per ogni classe dimensionale per l'anno 2015. La quasi totalità di queste giornate di picco presenta peculiarità a seconda della classe dimensionale considerata.

In particolare le classi dimensionali più basse (20-30 nm e 30-50 nm) presentano dei picchi in corrispondenza a giorni in cui la radiazione solare è superiore a 200 W/m² e l'umidità relativa inferiore al 55 % (10 luglio, 20 e 24 settembre) o giorni in cui l'umidità relativa è inferiore al 55 % e il PM2,5 è inferiore ai 20 µg/m³, quindi giornate particolarmente "limpide", senza nubi, in cui il

rimescolamento atmosferico è stato probabilmente maggiore (31 gennaio, 2 e 26 febbraio; caso esemplare il 12 gennaio seguente ad un episodio di phoen nella notte tra il 9 e 10 gennaio in Val di Susa, che si è esteso fino alla pianura). In queste condizioni sono favoriti fenomeni di nucleazione che portano alla formazione di nuove particelle di diametro inferiore ai 20 nm, non misurate dallo strumento, ma l'innalzamento del numero di particelle della classe 20-50 nm può essere attribuito alla crescita dimensionale di queste particelle di nuova formazione. La letteratura comunque non è concorde su quale intervallo di dimensioni attribuire alle particelle nucleate: fino a qualche anno fa la minima dimensione misurabile per le particelle era 3 nm, quindi la nucleazione non poteva essere misurata direttamente, mentre attualmente vi sono strumenti che arrivano a misurare anche 1 nm. Per quanto riguarda il meccanismo di formazione la reazione meglio conosciuta è l'ossidazione dell' SO_2 ad H_2SO_4 e la sua neutralizzazione con ammoniaca a formare bisolfato e solfato d'ammonio. E' ancora in fase di studio il ruolo dei composti organici volatili, che sembrano favorire la nucleazione^{23,24} in quanto la sola presenza di acido solforico ed ammoniaca non bastano a spiegare la velocità di nucleazione e di crescita di queste particelle.

La maggiore frequenza degli eventi di nucleazione nelle giornate estive nella Pianura Padana è riportata anche in letteratura²⁵, ed anche l'influenza dell'umidità relativa, che risulta essere minore, in media, nei giorni con eventi di nucleazione rispetto ai giorni di "non evento"²⁶. Nei giorni di nucleazione inoltre la radiazione solare globale è maggiore che nei giorni di non evento.

Picchi nelle particelle 50-70 nm si verificano in alcune giornate in contemporanea ai picchi delle particelle più piccole, quindi si possono attribuire all'accrescimento delle particelle nucleate (23 gennaio, 23 e 24 settembre), ma anche in giornate nebbiose (2-3 dicembre) o giornate in cui l'umidità relativa si mantiene alta (superiore al 60% e con poca escursione tra minimo diurno e massimo notturno) e la temperatura bassa, in assenza di pioggia (il 23 dicembre).

Picchi in questa classe dimensionale si sono verificati anche nei periodi di stabilità atmosferica, come dal 6 al 13 novembre, o dal 24 novembre al 3 dicembre.

Per quanto riguarda le particelle di dimensioni superiori ai 70 nm, i picchi si verificano soltanto in corrispondenza a periodi di alta pressione ed alta stabilità atmosferica autunnali-invernali (13 novembre, dal 27 novembre al 3 dicembre) ed in presenza di giornate con alta umidità relativa dell'aria (dal 10 al 23 dicembre, il 28-29 dicembre).

Per le particelle più grandi (200-1000 nm), oltre ai giorni citati, si aggiungono altre giornate di condizioni di alta umidità relativa dell'aria (superiore al 60% e con poca escursione tra minimo diurno e massimo notturno) in presenza di bassa temperatura ed assenza di pioggia, che favoriscono le reazioni acquose in fase eterogenea di precursori gassosi, dando origine a formazione secondaria di nitrato e solfato d'ammonio, che si trovano in particolare nell'intervallo dimensionale 200-1000 nm²⁷; si tratta delle giornate del 7 gennaio, 14 febbraio e dal 5 al 7 dicembre, data in cui si è verificato il massimo assoluto. I periodi con picchi nel numero di particelle sono evidenziati in FIGURA 31.

I massimi assoluti per ogni classe dimensionale si sono verificati tutti tra fine novembre ed il mese di dicembre, eccetto per la classe 20-30 nm il cui picco massimo si è verificato il 23 gennaio. A testimonianza della particolare criticità del periodo si evidenzia che in Torino città non ha piovuto per 65 giorni consecutivi dal 29 ottobre 2015 al 3 gennaio 2016. L'intero mese di dicembre è stato caratterizzato da condizioni di stabilità atmosferica e marcata inversione termica, molto spesso al suolo e durante tutto il giorno, non solo in periodo notturno; il mese di novembre ha presentato caratteristiche analoghe, con la sola eccezione di due giornate in cui non si è verificata inversione termica (23 e 25 novembre). Una peculiarità del dicembre 2015 è inoltre la persistenza di un'elevata umidità relativa dell'aria (con minima media giornaliera pari a 66% e massimi al 95%), nonostante l'assenza di pioggia, condizione che ha favorito i fenomeni di condensazione di composti semivolatili e la coagulazione delle particelle più fini in particelle di dimensioni 100-200 nm.

²³ Tröstl et al., The role of organic compounds in early nanoparticle growth, atti European Aerosol Conference 6-11 settembre 2015

²⁴ Patoulias et al., The role of organic condensation on ultrafine particle growth during nucleation events, Atmos. Chem. Phys., 15, 6337– 6350, 2015

²⁵ Hamed et al., Nucleation and grow of new particles in Po Valley, Italy, Atmos. Chem. Phys., 7, 355-376, 2007

²⁶ Rodriguez et al., Nucleation and growth of new particles in the rural atmosphere of Northern Italy – relationship to air quality monitoring, Atmos. Environ, 39, 6734-6746, 2005

²⁷ Wang et al, The secondary formation of inorganic aerosols in the droplet mode through heterogeneous aqueous reactions under haze conditions., Atmospheric Environment 63 (2012) 68-76

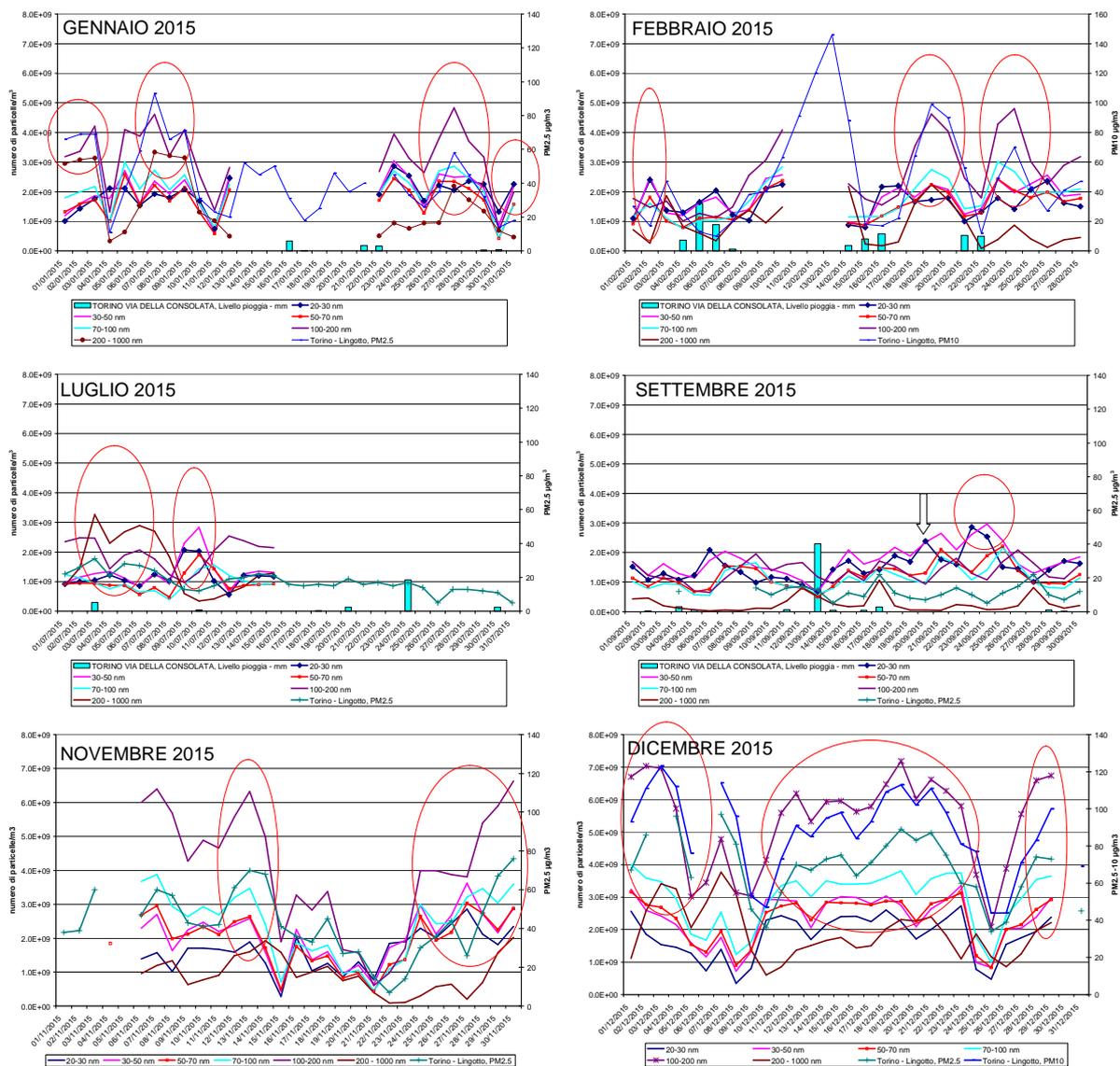


FIGURA 31: andamento medio giornaliero del numero di particelle gennaio, febbraio, luglio, settembre, novembre e dicembre 2015.

CONCLUSIONI

Vi è una buona correlazione di lungo periodo con le misure in massa di PM10-PM2,5 effettuate nella stessa stazione soltanto per le particelle superiori ai 100 nm, mentre non si presenta correlazione significativa con le particelle di dimensioni più fini. L'andamento temporale di lungo periodo delle medie mensili, da un punto di vista qualitativo, presenta analogie con l'andamento del PM10-PM2,5 per le particelle superiori ai 50 nm. Incrementi notevoli nel numero totale di particelle possono verificarsi in corrispondenza di diverse condizioni meteorologiche:

- quando si verificano periodi di almeno due-tre giorni consecutivi di stabilità atmosferica in condizioni di alta pressione, bassa temperatura ed inversione termica al suolo (tipicamente le giornate assolate invernali). In questo caso l'aumento nel numero di particelle avviene per tutte le classi dimensionali tranne quella più fine (20-30 nm), che mantiene valori molto più costanti;
- in presenza di giornate con umidità persistente, bassa temperatura ed in condizioni di cielo coperto (ad esempio in giorni di nebbia). Questa situazione favorisce la formazione delle particelle più grandi (100-1000 nm) per le reazioni acquose in fase eterogenea, che danno origine a nitrato e solfato d'ammonio;
- nelle giornate di alta radiazione e bassa umidità relativa (tipicamente giornate estive assolate e senza nubi), nelle quali si innalzano le particelle più fini (20-30 nm), in conseguenza alla nucleazione di nuove particelle attraverso processi di natura fotochimica.

METALLI

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

M. Maringo ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.

DESCRIZIONE

I metalli pesanti costituiscono una classe di sostanze inquinanti estremamente diffusa nelle varie matrici ambientali. La loro presenza in aria, acqua e suolo può derivare da fenomeni naturali (erosione, eruzioni vulcaniche), ai quali si sommano gli effetti derivanti dalle attività antropiche.

Riguardo l'inquinamento atmosferico i metalli che maggiormente preoccupano sono generalmente arsenico (As), cadmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), manganese (Mn), nichel (Ni) e piombo (Pb), che sono veicolati dal particolato. La loro origine è varia. Cd, Cr e As provengono principalmente dalle industrie minerarie e metallurgiche; Cu dalla lavorazione di manufatti e da processi di combustione; Ni dall'industria dell'acciaio, della numismatica, da processi di fusione e combustione; Co e Zn da materiali cementizi ottenuti con il riciclaggio degli scarti delle industrie siderurgiche e degli inceneritori. L'incenerimento dei rifiuti può essere una fonte di metalli pesanti quali antimonio, cadmio, cromo, manganese, mercurio, stagno, piombo. L'effetto dei metalli pesanti sull'organismo umano dipende dalle modalità di assunzione del metallo, nonché dalle quantità assorbite. Alcuni metalli sono oligoelementi necessari all'organismo per lo svolgimento di numerose funzioni quali il metabolismo proteico (Zn), quello del tessuto connettivo osseo e la sintesi dell'emoglobina (Cu), la sintesi della vitamina B12 (Co) e altre funzioni endocrino-metaboliche ancora oggetto di studio. L'assunzione eccessiva e prolungata di tali sostanze, invece, può provocare danni molteplici a tessuti ed organi.

L'avvelenamento da zinco si manifesta con disturbi al sistema nervoso centrale, anemia, febbre e pancreatite. Il rame, invece, produce alterazioni della sintesi di emoglobina e del tessuto connettivo osseo oltre a promuovere epatiti, cirrosi e danni renali. L'intossicazione da cobalto provoca un blocco della captazione dello iodio a livello tiroideo con conseguente gozzo da ipotiroidismo, alterazioni delle fibre muscolari cardiache e disturbi neurologici. Cromo e nichel, sono responsabili, in soggetti predisposti, di dermatiti da contatto e di cancro polmonare. L'enfisema polmonare (per deficit di α_1 antitripsina) è la principale manifestazione dell'intossicazione cronica da cadmio, cui generalmente si accompagnano danni ai tubuli renali e osteomalacia. Sia il piombo, che l'arsenico, inoltre, sono responsabili di numerose alterazioni organiche. L'avvelenamento cronico da piombo (saturnismo), ad esempio, è responsabile di anemia emolitica e danni neurologici.

Tra i metalli che sono più comunemente monitorati nel particolato atmosferico, quelli di maggiore rilevanza sotto il profilo tossicologico sono il nichel, il cadmio e il piombo. I composti del nichel e del cadmio sono classificati dalla Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro come cancerogeni per l'uomo; l'Organizzazione Mondiale della Sanità stima che, a fronte di una esposizione ad una concentrazione di nichel nell'aria di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per l'intera vita, quattro persone su diecimila siano a rischio di contrarre il cancro. Nella TABELLA 22 sono riportati i valori obiettivo per As, Cd e Ni e il valore limite per la protezione della salute umana per il Pb previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155.

PIOMBO (Pb)		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	$0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1 gennaio 2005
ARSENICO (As)		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo (condizioni di campionamento)	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	$6 \text{ ng}/\text{m}^3$	31 dicembre 2012
CADMIO (Cd)		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo (condizioni di campionamento)	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	$5 \text{ ng}/\text{m}^3$	31 dicembre 2012
NICHEL (Ni)		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo (condizioni di campionamento)	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	$20 \text{ ng}/\text{m}^3$	31 dicembre 2012

TABELLA 22: D.Lgs. 13/8/2010 n. 155, valori limite e valori obiettivo per i metalli.

ESAME DEI DATI

I dati riportati nelle tabelle che seguono si riferiscono alle concentrazioni medie annuali di arsenico, cadmio, nichel e piombo determinate nel materiale particolato aerodisperso (frazione PM10 e, nel caso della stazione To-Lingotto, anche frazione PM2,5) campionato in 13 stazioni ubicate in provincia di Torino. In ottemperanza al piano regionale di revisione della rete di monitoraggio e alle prescrizioni relative all'autorizzazione dell'inceneritore di Torino vi sono state alcune variazioni, per cui a partire dal 2013 la determinazione di tali parametri è effettuata anche nella stazione di Oulx e nella stazione privata di Beinasco – TRM gestita da Arpa. Le concentrazioni di As, Cd e Ni sono espresse in ng/m³, quelle relative al piombo in µg/m³.

I limiti previsti dal D.Lgs. 155 del 13/8/2010 sono rispettati per tutti i parametri in tutti i siti monitorati, e mostrano un generale incremento nel corso del 2015 rispetto alla graduale diminuzione che aveva caratterizzato gli ultimi tre anni di osservazione.

Per quanto riguarda l'arsenico la sua presenza nelle polveri inalabili, negli ultimi anni di osservazione risulta generalmente trascurabile, con valori dell'ordine del limite di quantificazione del metodo in tutte le stazioni anche in siti caratterizzati da traffico veicolare o presenza di attività industriali.

Per il cadmio in tutti i siti la concentrazione è significativamente inferiore rispetto al valore obiettivo di 5 ng/m³, tuttavia a differenza del trend in discesa degli ultimi anni, nel corso del 2015 si evidenzia un nuovo incremento ad eccezione delle stazioni di Druento, Susa e Oulx che mostrano un livello costante. La stazione con la concentrazione più elevata risulta To-Rebaudengo con un valore pari a 0,38 ng/m³ con un incremento del 41% rispetto all'anno precedente. In tale sito la determinazione dei metalli è iniziata solo nel 2012 (TABELLA 24). La stazione di To-Rebaudengo, come la stazione di To-Grassi (anche quest'anno caratterizzata da una percentuale di dati inferiore al 90%), si trova in una zona ad elevato traffico, per cui per i vari inquinanti si raggiungono i valori più elevati del territorio metropolitano.

I livelli di cadmio più bassi sono stati rilevati presso le stazioni di Susa, Ceresole e Druento, analogamente agli anni precedenti di osservazione. Nelle altre stazioni del territorio comunale e provinciale i livelli di cadmio risultano piuttosto uniformi con valori per il 2015 tra 0,1 e 0,2 ng/m³, generalmente superiori alle rilevazioni dell'anno precedente. A livello di composizione percentuale (TABELLA 27) si osserva un incremento della presenza di tale metallo nelle polveri campionate nei siti di Beinasco-TRM, Borgaro, To-Rebaudengo e To-Grassi (in quest'ultimo sito il dato non è attendibile in quanto il rendimento è stato molto basso), mentre nelle altre stazioni la composizione risulta piuttosto omogenea rispetto all'anno precedente, in quanto a fronte di un aumento della concentrazione assoluta di cadmio, nel corso del 2015 vi è stato anche un incremento delle concentrazioni delle polveri su cui esso viene determinato.

Nella stazione di To-Lingotto in cui la determinazione del cadmio è effettuata sulle due granulometrie di polveri PM10 e PM2,5, si conferma l'osservazione degli anni precedenti in cui si è mostrato percentualmente maggiormente presente nella frazione più sottile. Tuttavia i dati relativi al 2015 per tale confronto tra le due granulometrie, è da ritenersi solo indicativo in quanto il rendimento strumentale del campionatore di PM2,5 è stato inferiore al 90% previsto dalla norma. Nel caso di Ceresole la presenza in percentuale di cadmio nelle polveri PM10 non è stata calcolata in quanto nel corso di tutto l'anno le concentrazioni sono risultate inferiori al limite di quantificazione del metodo.

Anche per il nichel si osserva generalmente un aumento delle concentrazioni rispetto all'anno 2014 (TABELLA 25), con gli incrementi maggiori per i siti di Borgaro e Druento; quindi si è registrato un arresto del generale trend in discesa che ha caratterizzato gli ultimi anni. Tuttavia i valori rimangono ampiamente al di sotto del valore obiettivo previsto dal D.Lgs. n. 155/2010 (20 ng/m³). I valori maggiori, pari a circa 5 ng/m³, vengono registrati nelle stazioni di traffico dell'area metropolitana di To-Grassi, To-Consolata e To-Rebaudengo. Analogamente a tutti gli altri parametri la concentrazione più bassa di nichel è stata rilevata nel sito montano di Ceresole con un valore pari a 0,9 ng/m³, mentre nelle altre stazioni della provincia le concentrazioni sono al di sotto dei 4 ng/m³.

A livello di presenza percentuale di nichel nelle polveri PM10 in molti casi si osserva un livello stabile rispetto al 2014, in quanto a fronte di un aumento della concentrazione di nichel nel 2015 vi è stato anche un incremento delle concentrazioni di polveri. A Borgaro, Druento e Susa invece si osserva un incremento anche a livello di composizione percentuale delle polveri per questo inquinante. Per

quanto riguarda la distribuzione tra le due frazioni di PM, per il nichel risulta maggiormente presente sul PM₁₀, come osservato negli anni precedenti.

Per quanto riguarda il piombo in FIGURA 32 è riportata la serie storica a partire dagli anni '70. Attualmente i livelli di piombo sono due ordini di grandezza inferiori rispetto ai rilevamenti dei primi anni di monitoraggio. Già a partire dal 2001 le medie annuali sono di un ordine di grandezza inferiori al limite previsto dalla normativa (0,5 µg/m³).

Anche per il piombo, si osservano gli andamenti descritti per gli altri metalli: rispetto al 2014 in alcune stazioni si osserva un arresto del trend in discesa descritto negli anni precedenti con gli incrementi maggiori registrati nelle stazioni dell'area metropolitana sia nei valori assoluti sia per presenza percentuale di questo metallo nelle polveri. La stazione con il valore maggiore è quella di P.zza Rebaudengo dove si è rilevata una concentrazione di piombo pari a 0,021 µg/m³ (nel 2014 era pari a 0,015 µg/m³) ed una presenza a livello di composizione percentuale superiore rispetto alle altre stazioni dell'area metropolitana. Tuttavia per tutti i siti i livelli risultano ampiamente al di sotto del valore limite e le concentrazioni risultano particolarmente basse nelle stazioni di Ceresole e Oulx. Il piombo risulta presente in modo equivalente fra le due frazioni di PM analizzate presso la stazione di To-Lingotto.

Nel complesso i dati relativi ai metalli presenti sul particolato aerodisperso mettono in luce una situazione esente da criticità, grazie alla ridotta presenza sul territorio della provincia di Torino di significative attività estrattive e metallurgiche, nonché alla progressiva dismissione di grandi centrali termoelettriche a carbone e ad olio combustibile, che sono le principali sorgenti antropiche di metalli pesanti quali arsenico, cadmio e piombo. Il 2015 è stato caratterizzato da un arresto del trend generalmente in diminuzione osservato negli anni precedenti. Tale arresto è presumibilmente da mettere in relazione alla criticità del 2015 sotto il profilo delle condizioni di stabilità atmosferica già richiamata per altri inquinanti (si veda il capitolo "CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'ANNO 2015").

Per la stazione di qualità dell'aria denominata Beinasco-TRM, prevista ed installata a seguito del progetto di costruzione e avvio dell'inceneritore di rifiuti urbani della provincia di Torino (zona Gerbido), tipologia di attività che può essere fonte di metalli pesanti, si osserva per tutti i metalli previsti dalla normativa un livello stabile nel corso dei tre anni di rilevamento disponibili, paragonabile a quelli rilevati in stazioni della rete di simile tipologia.

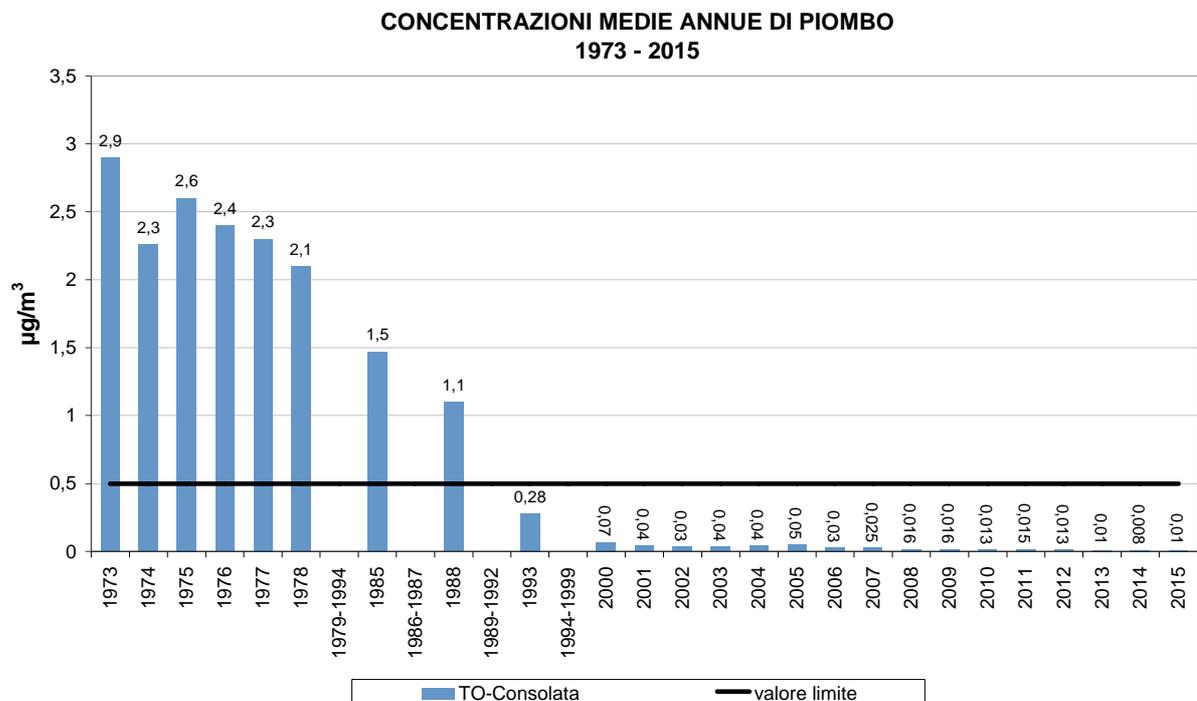


FIGURA 32: parametro piombo, medie annuali presso la stazione di To-Consolata nel periodo 1973 – 2015.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2015 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di ARSENICO nel materiale particolato aerodisperso (ng/m ³)									
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Beinasco-TRM	96%								0,7	0,7	0,7
Borgaro	86%	1,34	0,73	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72*	0,7*	0,7*	0,7*
Carmagnola	98%	1,21	0,74*	0,71	0,71	0,72	0,72	0,71	0,7	0,7	0,7
Ceresole Reale	95%				0,72*	0,73*	0,73*	0,72*	0,7	0,7	0,7
Druento	97%	0,85	0,73	0,71	0,72*	0,72	0,72	0,71	0,7	0,7	0,7
Ivrea	92%		0,73*	0,71	0,72	0,72	0,71	0,72	0,7	0,7	0,7
Oulx	73%								0,7	0,7*	0,7*
Susa	96%	0,87	0,73	0,71	0,72	0,72	0,72	0,72	0,7	0,7	0,7
To-Consolata	93%	1,27	0,81	0,71	0,72	0,71	0,72	0,72	0,7	0,7	0,7
To-Grassi	37%	1,27	0,86	0,71	0,71	0,72	0,78	0,73*	0,7*	0,7*	0,7*
To-Lingotto PM10	93%	2,11*	0,74*	0,72*	0,72	0,72	0,73	0,72	0,7	0,7	0,7
To-Lingotto PM2,5	85%	0,84	0,77*	0,72	0,72	0,72	0,73	0,72	0,7	0,7	0,7*
To-Rebaudengo	93%							0,71	0,7	0,7	0,7
To-Rubino	95%		0,75*	0,86	0,72*	0,72	1,19	0,72	0,7	0,7	0,7

* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 23: concentrazioni medie annuali di arsenico determinate su PM10 e PM2,5, 2006-2015.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2015 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di CADMIO nel materiale particolato aerodisperso (ng/m ³)									
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Beinasco-TRM	96%								0,2	0,1	0,2
Borgaro	86%	0,57	0,40	0,25	0,19	0,17	0,3	0,21*	0,17*	0,12*	0,16*
Carmagnola	98%	0,54	0,49*	0,33	0,22	0,18	0,27	0,19	0,15	0,11	0,13
Ceresole Reale	95%				0,12*	0,07*	0,07*	0,07*	0,07	0,07	0,07
Druento	97%	0,35	0,28	0,21	0,14*	0,10	0,19	0,11	0,1	0,07	0,09
Ivrea	92%		0,36*	0,28	0,17	0,16	0,29	0,18	0,12	0,13	0,14
Oulx	73%								0,1	0,1*	0,1*
Susa	96%	0,29	0,25	0,11	0,10	0,07	0,12	0,1	0,07	0,07	0,07
To-Consolata	93%	0,60	0,53*	0,38	0,25	0,19	0,32	0,28	0,24	0,15	0,17
To-Grassi	37%	0,75	0,69	0,38	0,31	0,23	0,52	0,39*	0,28*	0,21*	0,36*
To-Lingotto PM10	93%	0,67*	0,36*	0,30*	0,25	0,19	0,31	0,26	0,19	0,14	0,17
To-Lingotto PM2,5	85%	0,51	0,40*	0,25	0,24	0,16	0,27	0,21	0,2	0,1	0,17*
To-Rebaudengo	93%							0,42	0,33	0,27	0,38
To-Rubino	95%		0,41*	0,29*	0,23*	0,17	0,27	0,23	0,19	0,13	0,16

* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 24: concentrazioni medie annuali di cadmio determinate su PM10 e PM2,5, 2006-2015.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2015 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di NICHEL nel materiale particolato aerodisperso (ng/m ³)									
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Beinasco-TRM	96%								2,9	2,7	3,0
Borgaro	86%	17,47	8,20	6,11	6,17	4,27	5,18	4,73*	3,4*	3,0*	4,3*
Carmagnola	98%	18,71	7,18*	4,21	4,98	3,98	5,10*	3,89	3,2	2,5	3,0
Ceresole Reale	95%				1,92*	1,25*	1,61*	1,02*	0,7	0,9	0,9
Druento	97%	15,09*	7,26	4,15	4,35*	3,54	3,97	3,16	1,6	1,5	3,8
Ivrea	92%		6,29*	4,48	5,07	3,65	4,39	3,17	2,4	2,2	3,0
Oulx	73%								1,4	1,8*	1,7*
Susa	96%	17,64	3,84	2,45	2,79	2,46	3,38	2,21	1,1	1,9	2,7
To-Consolata	93%	22,97*	12,20	8,19	9,33	8,34	8,28	7,31	4,9	4,8	5,3
To-Grassi	37%	21,18*	11,02	8,22	9,42	7,59	8,65	7,89*	5,8*	5,0*	5,5*
To-Lingotto PM10	93%	19,96*	11,47*	4,13*	5,72	5,08	5,6	4,78	3,5	3,2	3,3
To-Lingotto PM2,5	85%	12,07	6,16*	3,43	2,77	2,43	3,28	2,56	1,4	1,3	1,7*
To-Rebaudengo	93%							7,2	5,2	4,5	4,6
To-Rubino	95%		8,93*	5,56	6,09*	4,68	5,22	4,79	3,0	3,2	3,4

* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 25: concentrazioni medie annuali di nichel determinate su PM10 e PM2,5, 2006-2015.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2015 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di PIOMBO nel materiale particolato aerodisperso (ng/m ³)									
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Beinasco-TRM	96%								0,009	0,008	0,008
Borgaro	86%	0,025	0,015	0,013	0,011	0,010	0,013	0,009*	0,009*	0,006*	0,009*
Carmagnola	98%	0,019	0,014*	0,011	0,010	0,009	0,011	0,008	0,007	0,005	0,005
Ceresole Reale	95%				0,002*	0,002*	0,002*	0,001*	0,001	0,001	0,001
Druento	97%	0,014	0,011	0,007	0,008*	0,007	0,008	0,006	0,004	0,004	0,004
Ivrea	92%		0,014*	0,010	0,010	0,010	0,010	0,006	0,006	0,004	0,005
Oulx	73%								0,002	0,002*	0,002*
Susa	96%	0,019	0,014	0,009	0,008	0,007	0,006	0,005	0,004	0,004	0,003
To-Consolata	93%	0,030	0,025	0,016	0,016	0,013	0,015	0,013	0,01	0,008	0,01
To-Grassi	37%	0,042*	0,028*	0,020	0,018	0,017	0,020	0,018*	0,012*	0,012*	0,02*
To-Lingotto PM10	93%	0,025*	0,020*	0,010*	0,012	0,011	0,012	0,009	0,007	0,007	0,009
To-Lingotto PM2,5	85%	0,019	0,017*	0,011	0,010	0,009	0,010	0,010	0,009	0,006	0,007*
To-Rebaudengo	93%							0,020	0,019	0,015	0,021
To-Rubino	95%		0,017*	0,011	0,012*	0,011	0,011	0,010	0,009	0,007	0,008

* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 26: concentrazioni medie annuali di piombo determinate su PM10 e PM2,5, 2006-2015.

STAZIONE	Percentuale in massa dei metalli nel particolato %Cd								
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Beinasco TRM							0,0006	0,0003	0,0006
Borgaro	0,0009	0,0006	0,0005	0,0005	0,0007	0,0005*	0,0005	0,0004	0,0005*
Carmagnola	0,0008*	0,0005	0,0004	0,0004	0,0005	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003
Ceresole			0,0013*	0,001*	0,0009*	0,0008	n.c.	n.c.	n.c.
Druento	0,0009	0,0007	0,0004	0,0004	0,0006	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Ivrea	0,0009*	0,0008	0,0005*	0,0006	0,0008	0,0005	0,0004	0,0006	0,0005
Oulx							0,0006	0,0006	0,0006*
Susa	0,0011	0,0004	0,0005	0,0003	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004
To-Consolata	0,001*	0,0007	0,0005	0,0004	0,0006	0,0006	0,0006	0,0004	0,0004
To-Grassi	0,0010	0,0006	0,0005	0,0005	0,0009	0,0007	0,0006	0,0005	0,0007*
To-Lingotto PM10	0,0006*	0,0007*	0,0006	0,0005	0,0007	0,0006	0,0005	0,0004	0,0005
To-Lingotto PM2,5	0,0011*	0,0007	0,0007	0,0006	0,0008	0,0006	0,0007	0,0004	0,0007*
To-Rebaudengo							0,0009	0,0007	0,0009
To-Rubino	0,0009*	0,0007*	0,0005*	0,0004	0,0006	0,0006	0,0005	0,0004	0,0004
STAZIONE	Percentuale in massa dei metalli nel particolato %Ni								
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Beinasco TRM							0,009	0,009	0,009
Borgaro	0,018	0,014	0,015	0,012	0,012	0,011	0,010	0,010	0,012*
Carmagnola	0,030	0,015	0,010	0,009	0,010	0,008	0,008	0,007	0,007
Ceresole			0,021	0,018	0,020	0,011	0,012	0,018	0,013
Druento	0,023	0,013	0,014	0,013	0,013	0,011	0,007	0,008	0,017
Ivrea	0,016	0,013	0,015	0,013	0,013	0,009	0,009	0,010	0,011
Oulx							0,008	0,011	0,009*
Susa	0,017	0,010	0,013	0,011	0,015	0,011	0,006	0,012	0,015
To-Consolata	0,023	0,015	0,018	0,019	0,017	0,015	0,012	0,014	0,013
To-Grassi	0,017	0,013	0,017	0,015	0,015	0,013	0,012	0,012	0,011*
To-Lingotto PM10	0,019	0,010	0,014	0,014	0,013	0,011	0,009	0,010	0,009
To-Lingotto PM2,5	0,017	0,010	0,008	0,008	0,009	0,008	0,005	0,005	0,006*
To-Rebaudengo							0,014	0,011	0,011
To-Rubino	0,019	0,013	0,014	0,012	0,011	0,012	0,009	0,010	0,009
STAZIONE	Percentuale in massa dei metalli nel particolato %Pb								
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Beinasco TRM							0,027	0,027	0,024
Borgaro	0,033	0,030	0,027	0,027	0,030	0,021	0,026	0,019	0,026*
Carmagnola	0,045	0,033	0,020	0,020	0,020	0,016	0,017	0,014	0,012
Ceresole			0,022	0,029	0,025	0,011	0,017	0,020	0,014
Druento	0,034	0,022	0,025	0,026	0,026	0,021	0,017	0,021	0,017
Ivrea	0,036	0,029	0,030	0,036	0,029	0,018	0,022	0,017	0,018
Oulx							0,011	0,012	0,011*
Susa	0,064	0,036	0,038	0,032	0,026	0,024	0,022	0,025	0,017
To-Consolata	0,047	0,030	0,031	0,030	0,030	0,027	0,025	0,023	0,025
To-Grassi	0,042	0,033	0,032	0,034	0,034	0,030	0,026	0,028	0,038*
To-Lingotto PM10	0,033	0,023	0,029	0,031	0,027	0,021	0,018	0,022	0,025
To-Lingotto PM2,5	0,047	0,031	0,029	0,031	0,029	0,030	0,031	0,025	0,026*
To-Rebaudengo							0,051	0,038	0,049
To-Rubino	0,036	0,026	0,027	0,028	0,023	0,025	0,026	0,023	0,022

* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 27: percentuale in massa di cadmio, nichel e piombo nel PM10 e nel PM2,5, confronto anni 2007-2015.

IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

M. Maringo, ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.

DESCRIZIONE

Gli idrocarburi policiclici aromatici, noti come IPA, sono un gruppo di composti organici caratterizzati dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati. Gli IPA presenti in aria ambiente si originano da tutti i processi che comportano la combustione incompleta e/o la pirolisi di materiali organici. Le principali fonti di emissione in ambito urbano sono costituite dagli autoveicoli alimentati a benzina o gasolio e dalle combustioni domestiche e industriali che utilizzano combustibili solidi o liquidi. Tuttavia negli autoveicoli alimentati a benzina l'utilizzo di marmitte catalitiche riduce l'emissione di IPA dell'80-90%²⁸. A livello di ambienti confinati il fumo di sigaretta e le combustioni domestiche possono costituire un'ulteriore fonte di inquinamento da IPA.

In termini generali la parziale sostituzione del carbone e degli oli combustibili con il gas naturale ai fini della produzione di energia ha costituito un notevole beneficio anche in termini di emissioni di IPA. La diffusione della combustione di biomasse per il riscaldamento domestico, invece, se da un lato ha indubbi benefici in termini di bilancio complessivo di gas serra, dall'altro va tenuta attentamente sotto controllo in quanto la quantità di IPA emessi da un impianto domestico alimentato a legna è notevolmente maggiore di quella emessa da un impianto alimentato con combustibile liquido (kerosene, gasolio da riscaldamento, ecc.); l'aggiornamento del 2013 dell'inventario delle emissioni stima un fattore di emissione di oltre 1000 volte superiore²⁹.

In termini di massa gli IPA costituiscono una frazione molto piccola del particolato atmosferico rilevabile in aria ambiente (< 0,1%) ma rivestono un grande rilievo tossicologico, specialmente quelli con 5 o più anelli, e sono per la quasi totalità adsorbiti sulla frazione di particolato con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm.

I dati ricavati da test su animali di laboratorio indicano che molti IPA hanno effetti sanitari rilevanti che includono l'immunotossicità, la genotossicità e la cancerogenicità. Va comunque sottolineato che, da un punto di vista generale, la maggiore fonte di esposizione a IPA, secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, non è costituita dall'inalazione diretta ma dall'ingestione di alimenti contaminati a seguito della deposizione del particolato atmosferico al suolo. In particolare il benzo(a)pirene, produce tumori a livello di diversi tessuti sugli animali da laboratorio ed è inoltre l'unico idrocarburo policiclico aromatico per il quale sono disponibili studi approfonditi di tossicità per inalazione, dai quali risulta che questo composto induce il tumore polmonare in alcune specie.

L'International Agency for Research on Cancer (IARC)³⁰ classifica il benzo(a)pirene nel gruppo 1 come "cancerogeno per l'uomo", il dibenzo(a,h)antracene nel gruppo 2A come "probabile cancerogeno per l'uomo" mentre tutti gli altri IPA sono inseriti nel gruppo 2B come "possibili cancerogeni per l'uomo".

Il valore obiettivo per il benzo(a)pirene è riportato TABELLA 28.

BENZO(A)PIRENE – VALORE OBIETTIVO		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	1 ng/m ³	31 dicembre 2012

TABELLA 28: benzo(a)pirene, valori di riferimento e normativa in vigore.

ESAME DEI DATI

La TABELLA 29 riassume le concentrazioni medie annuali rilevate a partire dal 2006 sul territorio provinciale di Benzo(a)Pirene. Le medie annuali indicate in tabella per ogni stazione sono ottenute partendo dalle medie giornaliere, e possono presentare leggere differenze rispetto al valore ricavabile a partire dalle medie mensili a causa del diverso peso statistico dei diversi mesi. Tutti i dati sono confrontabili in quanto in tutti i siti sono state adottate frequenze di prelievo e metodiche

²⁸ European Commission Ambient air pollution by PAH –Position Paper , pag 8

²⁹ EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook – 2013 Part. B 1.A.4. Small Combustion Tab. 3-5 e Tab. 3-6

³⁰ International Agency for Research on Cancer (IARC) –Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A last updated 2 april 2009

analitiche omogenee. In ottemperanza al piano regionale di revisione della rete di monitoraggio e alle prescrizioni relative all'autorizzazione del termovalorizzatore di Torino, vi sono state alcune variazioni, per cui a partire dal 2013 la determinazione di tali parametri è effettuata nelle stazioni di Oulx e in quella privata di Beinasco TRM, gestita da Arpa.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2015 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di Benzo(a)pirene nel materiale particolato aerodisperso (ng/m ³)									
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Beinasco-TRM	96%								0,8	0,8	0,9
Borgaro	86%	1,0	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8*	0,7*	0,7*	0,9*
Carmagnola	98%	1,0	0,8*	0,7	0,7	0,7	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9
Ceresole Reale	95%	-	-	-	0,2*	0,1*	0,1*	0,1*	0,0	0,1	0,1
Druento	97%	0,4	0,4	0,4	0,5*	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
Ivrea	92%	-	0,9*	0,7	0,8	0,7	0,8	0,8	0,9	0,7	1,1
Oulx	73%	-	-	-	-	-	-	-	0,5	0,5*	0,5*
Settimo	91%	-	-	-	-	-	-	1,0	1,2	1,3	1,4
Susa	96%	1,0	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5
To-Consolata	93%	1,1	0,6	0,6	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8
To-Grassi	37%	0,9*	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	1,1*	1,1*	1,0*	1,7*
To-Lingotto PM10	93%	0,6 *	0,7	0,6*	0,6	0,6	0,8	0,7	0,8	0,8	0,9
To-Lingotto PM2,5	85%	0,8	0,6*	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9*
To-Rebaudengo	93%	-	-	-	-	-	-	0,9	1,2	1,1	1,2
To-Rubino	95%	-	0,4	0,5	0,6*	0,5	0,8	0,7	0,8	0,7	0,9

* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 29: concentrazioni medie annuali di benzo(a)pirene rilevate su PM10 e PM2,5 – 2006-2013 (ng/m³).

I dati raccolti nel corso del 2015 mostrano valori in alcuni casi equivalenti a quelli dell'anno precedente, ma nella maggior parte dei casi si nota un incremento rispetto al 2014. Le stazioni di Settimo T.se e To-Rebaudengo sono quelle caratterizzate dai valori di B(a)P più elevati con superamento del valore obiettivo (1 ng/m³). L'incremento maggiore rispetto al 2014 si è osservato nella stazione di Ivrea in cui per la prima volta si è superato il valore obiettivo. I dati della stazione di To-Grassi sono stati riportati in tabella, tuttavia non sono da considerare significativi, in quanto per ripetuti problemi tecnici i giorni validi di campionamento hanno coperto solo il 37% dell'anno. Nel periodo tra il 2006 e 2012 non si era più verificato sul territorio provinciale il superamento del valore obiettivo, tuttavia l'analisi della serie storica risulta complicata dal fatto che nelle stazioni di Settimo T.se e To-Rebaudengo prima del 2012 la determinazione degli IPA non era prevista e la stazione di To-Grassi che risulta la più simile ad esse per tipologia, negli ultimi anni ha mostrato un rendimento strumentale non sufficiente per una corretta valutazione. Di fatto si osserva che le stazioni caratterizzate da fonti emissive significative a partire dal 2013 hanno registrato il superamento del valore obiettivo per il B(a)P e nel 2015 si osserva un ulteriore incremento. Anche la stazione di qualità dell'aria denominata Beinasco-TRM, prevista ed installata a seguito del progetto di costruzione e avvio del termovalorizzatore di rifiuti urbani della provincia di Torino (zona Gerbido) si osserva l'incremento rispetto al 2014 che ha caratterizzato tutto il territorio metropolitano, anche se in questo caso vi è il rispetto del valore obiettivo.

La stazione con i livelli più bassi di Benzo(a)Pirene si conferma quella di Ceresole, nella quale spesso i livelli mensili risultano dell'ordine del limite di quantificazione del metodo, in quanto si trova lontano da fonti di inquinamento antropogenico e a causa dell'elevata altitudine non risente del confinamento al suolo degli inquinanti legato alle condizioni di stabilità invernali tipiche della pianura.

In FIGURA 33 sono riportate le medie annuali degli IPA totali determinate a partire dal 2010. Le stazioni caratterizzate dal superamento del limite annuale - To-Rebaudengo e Settimo T.se - sono quelle che hanno mostrato anche i livelli più elevati di IPA totali; non sono stati riportati i dati di To-Grassi per il basso numero di dati validi che ha caratterizzato gli ultimi anni e soprattutto il 2015.

Ad eccezione delle stazioni di Ceresole, Druento e Susa, in cui il valore di IPA totali risulta pressochè costante, in tutti i siti della città metropolitana di Torino si registra un incremento e il valore relativo al 2015 in ogni sito è il più elevato osservato negli ultimi sei anni.

L'aumento generalizzato delle medie annuali nel 2015 è certamente in parte imputabile al fatto che l'anno in questione ha presentato condizioni di stabilità atmosferica più accentuate rispetto agli anni precedenti (si veda il capitolo "CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'ANNO 2015") in particolare i mesi di novembre e dicembre - che sono

proprio tra quelli caratterizzati dai valori più elevati di IPA, - sono risultati i peggiori del decennio dal punto di vista del confinamento degli inquinanti in prossimità del suolo. Va però sottolineato che il generale trend in aumento della concentrazione di IPA non è spiegabile con considerazioni di tipo meteorologico e va quindi attribuito a un aumento delle emissioni di questi inquinanti. L'ipotesi già richiamata che una delle cause principali del fenomeno sia costituita dall'aumentata combustione di biomasse a fini di riscaldamento è suffragata da quattro considerazioni principali³¹:

- i superamenti del valore obiettivo annuale di Benzo(a)Pirene. sono causati da valori molto elevati nei mesi invernali;
- In base all'Inventario regionale delle emissioni la combustione di biomassa è diventata la principale fonte di PM10 primario;
- come già sottolineato la percentuale di IPA nel PM10 è più elevata nei siti suburbani (per esempio in Val di Susa) che nell'area urbana di Torino;
- composti marcatori della combustione di biomassa (ad esempio il levoglucosano) si ritrovano nel PM10 nei siti sia urbani che suburbani.

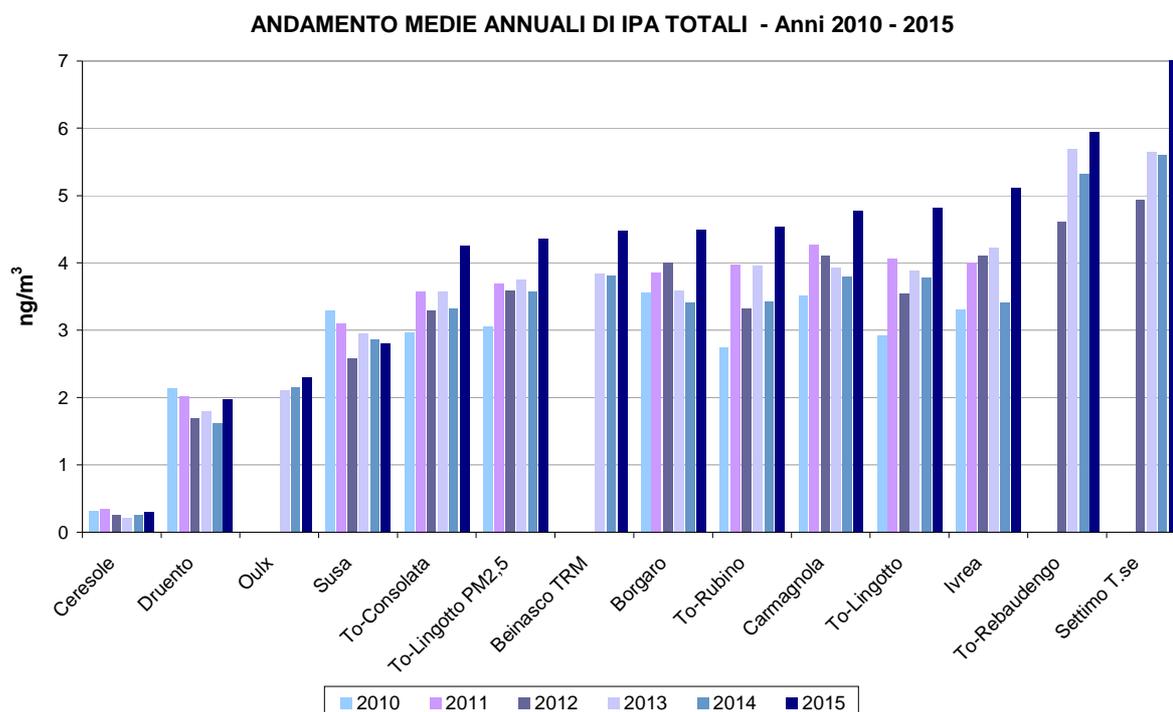


FIGURA 33: andamento medie annuali IPA totali periodo 2010-2015 – Benzo(a)Pirene + Benzo(a)Antracene + Benzo(b,j,k)Fluorantene + Indeno(1,2,3-cd)Pirene.

Oltre all'informazione relativa alla quantità totale di IPA rilevata nei vari siti, è interessante conoscere in quale percentuale essi sono presenti nelle polveri campionate³². Dalla FIGURA 34 si evidenzia la notevole differenza stagionale nella composizione delle polveri relativamente a questo parametro; da aprile a settembre, infatti, prevalgono condizioni di instabilità atmosferica favorevoli alla dispersione degli inquinanti ed inoltre la radiazione solare contribuisce notevolmente alla degradazione degli IPA per cui si osservano percentuali molto basse e uniformi nei vari siti, mentre nei mesi invernali le polveri risultano maggiormente arricchite di questi composti e, come osservato negli anni precedenti, questo fenomeno risulta particolarmente evidente in alcuni siti extraurbani, probabilmente a causa del maggiore utilizzo di biomasse legnose come combustibile. Susa e Ivrea si confermano le stazioni con percentuali maggiori di IPA nelle polveri; per Oulx che presenta una composizione percentuale più bassa rispetto al 2014, bisogna tenere presente che il rendimento strumentale è stato inferiore a quello previsto dalla norma. Risulta confermata negli

³¹ Si ricorda che sin dal 2012 il Gruppo di lavoro per l'individuazione delle misure di riduzione dell'inquinamento atmosferico istituito dal MATT aveva individuato la combustione di biomasse come uno dei settori di intervento, evidenziandone la rilevanza anche in termini di emissione di sostanze tossicologicamente importanti, come il Benzopirene

³² Le percentuali utilizzate nelle figure, in riferimento alla media dei mesi freddi e a quella dei mesi caldi, sono calcolate sulla base delle concentrazioni medie giornaliere di IPA e PM10 misurate, rispettivamente, nei mesi di gennaio, febbraio, marzo, ottobre, novembre, dicembre (semestre freddo) e in quelli aprile, maggio, giugno, luglio, agosto, settembre (semestre caldo).

anni la maggiore presenza di IPA nei siti extraurbani in cui generalmente vi è un maggiore uso della legna³³ come combustibile per il riscaldamento domestico.

Tra le stazioni torinesi il livello percentuale di IPA sul PM10 risulta piuttosto omogeneo con valori leggermente più elevati per To-Rebaudengo. Per la stazione di To-Lingotto, per la quale è disponibile il dato di IPA determinato sia sul PM10 sia sul PM2,5, è interessante osservare che se da una parte il contenuto medio totale risulta più elevato nel PM10 (FIGURA 33), dall'altra le polveri più sottili risultano percentualmente più arricchite di composti policiclici aromatici (FIGURA 34). Come sottolineato negli anni precedenti questo dato conferma la pericolosità delle polveri PM2,5 che oltre ad essere in grado di entrare in profondità nelle vie respiratorie, riescono a veicolare nell'organismo sostanze potenzialmente cancerogene.

La stazione di Ceresole si conferma il sito con i livelli di IPA più bassi sia come valori assoluti sia come presenza percentuale sul PM10.

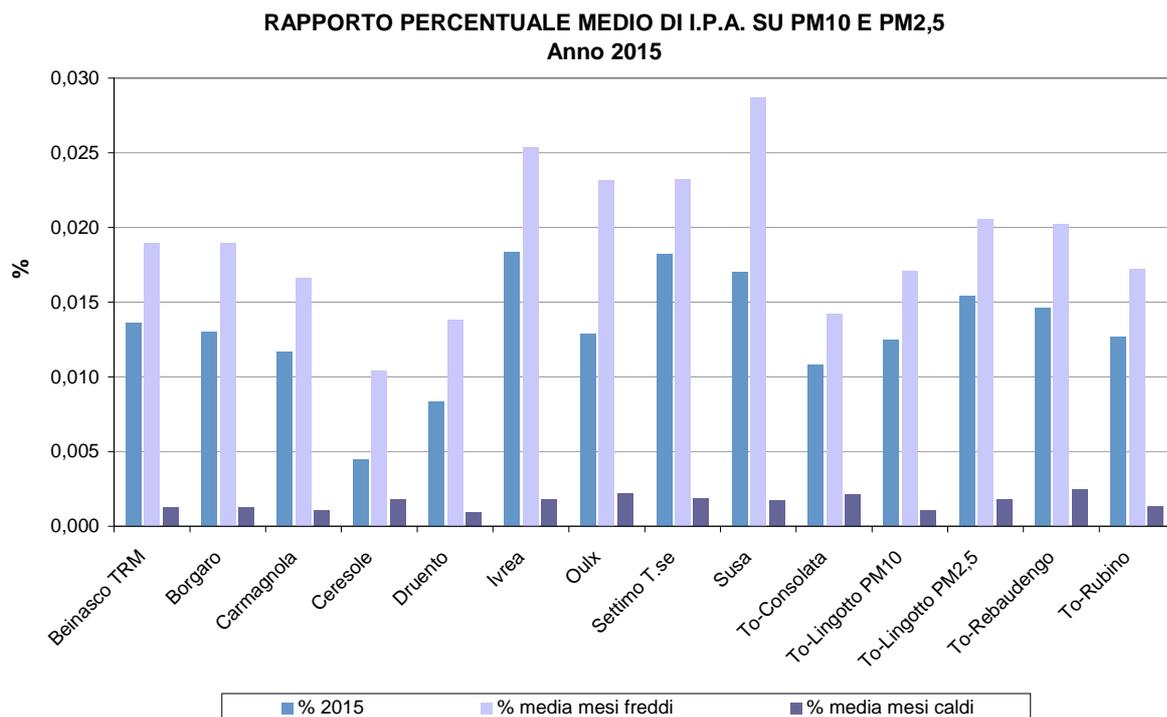


FIGURA 34: percentuale di IPA totali nel PM10, PM2,5 – anno 2015.

Nella FIGURA 35 per le stazioni di Druento, Susa e To-Consolata che rappresentano diverse situazioni territoriali, sono riportati i contenuti percentuali di IPA differenziati per mese di campionamento. Si conferma il basso contenuto percentuale nei mesi caldi con valori equivalenti nelle varie aree territoriali, che invece si differenziano notevolmente nel periodo freddo, in cui a Susa si hanno percentuali circa doppie rispetto a Druento e Torino-Consolata; in particolare nei mesi di gennaio, febbraio e dicembre 2015.

Il mese di febbraio è stato particolarmente critico con un contenuto percentuale quasi triplo della stazione di Susa rispetto alle altre.

³³ Si vedano anche i risultati ottenuti nel mese di dicembre 2013 nella città di Milano in: Dal Santo et al, Un anno di monitoraggio giornaliero di PM1 a Milano: il contributo delle sorgenti di combustione di biomassa alle concentrazioni in atmosfera, in Atti del Sesto Convegno nazionale sul particolato atmosferico, Genova 2014 e l'articolo di Bassan, Patti et al di Arpav: "Polveri sottili, B(a)P e biomasse: una sfida per la qualità dell'aria" pubblicato su Agriforenergy 2/2015.

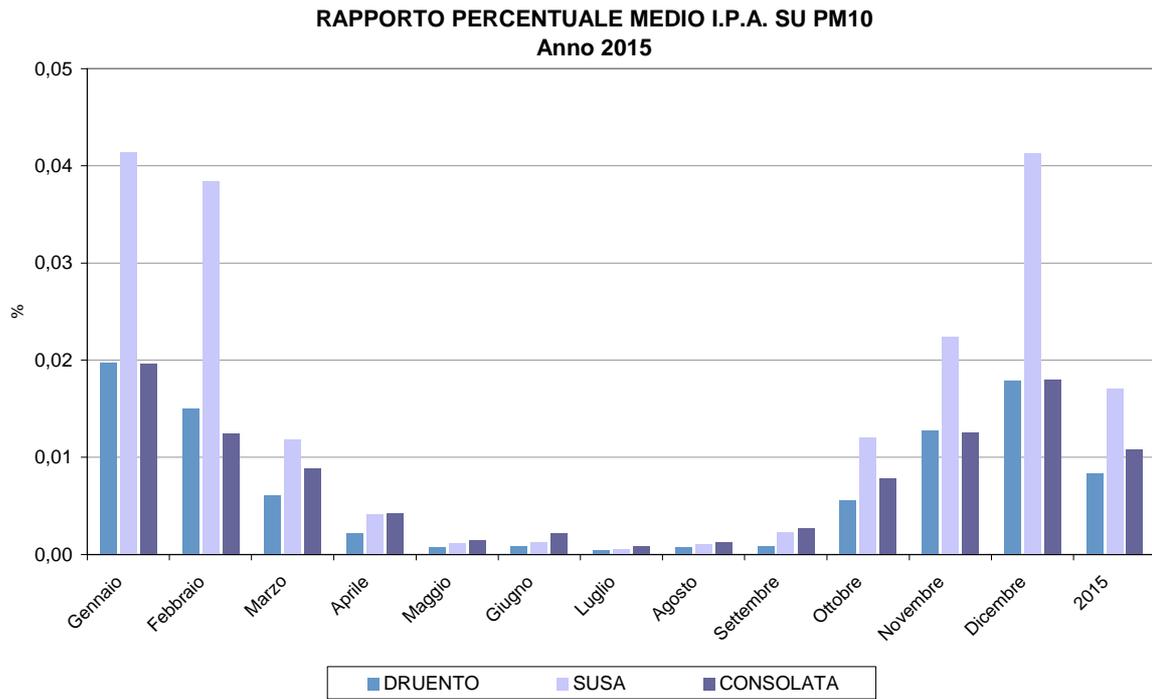


FIGURA 35: percentuale IPA totali nel PM10 – Andamento delle medie mensili – anno 2015.

DEPOSIZIONI ATMOSFERICHE "BULK" DI IPA E METALLI NELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

M. Maringo, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.

Descrizione

Gli inquinanti atmosferici emessi dalle diverse sorgenti possono essere trasportati dai venti anche per distanze considerevoli, ma possono anche ricadere al suolo a causa di particolari processi chimico-fisici, detti genericamente deposizioni. Nel tempo che intercorre dalla loro emissione alla loro ricaduta al suolo, gli inquinanti atmosferici possono andare incontro a processi chimici che ne modificano le caratteristiche e la natura nonché il loro grado di tossicità e pericolosità nei confronti dell'ambiente. La loro ricaduta al suolo può avvenire con le precipitazioni meteoriche che danno luogo alle cosiddette "deposizioni umide", con le nebbie sottoforma di minute goccioline (deposizioni occulte) o, ancora, sotto forma di gas e particelle (deposizioni secche). Le deposizioni totali (umide + secche) sono particolarmente adatte per misurare la concentrazione ambientale di inquinanti organici, metalli e metalloidi e stimare l'esposizione della popolazione a tali inquinanti che avviene non direttamente ma attraverso l'accumulo nella catena alimentare in seguito alla contaminazione dei suoli agricoli. Infatti, l'accumulo degli inquinanti nel suolo può provocare, nel breve periodo, una contaminazione per deposito superficiale e, nel lungo periodo, un aumento della contaminazione delle piante che vi crescono. Questo può aumentare il rischio di trasferimento di tali sostanze all'uomo sia per contatto diretto con piante e suolo sia mediante il consumo di vegetali provocando così l'ingresso di sostanze tossiche nella catena alimentare.

Il D.Lgs 155/2011 e la norma tecnica europea vigente in relazione ai metalli e agli IPA nelle deposizioni (BS EN 15841/2009 e BS EN 15980/2011 rispettivamente) prevedono il campionamento delle deposizioni totali (secche e umide) tramite appositi sistema di raccolta con contenitori in plastica PE per la determinazione dei metalli ed in vetro per gli idrocarburi policiclici aromatici. Seguendo quanto previsto dalla norma ogni singolo campionamento ha la durata di un mese, nel corso del quale in un unico contenitore vengono raccolte le deposizioni secche e quelle umide in caso di pioggia o neve. Per quanto riguarda i metalli a scopo di studio sono stati determinati una serie di metalli in aggiunta a quelli previsti dalla norma.

Lo studio delle deposizioni simula la ricaduta degli inquinanti al suolo e consiste nella valutazione del particolato e delle precipitazioni che si depositano su una determinata superficie nell'unità di tempo (il risultato è infatti espresso in relazione all'area dei deposimetri esposti e al tempo di esposizione). Nelle tabelle seguenti sono riportati i flussi di deposizione dei metalli e dei microinquinanti organici rilevate nelle deposizioni totali presso i siti di monitoraggio installati nella città metropolitana di Torino espresse come rapporto tra la quantità di analita in relazione con i giorni di esposizione e per m² di superficie esposta. In caso di dati inferiori al limite di quantificazione, nel calcolo dei risultati analitici si è utilizzato l'approccio "medium-bound", sostituendo NR con LR/2 (Rapporto ISTISAN 04/15).

Nella città metropolitana di Torino il primo deposimetro è stato installato nel 2007 nella cabina di monitoraggio di Baldissero T.se acquistata da GdF Suez Produzione S.p.A. in ottemperanza alle prescrizioni emanate dal Ministero delle Attività Produttive in fase di autorizzazione alla costruzione e all'esercizio della centrale termoelettrica sita nel comune di Leinì e secondo quanto previsto da tali prescrizioni, tramite convenzione, i dati prodotti e le analisi effettuate sui campioni sono gestiti da Arpa. Dal 2007 al 2012 nelle deposizioni raccolte presso Baldissero sono stati determinati i metalli (dal 2007 a febbraio 2010 era presente un campionatore wet & dry, sostituito con un campionatore bulk nel marzo 2010), a partire da gennaio 2013 invece si sono determinati gli idrocarburi policiclici aromatici, per poter avviare uno studio del sito anche in merito a questi inquinanti.

Nel mese di agosto 2012 sono stati installati altri tre deposimetri nella provincia di Torino, nello specifico nell'area indicata dalle simulazioni modellistiche come potenzialmente interessata alle ricadute del termovalorizzatore TRM che è stato avviato l'anno successivo nel mese di aprile. Sono stati scelti tre siti di monitoraggio presso i comuni di Rivalta, Orbassano e Grugliasco in cui a mesi alterni si campionano IPA e metalli. In merito alla costruzione ed autorizzazione del termovalorizzatore, con D.G.P. n. 1317- 433230/2006, successivamente modificata con D.G.P. n. 35-225/2012, la Provincia di Torino ha espresso giudizio positivo di compatibilità ambientale prevedendo, tra le diverse prescrizioni, l'installazione di una cabina di monitoraggio della qualità

dell'aria nel punto di potenziale massima ricaduta, con l'obbligo per TRM S.p.A. di affidarne la gestione tecnica a Arpa Piemonte. La cabina è stata installata nel comune di Beinasco presso il giardino pubblico Aldo Mei e a partire da novembre 2012 in tale sito vengono determinate le deposizioni di IPA e metalli tramite due campionatori bulk.

Pur descrivendo in modo dettagliato la metodica di campionamento, la norma non prevede livelli limite o valori obiettivo per i vari composti, per cui come termine di confronto sono riportati i valori, dove disponibili di studi reperibili in letteratura.

ESAME DEI DATI

Idrocarburi policiclici aromatici

In TABELLA 30 sono riportati i dati relativi ai campioni raccolti e analizzati negli anni 2013 - 2015 presso nei 5 siti della provincia di Torino in cui sono installati deposimetri bulk per la determinazione degli IPA. A Baldissero T.se e Beinasco – TRM gli IPA sono stati determinati in tutti i mesi, mentre presso i siti di Grugliasco – Circolo Golf, Str. del Gerbido, Rivalta – Campo Pozzi SMAT, Campo Fregoso Dojrone e Orbassano – Ospedale San Luigi a mesi alterni vengono campionati IPA e metalli.

Si precisa che i dati relativi alla determinazione di IPA, risultano frequentemente inferiori al limite di rilevabilità del metodo di analisi, in tali casi sono stati cautelativamente posti uguali alla metà del limite di quantificazione (come indicato nelle linee US EPA 2000) e pertanto le medie calcolate su base annuale vanno considerati come "valori indicativi".

Per tutti i siti l'ordine di grandezza dei vari IPA rilevati risultano confrontabili e piuttosto uniformi nei tre anni di monitoraggio. Solo per il BaP (FIGURA 36) si osserva che nel corso del 2013 in tutti i siti i valori risultavano circa doppi rispetto alle rilevazioni degli ultimi due anni. Tuttavia non appaiono anomali rispetto ai dati reperiti in letteratura e riportati in FIGURA 40 in cui si osserva che in alcune realtà urbane ma anche rurali si sono registrati valori simili. Nella stessa figura si osserva che i valori relativi alle deposizioni totali di BaP nel 2015 nei 5 siti monitorati (tra 5,3 e 9,1 ng/(m²*d) a Rivalta e Baldissero T.se rispettivamente) sono maggiormente in linea con i dati più recenti reperiti in letteratura per siti urbani e di fondo.

Dall'analisi dell'andamento annuale, che non è stato riportato, si osserva il caratteristico andamento stagionale di questi composti, con i livelli maggiori che interessano il periodo invernale in quanto vi sono maggiori fonti emissive e valori al di sotto del limite di rilevabilità nella maggior parte dei mesi estivi in quanto la radiazione solare riveste un ruolo fondamentale nella loro degradazione.

STAZIONE	flusso deposizione ng/(m ² *d)														
	BALDISSERO			GRUGLIASCO			RIVALTA			ORBASSANO			BEINASCOS (TRM) ALDO MEI		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015
Benzo[a]pirene	12,3	6,2	9,1	16,4	6,9	7,5	12,5	10,4	5,3	23,5	5,2	5,8	16,0	8,3	7,3
Benzo[a]antracene	4,1	6,5	6,6	5,7	5,2	8,1	3,6	10,4	5,4	7,9	5,1	7,7	6,6	10,2	7,1
Benzo[b+j+k]fluorantene	14,1	29,6	24,9	17,8	19,5	22,0	14,3	18,4	24,3	24,2	18,7	18,3	24,0	26,9	19,2
Indeno[1,2,3-cd]pirene	9,7	15,9	11,5	11,1	8,7	8,9	5,2	12,5	7,8	11,6	8,8	7,7	12,3	18,9	8,9

TABELLA 30: IPA nelle Deposizioni – indicatori statistici anno 2013-2015.

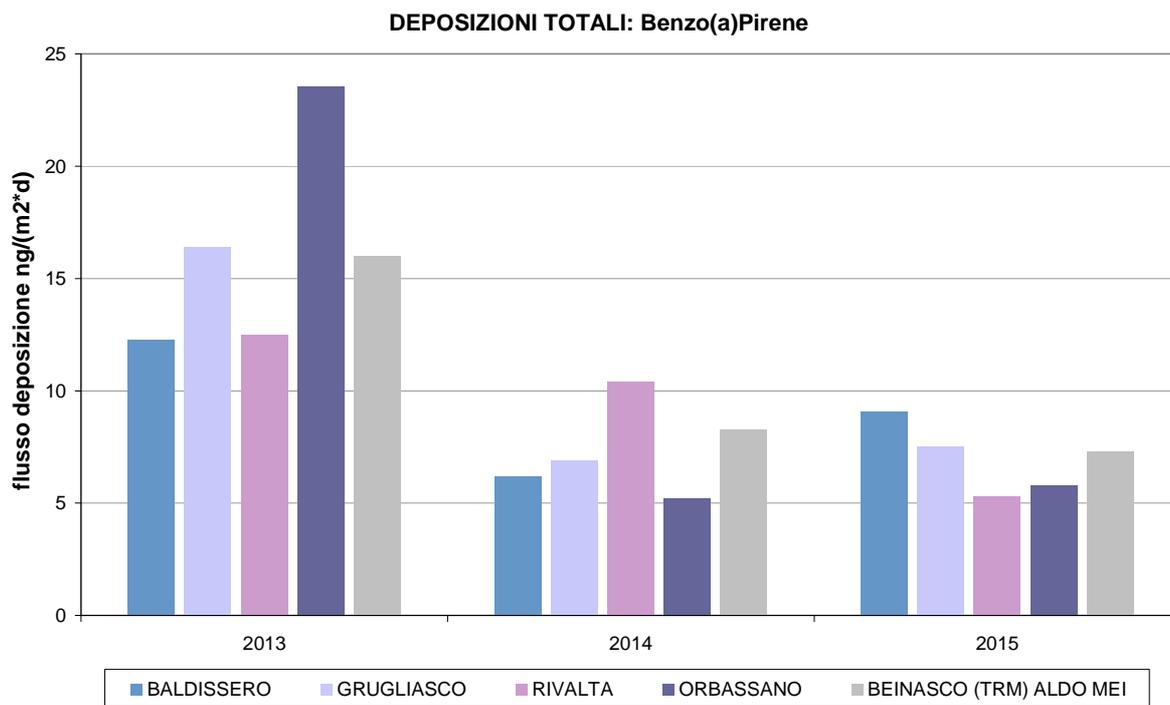


FIGURA 36: B(a)P nelle Deposizioni confronto andamento 2013-2015.

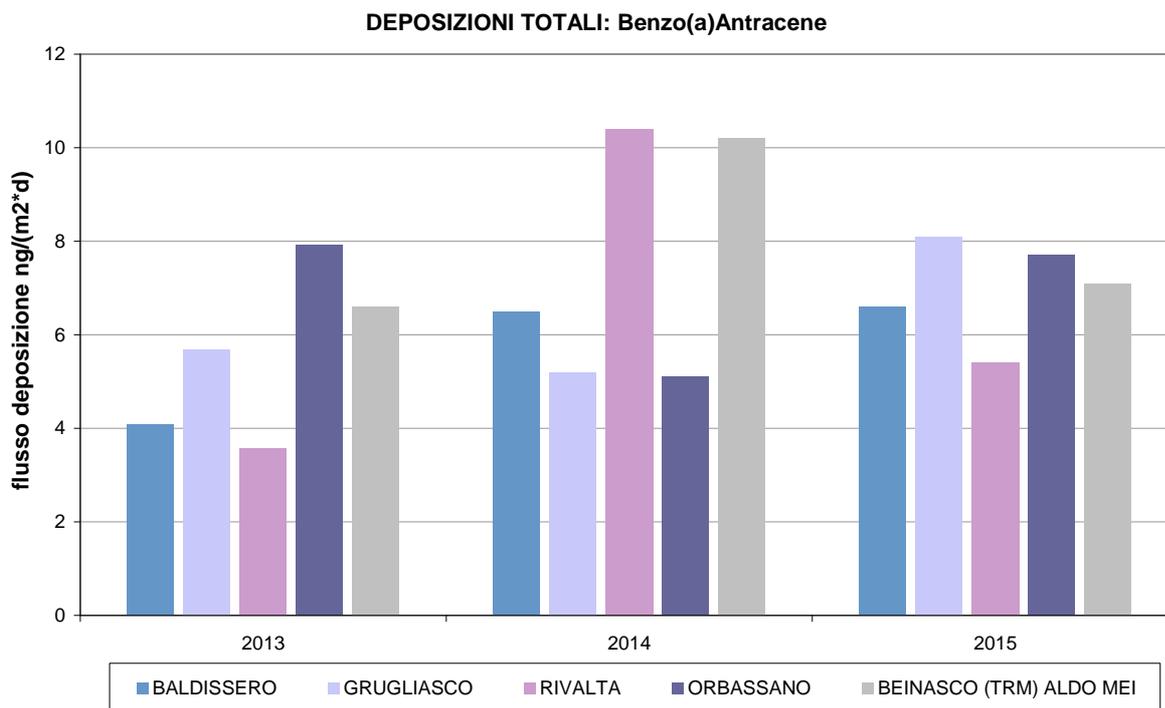


FIGURA 37: Benzo(a)Antracene nelle Deposizioni confronto andamento 2013-2015.

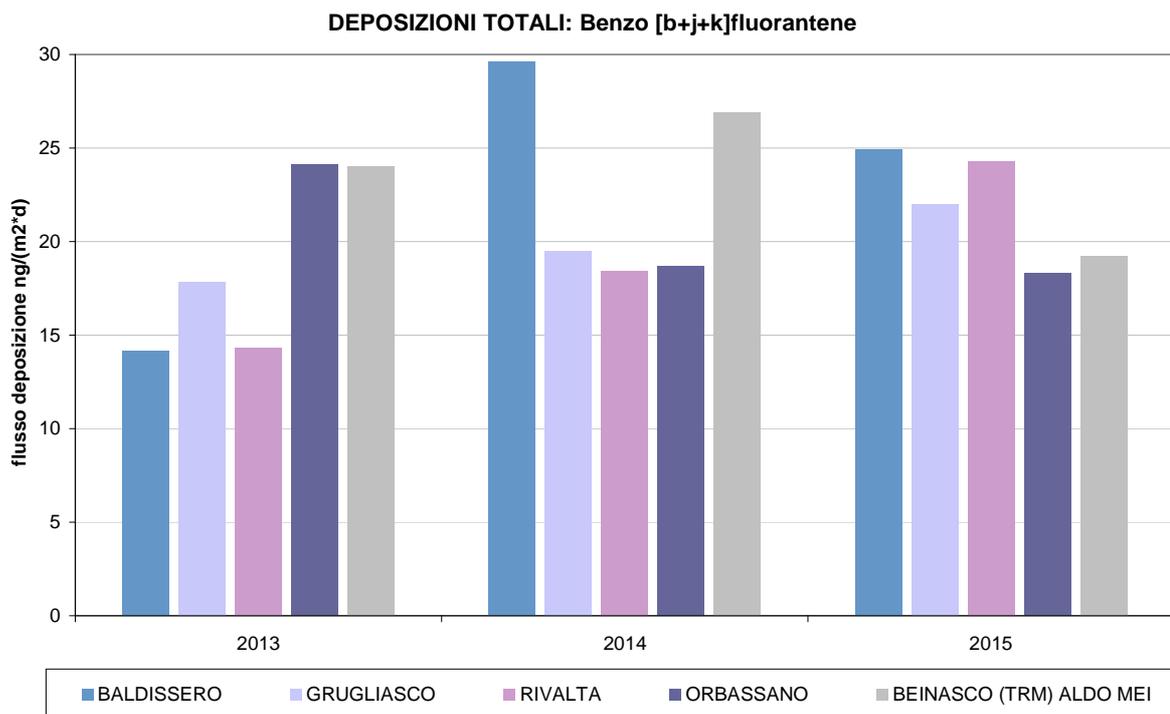


FIGURA 38: Benzo [b+j+k] fluorantene nelle Deposizioni confronto andamento 2013-2015.

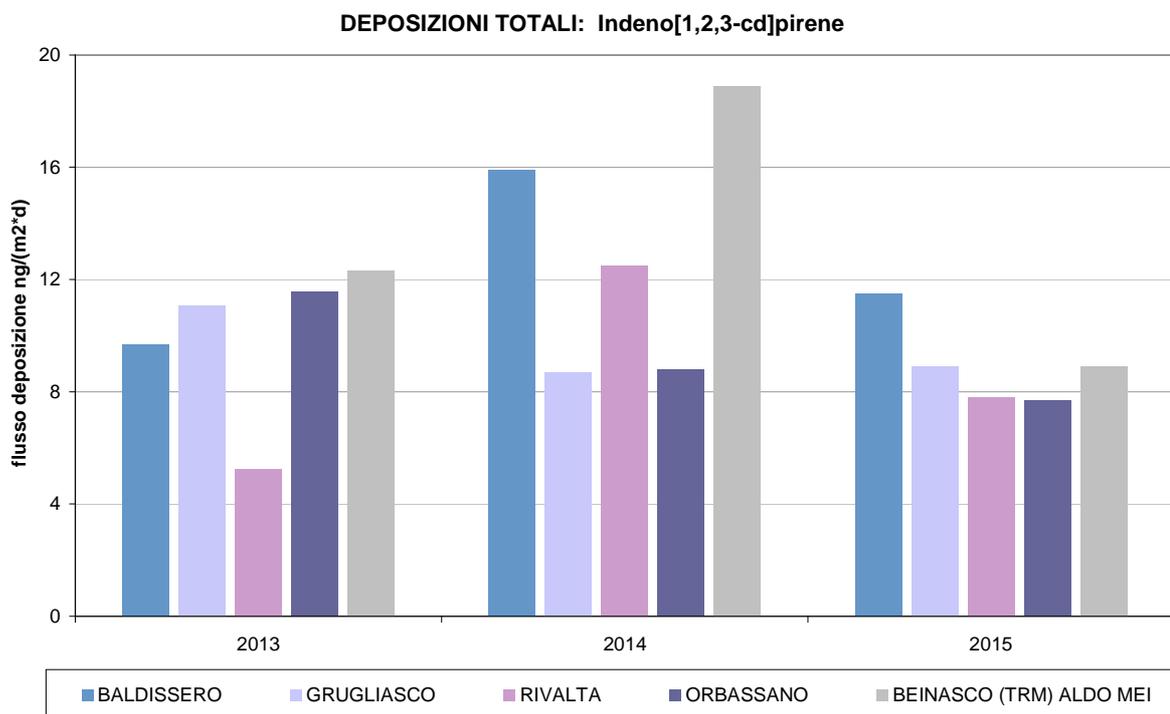
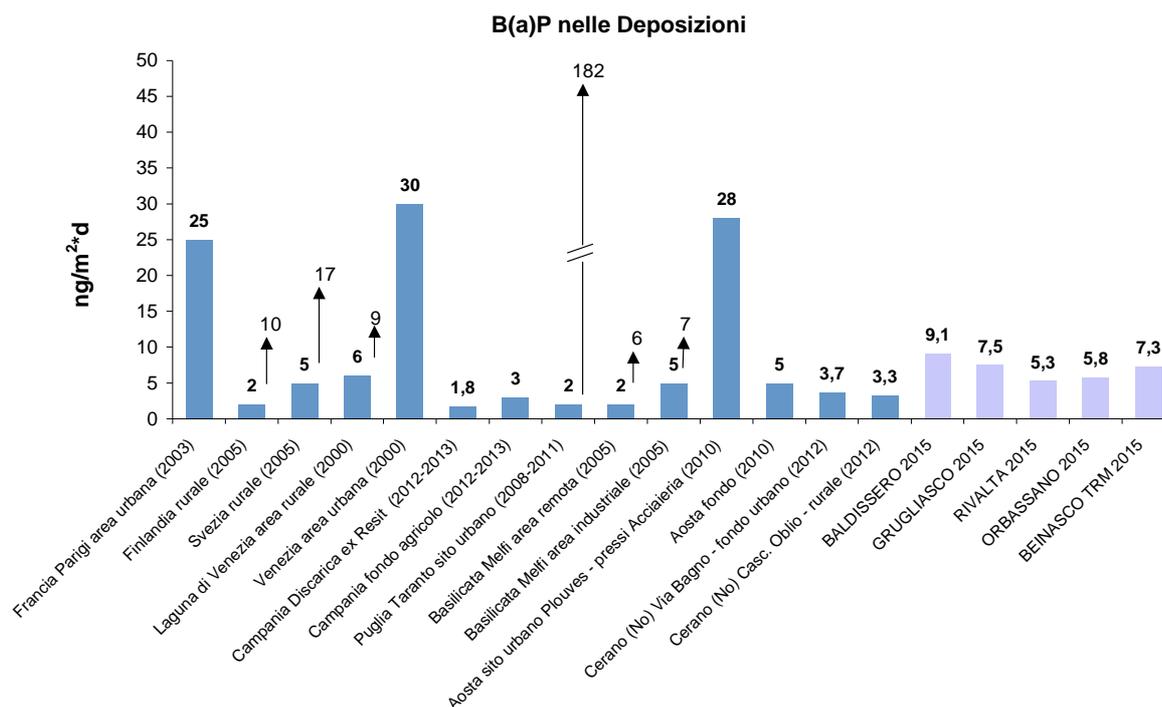


FIGURA 39: Indeno [1,2,3-cd] pirene nelle Deposizioni confronto andamento 2013-2015.


 FIGURA 40: DEPOSIZIONI B(a)P valori rilevati nella provincia di Torino confronto con dati di letteratura ³⁴.

B(a)P ng / (m ² *d)	Area rurale	Area fondo urbano	Area urbana	Area industriale	Fonte
Francia (Parigi)			25		Motelay - Massei et al. 2003
Finlandia (Pallas)	2 - 10				EMAP (2005)
Svezia (Rosvik)	5 - 17				EMAP (2005)
Laguna di Venezia	6 - 9		30		Rossini et al. 2001, Magistrato delle Acque 2000
Campania (discarica ex Resit) 2012-2013	3			1,8	Gaetano Settimo, ISS
Puglia Taranto 2007- 2008	10 - 40			20 - 300	De Gennaro, Amodio - Univ. degli Studi di Bari
Puglia Taranto 2008- 2011	16 - 123	2,0 - 79	2 - 182	57 - 555	Arpa Puglia
Basilicata 2005	1,9 - 5,7		3,2 - 4,1	4,6 - 6,9	Viviano, Settimo ISS 2005
Aosta 2010	5	28			Arpa VdA Presentazione PM2012 - Perugia (Panont D.)
Cerano via Bagno 2012		3,7			Arpa Piemonte dip. Novara
Cascina Oblio 2012	3,3				Arpa Piemonte dip. Novara

TABELLA 31: Benzo(a)Pirene nelle Deposizioni dati di Letteratura - riportati nella Presentazione al Ministero Salute 6/2/2014: Gaetano Settimo ISS, Reparto igiene dell'aria.

Metalli

Come detto in premessa la determinazione dei metalli nelle deposizioni nella città metropolitana di Torino ha avuto inizio nel 2007 presso la stazione di Baldissero T.se utilizzando campionatori wet & dry. A marzo 2012 tale campionario è stato sostituito con un deposimetro bulk e a partire da gennaio dello stesso anno la Struttura Semplice "Laboratorio" del dipartimento di Torino ha messo a punto la metodica analitica conformemente al D.lgs 155/2010 e alla norma BS EN 15841/2009.

Da agosto 2012 è iniziata la determinazione dei metalli nelle deposizioni bulk presso i siti di Grugliasco - Circolo Golf, Str. del Gerbido, Rivalta - Campo Pozzi SMAT, Frazione Dojrone e Orbassano - Ospedale San Luigi (che viene effettuata a mesi alterni con le determinazioni di IPA) e da novembre 2012 è stato installato un deposimetro bulk anche nella cabina di monitoraggio di Beinasco - Aldo Mei.

³⁴ Valori in letteratura per le deposizioni di benzo(a)pirene riportati nella Presentazione al Ministero Salute 6/2/2014: Gaetano Settimo ISS, Reparto igiene dell'aria

Le determinazioni risultano confrontabili per metodo di campionamento, analisi e omogeneità di copertura annuale a partire da gennaio 2013 (dati riportati in TABELLA 32), tuttavia si riportano i dati relativi alla stazione di Baldissero T.se dell'anno 2012 che è indicativa di una zona di fondo rurale durante il quale erano già state applicate le attuali metodiche di campionamento e analisi.

La norma prevede la determinazione nelle deposizioni di arsenico, cadmio, piombo e nichel; tuttavia a scopo di studio sono stati analizzati una serie di metalli aggiuntivi. La stessa norma, per quanto riguarda il flusso di deposizione di metalli nelle deposizioni non prevede dei limiti, per cui a titolo di confronto nei grafici al fondo del paragrafo sono riportati i dati dei principali metalli rilevati nella città metropolitana di Torino e i valori reperiti in letteratura per determinazioni analoghe, in questo caso si può trattare di campionamenti effettuati durante campagne che non hanno coperto l'intero anno, per cui i confronti sono da ritenersi indicativi.

Si sottolinea che nel calcolo dei risultati analitici in caso di dati inferiori al limite di quantificazione, si è utilizzato l'approccio "medium-bound", sostituendo NR con LR/2 (Rapporto ISTISAN 04/15); e ciò comporta che in alcuni casi, ad esempio l'arsenico, il dato finale possa apparire leggermente superiore in un sito rispetto all'altro pur essendo tutti sotto il limite di quantificazione. Anche per il selenio nella maggior parte dei campioni è risultato sotto il limite di quantificazione del metodo.

Dai dati riportati in TABELLA 32 si osserva che per ogni metallo nei vari siti l'ordine di grandezza risulta paragonabile nel corso dei tre anni di monitoraggio (2013 - 2015) ad eccezione di piombo e zinco che mostrano un flusso maggiore nei siti di Orbassano e Beinasco TRM. I dati riportati in TABELLA 33 per la stazione di fondo rurale di Baldissero determinati nel 2012 rispecchiano i livelli determinati negli altri siti della provincia per la maggior parte dei metalli, si differenziano zinco e cadmio. Il flusso di zinco nella maggior parte dei siti dell'area torinese risultando superiori al valore reperito in letteratura relativo alla Laguna di Venezia³⁵ (min 13, max 54 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$), e ai monitoraggi condotti dal Dipartimento di Novara nell'area di Cerano; probabilmente si tratta di una caratteristica naturale del territorio, in quanto il valore maggiore pari a 212 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ è stato determinato a Baldissero come media annuale del 2012, pur trattandosi di un sito di fondo rurale non interessato direttamente a emissioni di traffico o industriale. Il valore di Baldissero T.se risulta circa doppio rispetto ai valori massimi riportati in TABELLA 32 per gli altri siti; dall'analisi dei dati in dettaglio si evince che l'apporto maggiore si è avuto nei mesi di aprile e maggio 2012 che sono stati particolarmente piovosi: i dati relativi a questo metallo sono correlabili positivamente con l'ammontare delle precipitazioni o con l'altitudine (Barbagli et al. 1994). Per quanto riguarda il cadmio nella stazione di Baldissero T.se si evidenzia che nel mese di marzo 2012 è stato registrato un flusso di 8,4 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$, mantenuto nel calcolo della media annuale in quanto non sono risultate anomalie tecniche o analitiche, tuttavia escludendo tale campione la media dell'anno risulta dell'ordine di grandezza osservato negli altri siti negli anni successivi.

Il piombo nella stazione Orbassano mostra il flusso maggiore rispetto agli altri siti anche se nel corso dei tre anni di monitoraggio si osserva un andamento in diminuzione con un valore di 17,5 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ nel 2015. A Beinasco - Aldo Mei il livello di piombo è risultato stabile negli anni monitorati.

I dati reperiti in letteratura³⁶ per i principali metalli determinati nelle deposizioni sono stati riportati nei grafici da FIGURA 43 a FIGURA 47: i valori registrati nei siti della provincia torinese sono in linea con quelli relativi ad aree urbane nazionali ed europee per arsenico, cadmio, nichel, piombo e cromo.

³⁵ Monitoraggio SAMANET - Deposizioni nella laguna di Venezia Anno 2007 -2008

³⁶ DATI DI LETTERATURA:

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Magistrato delle Acque, "Il monitoraggio SAMANET delle deposizioni atmosferiche nella Laguna di Venezia" (2008)

ARPA Emilia Romagna, "Studio ambientale dell'area Coriano Forlì - II fase - sintesi" (2006)

Istituto Superiore di Sanità - Rapporto Istisan 06/43 "Microinquinanti organici e inorganici nel Comune di Mantova: studio dei livelli ambientali" (2006) - campagne di 1 mese ciascuna

Report Annuale Qualità Aria 2015 Arpa VdA

Position Paper for ambient air pollution by As, Cd and Ni

Arpa Piemonte - Dip Novara: Relazione tecnica sulle deposizioni atmosferiche nel comune di Cerano (2012-2013)

STAZIONE	flusso deposizione mg/(m ² *d)											
	GRUGLIASCO			RIVALTA			ORBASSANO			BEINASCO (TRM) ALDO MEI		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015
Arsenico	1,2	2,1	1,6	1,3	2,2	1,3	1,4	2,2	1,4	1,7	1,9	1,4
Cadmio	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1
Cobalto	1,2	2,2	1,6	1,3	2,3	1,3	1,4	2,3	1,4	1,6	1,8	1,4
Cromo	2,8	4,4	2,7	3,0	3,8	2,6	3,2	4,5	2,7	3,4	4,2	3,1
Nichel	3,2	4,6	2,8	4,7	3,1	3,4	3,7	10,3	4,0	3,5	4,2	3,2
Piombo	4,2	3,8	5,2	3,7	3,2	5,4	30,8	22,7	17,5	11,2	10,7	11,3
Rame	13,9	13,6	12,3	12,5	10,6	10,7	14,3	12,9	12,2	15,7	14,6	11,9
Selenio	2,0	2,1	1,6	1,3	2,2	1,3	1,4	2,1	1,3	1,5	1,9	1,3
Vanadio	1,7	3,2	1,8	1,8	3,0	1,9	1,7	3,2	1,7	2,0	3,1	1,7
Zinco	51,1	35,2	41,0	64,8	69,7	43,4	102,3	54,8	80,7	119,5	100,7	85,6

TABELLA 32: metalli nelle deposizioni – indicatori statistici anno 2013-2015.

BALDISSERO ANNO 2012	flusso deposizione mg/(m ² *d)
Arsenico	1,3
Cadmio	1,0
Cobalto	1,4
Cromo	3,3
Nichel	9,3
Piombo	14,0
Rame	14,2
Selenio	1,3
Vanadio	1,9
Zinco	212,5

TABELLA 33: metalli nelle deposizioni sito di Baldissero T.se anno 2012.

Deposizione Totale Metalli anno 2015

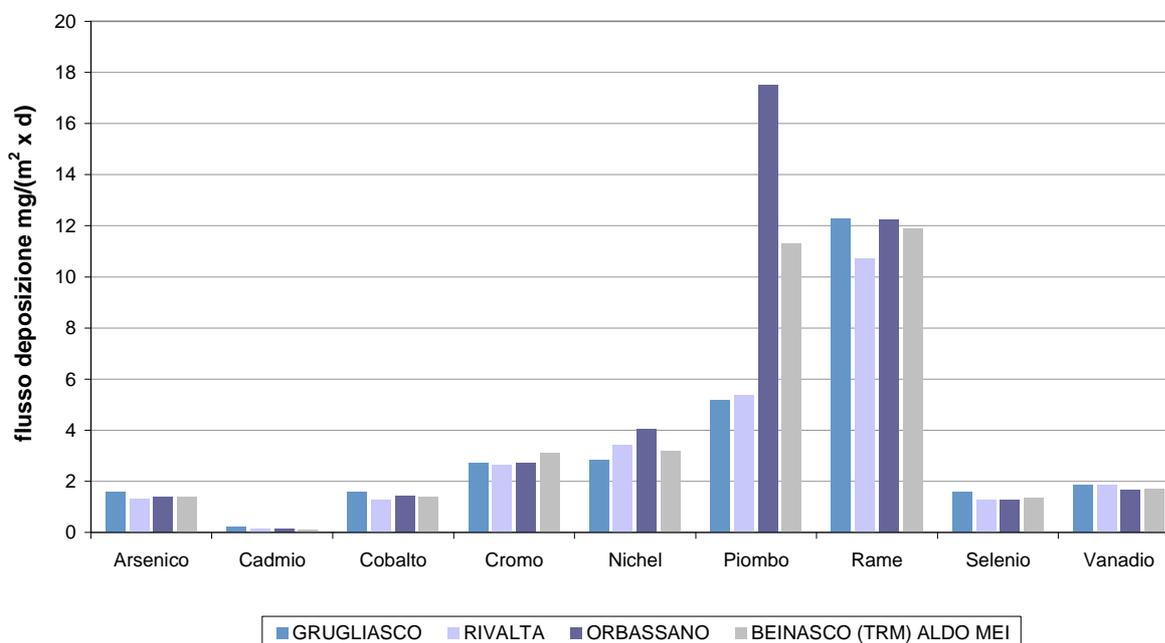


FIGURA 41: metalli nelle deposizioni confronto fra punti di monitoraggio 2015.

Deposizione totale di zinco 2013-2015

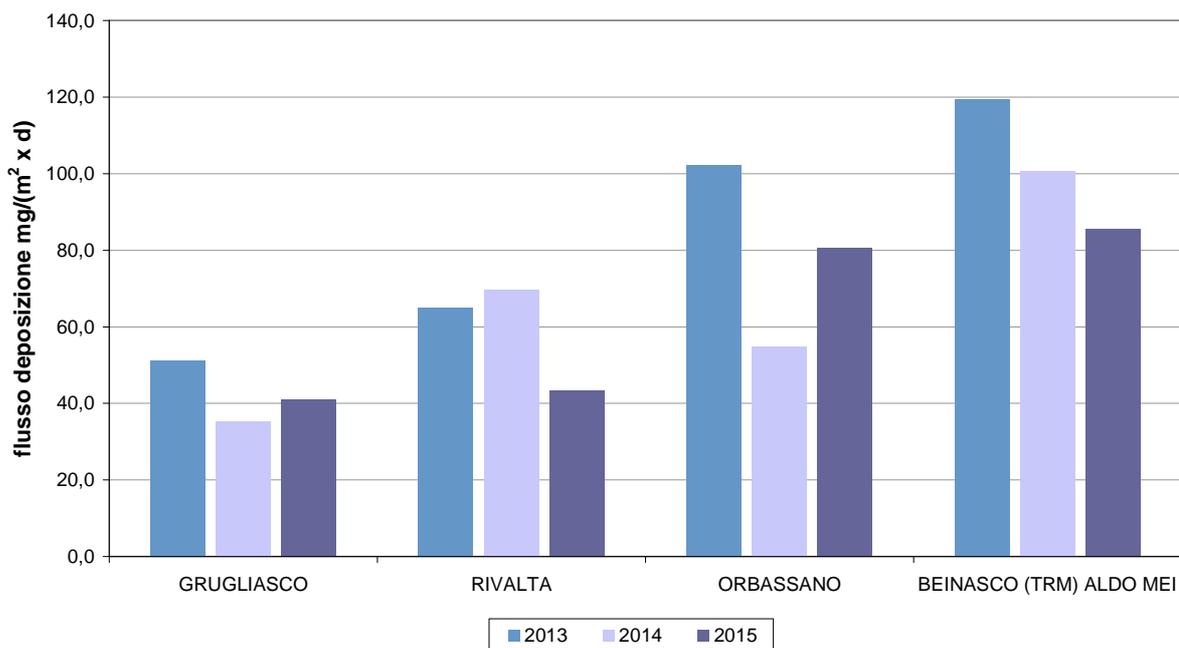


FIGURA 42: zinco nelle deposizioni confronto fra punti di monitoraggio 2013 – 2015.

Arsenico nelle Deposizioni

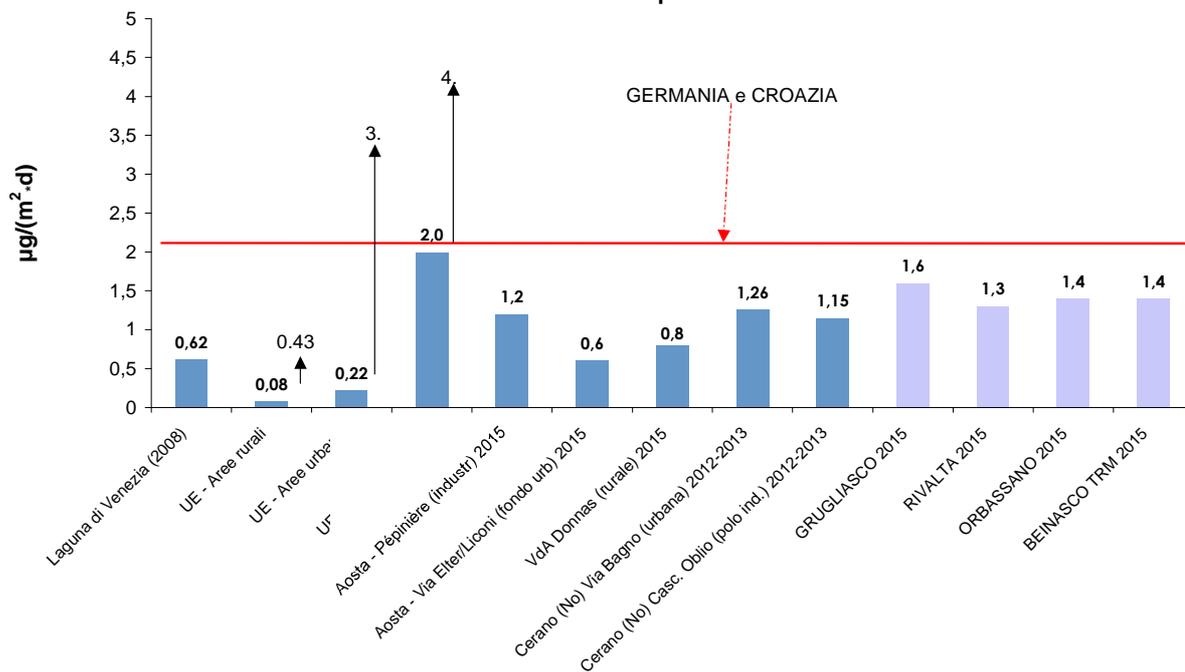


FIGURA 43: deposizioni arsenico valori rilevati nella provincia di Torino nel 2015 confronto con dati di letteratura.

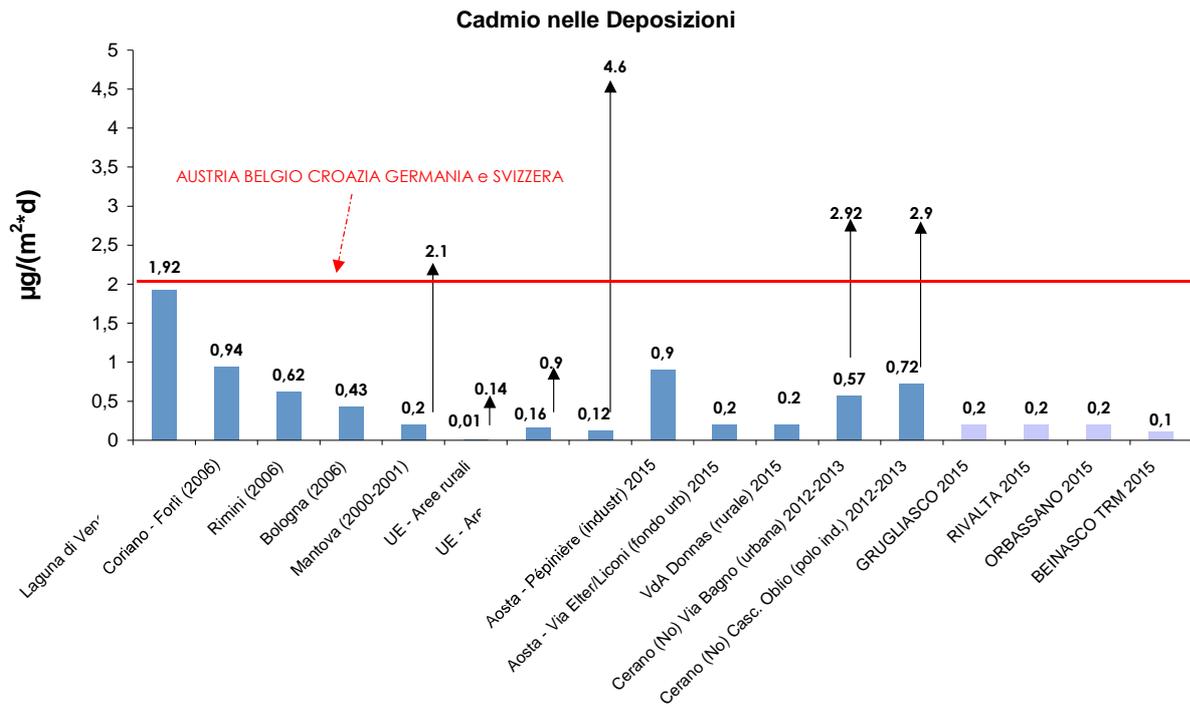


FIGURA 44: deposizioni Cadmio valori rilevati nella provincia di Torino nel 2015 confronto con dati di letteratura.

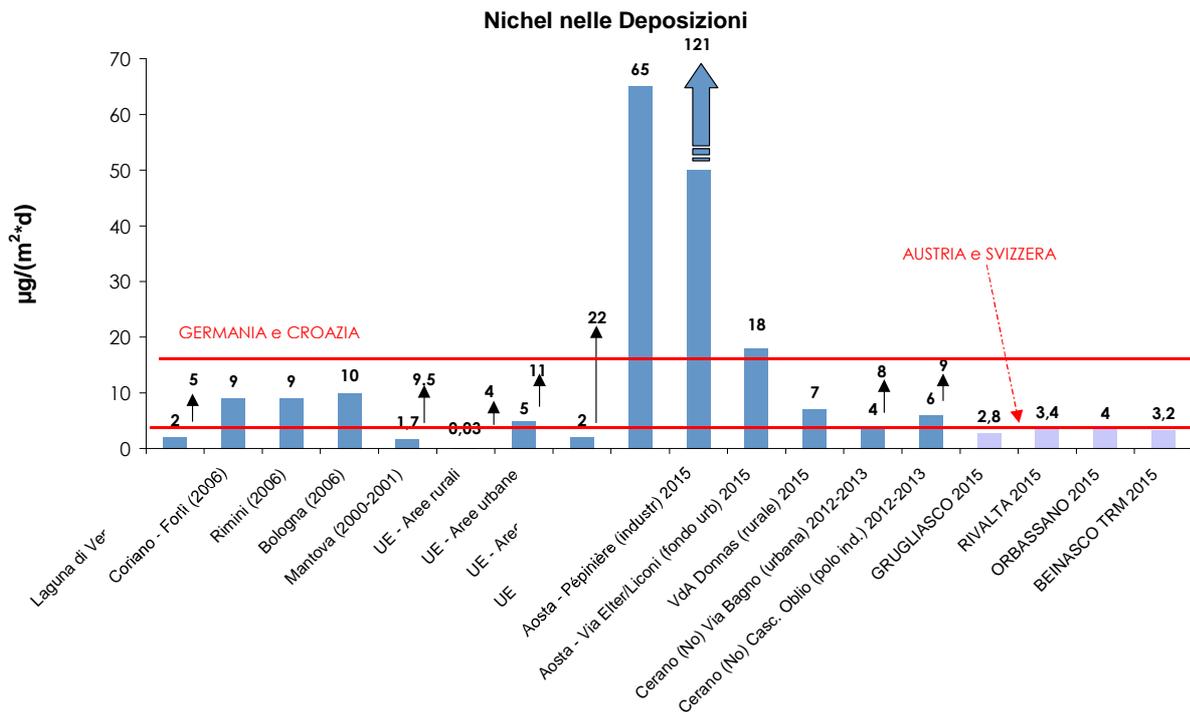


FIGURA 45: deposizioni Nichel valori rilevati nella provincia di Torino nel 2015 confronto con dati di letteratura.

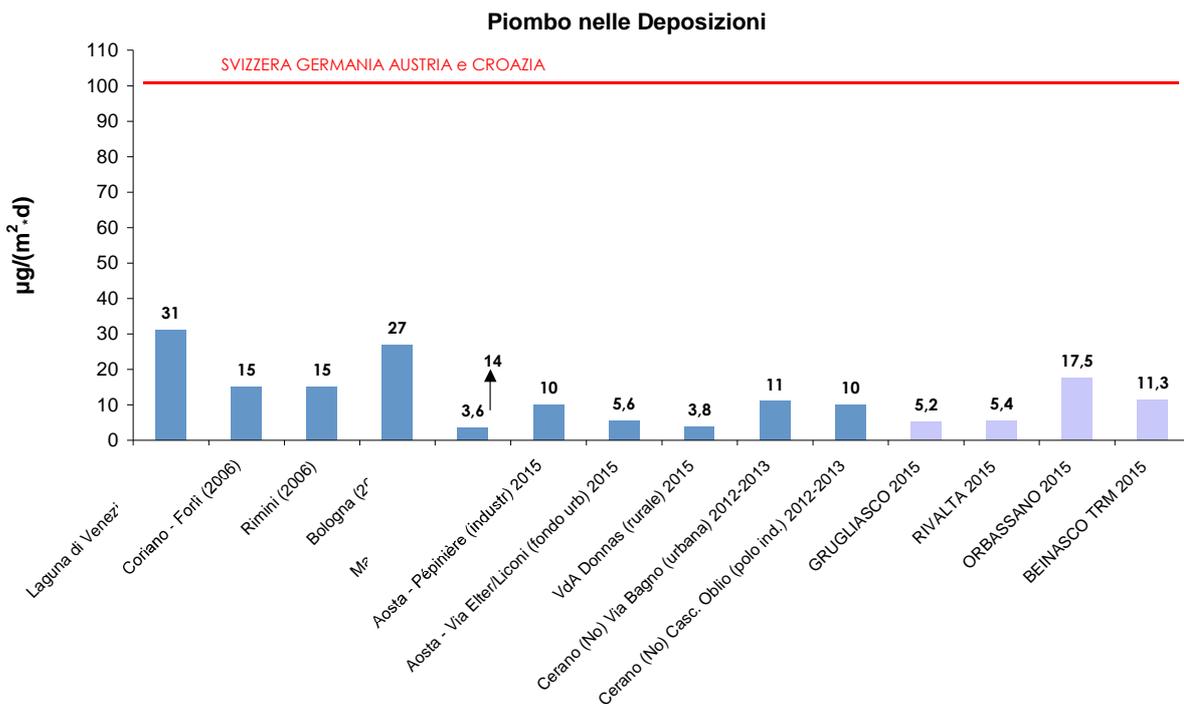


FIGURA 46: deposizioni piombo valori rilevati nella provincia di Torino nel 2015 confronto con dati di letteratura.

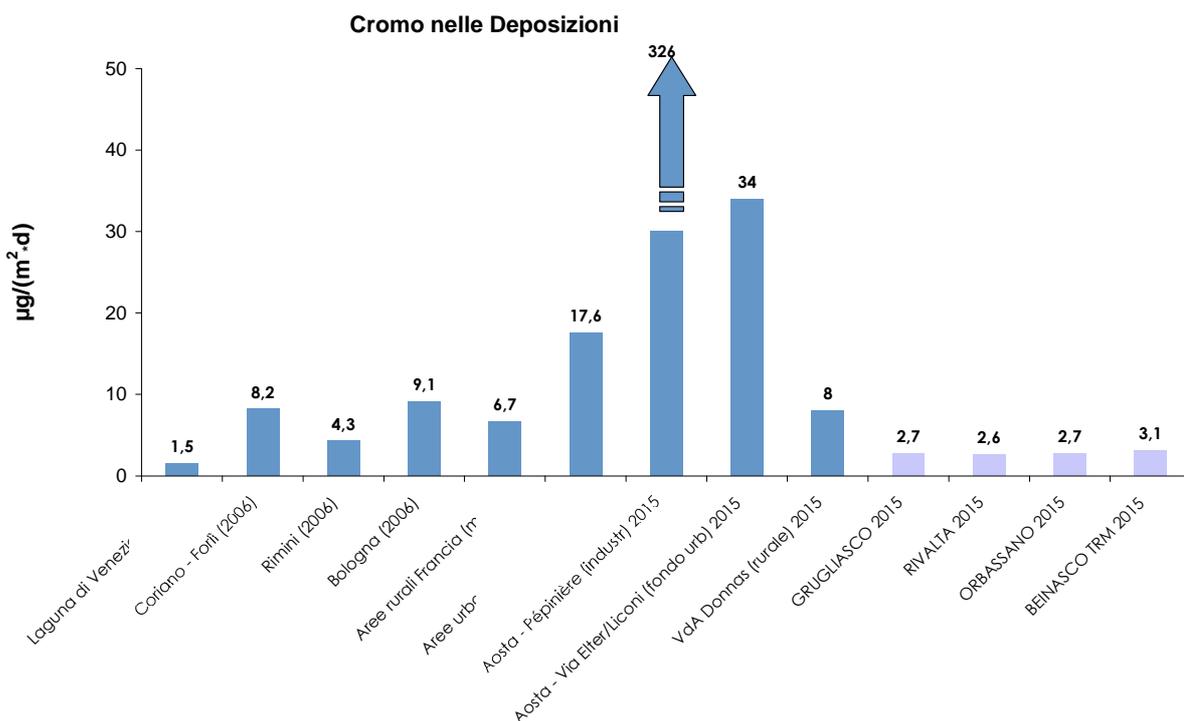


FIGURA 47: deposizioni cromo valori rilevati nella provincia di Torino nel 2015 confronto con dati di letteratura.

Il D.Lgs 155/2010 prevede anche la determinazione del mercurio nelle deposizioni; il campionatore installato presso la centralina Beinasco – Aldo Mei è l'unico presente sul territorio regionale, per cui non sono riportati dati di confronto. Anche per il mercurio la norma non fornisce indicazioni sui livelli da rispettare ed in letteratura sono reperibili poche informazioni. Nel report Air quality in Europe del 2012 dell'European Environment Agency in cui sono raccolti i dati relativi alla qualità dell'aria disponibili sul territorio europeo si osserva che solo in poche stazioni viene determinato il mercurio nelle varie forme, per cui attualmente risulta difficile l'analisi dei livelli presenti in Europa. È riportato il dato relativo al mercurio determinato nelle deposizioni in 20 stazioni (18 localizzate in Germania e

2 in Gran Bretagna); la media annuale determinata dai dati di tutte le stazioni è pari a 0,10 g/ha/year che corrisponde a 27,4 ng/(m²d).

In TABELLA 34 sono riportati i flussi calcolati su base annuale negli anni 2013 - 2015 presso la stazione di Beinasco – Aldo Mei che risultano in linea con il valore determinato a livello europeo, in cui erano considerate anche stazioni di fondo. Nel corso del 2015 risulta pari a 27 ng/(m²d), leggermente inferiore a quanto determinato negli anni precedenti. Nello "Studio ambientale dell'area Coriano Forlì - Il fase - sintesi" (2006) condotto da ARPA Emilia Romagna a Coriano e Rimini in siti prossimi ad inceneritori i livelli rilevati risultano decisamente maggiori mostrando valori tra 100 e 660 ng/(m²d). Saranno necessari i dati dei prossimi anni per raccogliere un numero sufficiente di informazioni, per valutare i flussi medi di mercurio nelle deposizioni. Il dettaglio dei valori mensili riportato in TABELLA 35 mostra che i valori minimi e massimi nei vari anni sono distribuiti eterogeneamente nei diversi mesi.

Flusso deposizione MERCURIO ng/(m ² x d)	Beinasco (TRM) Aldo Mei
2013	36
2014	35
2015	27

TABELLA 34: mercurio nelle deposizioni – indicatori statistici anno 2013 – 2015.

Flusso deposizione MERCURIO Beinasco (TRM) ng/(m ² x d)	2013	2014	2015
gennaio	7	47	20
febbraio	22	99	7
marzo	39	22	26
aprile	78	22	20
maggio	78	22	69
giugno	8	38	55
luglio	58	26	21
agosto	50	26	29
settembre	10	30	27
ottobre	25	22	18
novembre	37	56	0
dicembre	20	24	22

TABELLA 35: dettaglio mensile del flusso di deposizione di mercurio a Beinasco – Aldo Mei 2013 – 2015.

LA STAZIONE MOBILE DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

R. Sergi - Arpa Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.

La stazione mobile di rilevamento della qualità dell'aria opera ad integrazione della rete di stazioni fisse sull'intero territorio della provincia di Torino. La scelta dei siti di monitoraggio avviene sulla base delle richieste delle amministrazioni comunali e di specifici obiettivi, anche di natura progettuale, individuati dagli organismi di coordinamento ARPA - Provincia di Torino.

Nell'ottica del complessivo rinnovo in senso ecologico del parco autoveicoli di Arpa, nel corso del 2010 è stata acquistata con il contributo della Regione Piemonte un nuovo mezzo a basso impatto ambientale su cui è stata trasferita la strumentazione di misura.

La stazione mobile è dotata di sensori per la misura in continuo di biossido di zolfo, monossido di carbonio, ossidi di azoto, polveri PM10 e PM2,5, benzene e ozono e dei principali parametri meteorologici. I dati rilevati consentono di integrare le valutazioni relative all'inquinamento atmosferico sul territorio provinciale con informazioni di dettaglio locale e permettono quindi alle amministrazioni comunali di valutare l'adozione di interventi per migliorare la qualità dell'aria del territorio di competenza.



FIGURA 48: la stazione mobile di rilevamento della qualità dell'aria.

Di norma in ognuno dei siti oggetto del monitoraggio vengono effettuate due campagne della durata di almeno venti giorni ognuna in due diversi periodi, uno nel semestre freddo e uno in quello caldo dell'anno. Ciò consente di tener conto della variabilità delle concentrazioni degli inquinanti aerodispersi legate alla variazione stagionale delle condizioni meteorologiche e in particolare della stabilità atmosferica. Tutti i siti monitorati sono oggetto di specifiche relazioni tecniche curate dal Dipartimento ARPA di Torino; copia delle relazioni è disponibile sia presso tale Dipartimento che presso l'Area Risorse Idriche e Qualità dell'Aria della Città Metropolitana di Torino ed è scaricabile via internet agli indirizzi:

- <http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/ambiente/qualita-aria/rete-monitoraggio/relazioni-campagne-rilevamento>
- <http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/torino/aria/relazioni-mezzo-mobile/elenco-relazioni-qualita-aria>

Nel corso del 2015 sono state effettuate su richiesta delle competenti amministrazioni comunali campagne nei comuni di Rivarolo C.se, Borgaro T.se, Chiomonte, Bollengo, Luserna S. Giovanni, Airasca, Giaveno e Chivasso.

Nella TABELLA 36 è riportato il cronoprogramma delle campagne di monitoraggio con l'utilizzo del laboratorio mobile svolte nell'anno 2015.

Anno	Mese	Luogo	Data inizio	Data fine
2015	GENNAIO/FEBBRAIO	RIVAROLO C.SE III° CAMPAGNA - via Roma 1 c/o scuola elementare	15/01/2015	15/02/2015
2015	MARZO	BORGARO T.SE I° CAMPAGNA - via Torrazza angolo via Galvani, fraz. Mappano	16/03/2015	08/04/2015
2015	APRILE	CHIOMONTE IV° CAMPAGNA - via Augusto Levis c/o scuola elementare	10/04/2015	28/04/2015
2015	GIUGNO	BOLLENGO I° CAMPAGNA - via Rialetto, 2	15/06/2015	06/07/2015
2015	LUGLIO	LUSERNA SAN GIOVANNI I° CAMPAGNA - p.fta Airalì	06/07/2015	03/08/2015
2015	AGOSTO	AIRASCA II° CAMPAGNA - via Roma c/o piazza San Bartolomeo	03/08/2015	27/08/2015
2015	SETTEMBRE	GIAVENO I° CAMPAGNA - via Sangano, 3	27/08/2015	23/09/2015
2015	OTTOBRE	CHIOMONTE V° CAMPAGNA - Via Augusto Levis c/o scuola elementare	09/10/2015	28/10/2015
2015	NOVEMBRE	CHIVASSO I° - rotonda di v.le Vittorio Veneto ang. v.le Cavour	29/10/2015	19/11/2015
2015	NOVEMBRE/ DICEMBRE	LUSERNA SAN GIOVANNI II° CAMPAGNA - p.fta Airalì	20/11/2015	18/12/2015
2015	DICEMBRE	BORGARO T.SE II° CAMPAGNA - via Torrazza angolo via Galvani, fraz. Mappano	19/12/2015	10/01/2016

TABELLA 36: cronoprogramma campagne laboratorio mobile – anno 2015.

Come indicato nei rispettivi capitoli, il D.Lgs. 155/2010 prevede per il biossido di azoto e per il PM10 un valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 µg/m³. Visto che la durata delle campagne non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile effettuare un confronto diretto. Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato calcolando le medie dei predetti inquinanti, per il periodo della campagna, di tutte le stazioni della provincia con l'esclusione di quella di Ceresole, quest'ultima tipica di una situazione non interessata da traffico; dal rapporto con le medie degli anni presi in considerazione si calcolano i relativi fattori che moltiplicati per i valori medi delle campagne effettuate con il laboratorio mobile permette di ricavare le stime annuali.

Nella TABELLA 37 sono riportate le campagne effettuate tra il 2011 ed il 2015 e le relative stime delle medie annuali di NO₂ e PM10 calcolate come sopra descritto. Le stime non sono sempre riferite allo stesso anno in cui sono stati effettuati i monitoraggi, in quanto in alcuni casi le elaborazioni dei dati vengono realizzate prima che l'anno sia concluso e siano quindi disponibili le medie annuali dell'anno in corso delle stazioni della rete fissa.

I siti vengono classificati a seconda della tipologia e alle caratteristiche della zona in base quanto stabilito dalla normativa europea recepita da quella nazionale. In particolare l'allegato III del D.Lgs. 155/10 e le "Linee guida per la predisposizione delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria in Italia" emanate da APAT (CTN-ACE), classificano le stazioni di misurazione in base alla tipologia (traffico, fondo o industriale), ed in base alle caratteristiche del sito di campionamento (urbano, suburbano o rurale).

Come si vede in TABELLA 37 la quasi totalità dei siti (19 su 21) che negli ultimi cinque anni sono stati oggetto di monitoraggio con la stazione mobile si trova in area suburbana, con una buona distribuzione spaziale sul territorio della Città Metropolitana.

Nei grafici riportati in FIGURA 49, FIGURA 50, FIGURA 51 e FIGURA 52 è possibile osservare che le medie annuali stimate di PM10 e NO₂ nei siti di fondo rispettano il limite annuale previsto dalla normativa. Nella FIGURA 51 e FIGURA 52 le stime delle campagne del laboratorio mobile sono confrontate con le medie annuali di due stazioni di fondo suburbano della rete fissa di monitoraggio: Borgaro T.se e Ivrea; si evince che per l'NO₂ il limite annuale viene rispettato e che negli ultimi tre anni ciò è accaduto anche per il PM10.

Comune	Indirizzo	Periodo monitoraggio	Tipo di stazione ³⁷	Tipo di area ³⁸	Stima media annuale NO ₂ (µg/m ³)	Stima media annuale PM ₁₀ (µg/m ³)	Anno di riferimento per le stime
Luserna S. Giovanni	piazzetta antistante la palestra comunale (via Airali)	(07/02/2011 -11/03/2011); (29/06/2011 -29/07/2011)	T	SU	13	23	2010
Collegno	via Boves (progetto savonera)	(11/03/2011-25/03/2011); (06/06/2011-29/06/2011); (05/09/2011-10/10/2011)	F	SU	32	39	2011
Airasca	via Don Romano Grasso	(13/05/2011-31/05/2011); (17/02/2012- 09/03/2012)	T	SU	28	44	2011
Mathi	via Santa Lucia 92	(15/12/2011-20/01/2012); (18/06/2012-19/07/2012)	T	SU	25	33	2011
Collegno	via Boves (progetto savonera)	(20/01/2012-14/02/2012); (13/04/2012-14/05/2012); (24/07/2012-05/09/2012); (03/10/2012-26/10/2012)	F	SU	30	35	2012
Nichelino	piazza Camandona	(14/05/2012-15/06/2012); (14/02/2013-06/03/2013)	T	U	55	45	2011
Borgone di Susa	via Augusto Abegg 56	(10/11/2011-15/12/2012); (04/07/2013-25/07/2013)	T	SU	32	34	2011 e 2013
Sangano	parcheeggio S Lorenzo	(12/11/2012-12/12/2012); (25/07/2013-22/08/2013)	T	SU	22	34	2012
Piossasco	via Susa 42	(12/12/2012-14/01/2013); (22/08/2013-18/09/2013)	T	SU	38	33	2013
Carmagnola	corso Roma 24 (centro sportivo comunale)	(15/01/2013-12/02/2013); (19/09/2013-08/10/2013)	F	U	33	38	2012
Piobesi	corso Italia 9	(05/09/2012-03/10/2012); (10/10/2013-27/10/2013)	T	SU	40	50	2012
Orio C.se	P.zza Tapparo	(18/03/2014-09/04/2014); (06/06/2014-02/07/2014)	T	SU	16	26	2013
Rivarolo C.se	corso Indipendenza (angolo Corso Italia)	(27/01/2014-05/03/2014); (06/08/2014-16/09/2014)	T	SU	48	34	2013
Settimo T.se	via Cascina Nuova 34	(11/05/2013-03/06/2013); (11/10/2014-04/11/2014)	T	SU	42	38	2013
None	piazzale adiacente chiesa di S. Rocco	(10/04/2013-10/05/2013); (10/11/2014-10/12/2014)	T	SU	47	32	2014
Venaria Reale	parcheeggio cimitero Altessano	(09/04/2014-07/05/2014); (19/12/2014-15/01/2015)	T	SU	36	31	2014
Rivarolo C.se	via Roma 1	(15/01/2015-15/02/2015)	F	SU	25	27	2014
Airasca	via Roma (piazza San Bartolomeo)	(09/12/2013-09/01/2014); (03/08/2015-27/08/2015)	T	SU	n.d.	28	2014
Luserna S. Giovanni	piazzetta Airali	(06/07/2015-03/08/2015); (20/11/2015-18/12/2015)	T	SU	16	21	2015
Borgaro T.se	via Torrazza (angolo via Galvani)	(16/03/2015-09/04/2015); (18/12/2015-11/01/2016)	F	SU	31	34	2015

TABELLA 37: campagne condotte con il laboratorio mobile tra il 2011 e il 2015.

³⁷ T = siti di misurazione di traffico F = siti di misurazione di fondo³⁸ U = area urbana SU = area suburbana

**STIME DELLE MEDIE ANNUALI DI PM10
CAMPAGNE DEL LABORATORIO MOBILE PRESSO SITI DI FONDO
ANNI 2011-2015**

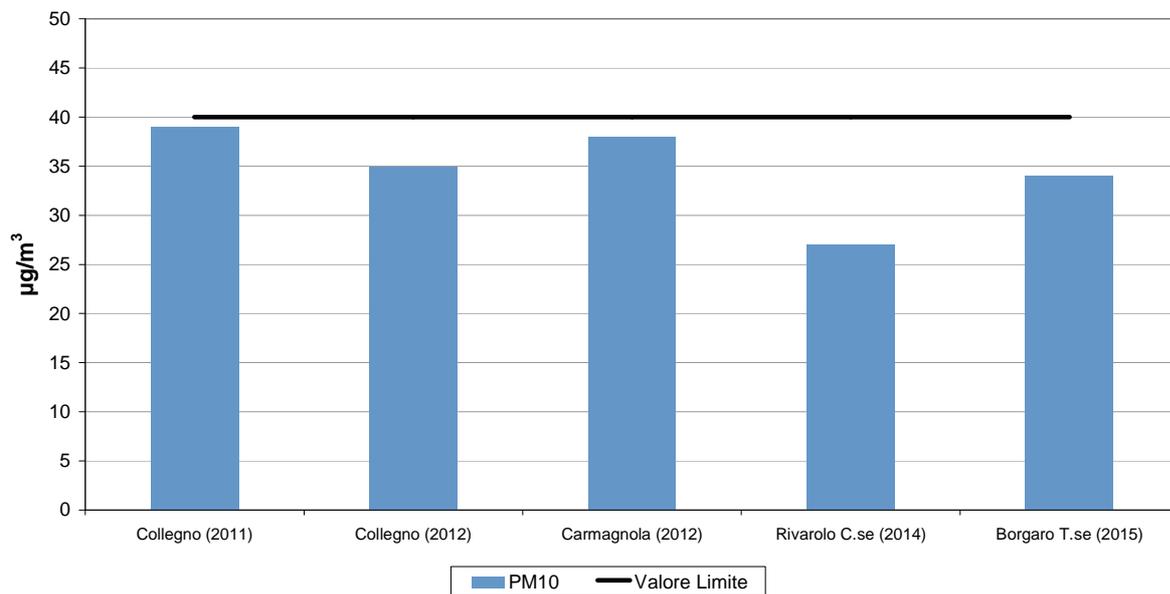


FIGURA 49: stime annuali di PM10 dei siti di fondo.

**STIME DELLE MEDIE ANNUALI DI NO₂
CAMPAGNE DEL LABORATORIO MOBILE PRESSO SITI DI FONDO
ANNI 2011-2015**

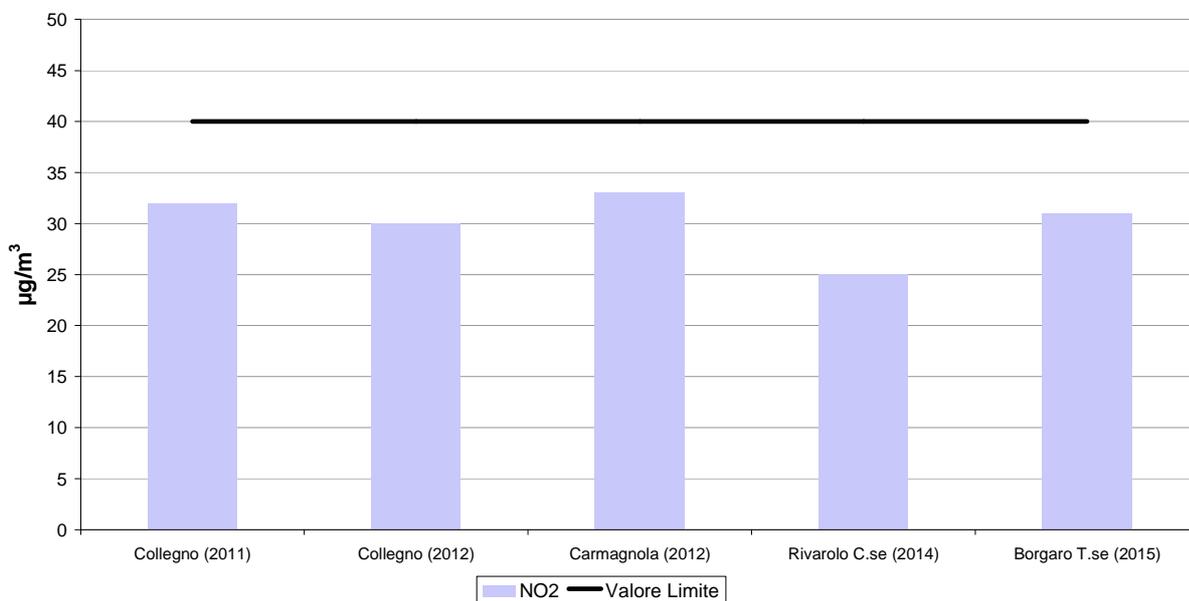


FIGURA 50: stime annuali di NO₂ dei siti di fondo.

**CONFRONTO MEDIE ANNUALI STAZIONI FISSE E
STIME ANNUALI DI PM10 CAMPAGNE DEL LABORATORIO MOBILE
2011-2015 SITI DI FONDO**

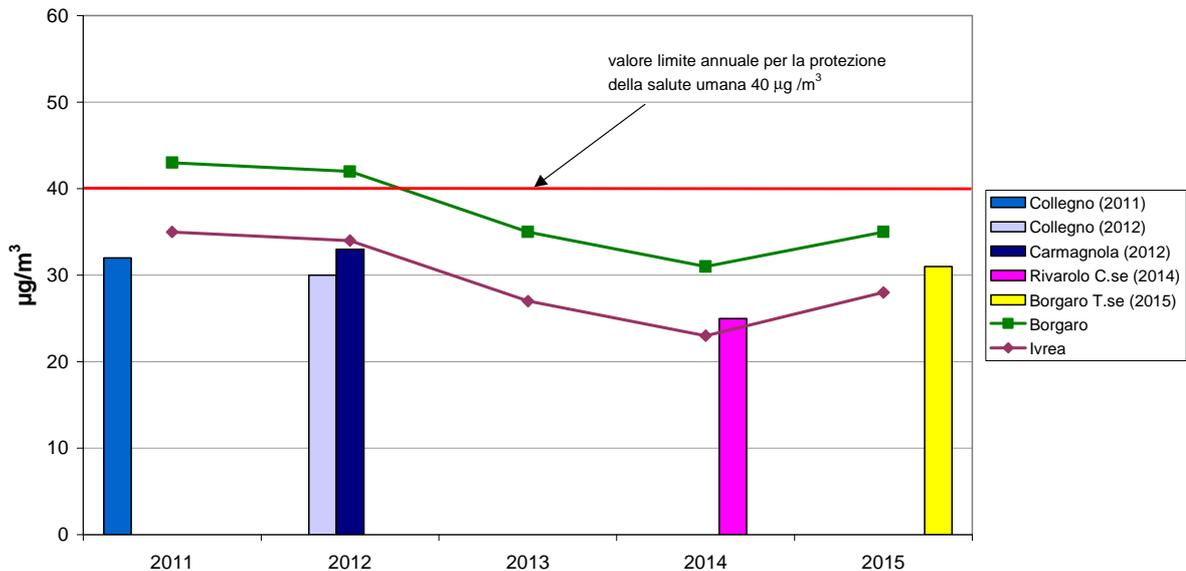


FIGURA 51: confronto con le medie annuali PM10 delle stazioni fisse di Borgaro T.se e Ivrea.

**CONFRONTO MEDIE ANNUALI STAZIONI FISSE E
STIME ANNUALI DI NO₂ CAMPAGNE DEL LABORATORIO MOBILE
2011-2015 SITI DI FONDO**

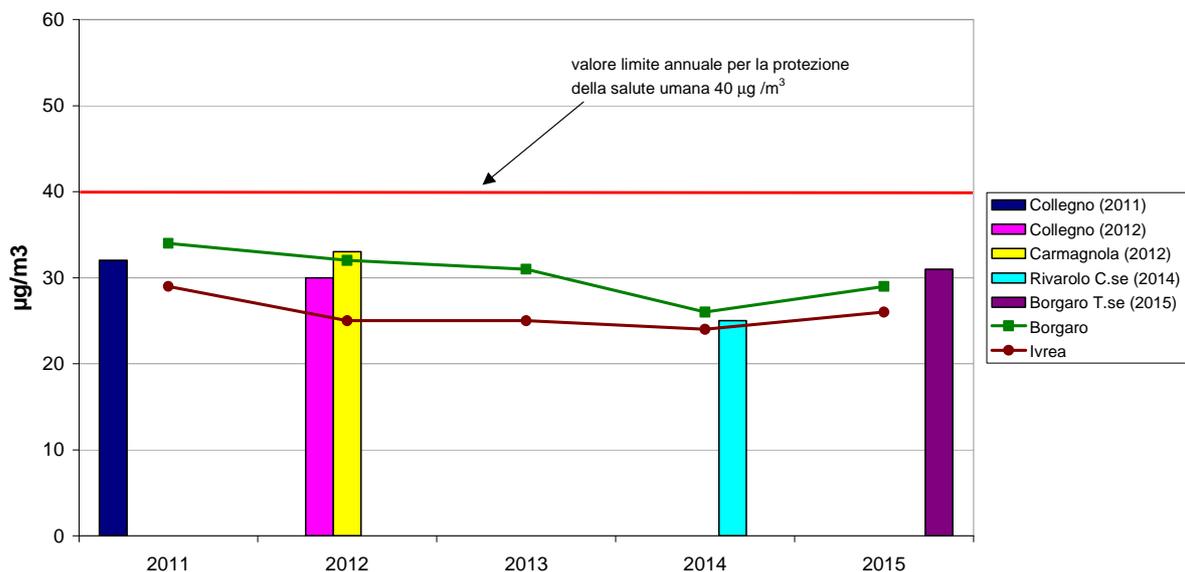


FIGURA 52: confronto con le medie annuali NO₂ delle stazioni fisse di Borgaro T.se e Ivrea.

In FIGURA 53, FIGURA 54, FIGURA 55 e FIGURA 56 vengono confrontati i dati analizzati per le campagne di monitoraggio condotte presso siti di traffico suburbano. Da queste sono state escluse nella presente disamina le campagne di Nichelino effettuate nel 2012 e nel 2013, in quanto il sito, classificato di traffico urbano, presenta difformità significative come ubicazione e livelli di traffico per poter essere confrontato con gli altri esaminati.

In FIGURA 55 e FIGURA 56 si mettono in confronto le medie stimate delle campagne del laboratorio mobile con le stazioni fisse di To-Settimo e To-Consolata, classificate di traffico urbano. La scelta è ricaduta su queste due centraline in quanto l'unica stazione classificata di traffico suburbano

presente nella rete del Dipartimento del Piemonte Nord Ovest è quella di Oulx che, data la sua ubicazione in alta Val di Susa dove l'anemologia riveste un ruolo rilevante nella dispersione degli inquinanti, non può essere utilizzata come riferimento rispetto alle situazioni indagate nelle campagne del laboratorio mobile, effettuate in gran parte in località di pianura.

Per quanto riguarda il PM10 è possibile constatare come il limite annuale sia stato superato solo nel caso della campagna di Airasca del 2011 e di quella di Piobesi nel 2012, che costituiscono delle criticità puntuali; in particolare nel comune di Airasca la campagna ripetuta in altro sito da traffico tra il 2014 e il 2015 ha evidenziato che il valore limite annuale di PM10 era ampiamente rispettato.

Anche per le medie dell'NO₂ il limite è stato superato solo nel caso di due campagne, Rivarolo C.se e Settimo T.se. Nel caso di Rivarolo, per ragioni logistiche contingenti, il laboratorio mobile è stato posizionato presso un sito prossimo ad un importante asse viario e che, dal punto di vista della classificazione prevista dalle norme tecniche europee, va considerato come sito da traffico, vale a dire di un "hot spot" con una rappresentatività spaziale limitata, che a rigore non potrebbe ospitare una stazione fissa per il rilevamento dei limiti di legge sulla qualità dell'aria, in quanto la normativa prescrive una distanza di almeno 25 m dai grandi incroci e di 4 metri dalla corsia di traffico più vicina. Il sito di Settimo pur non essendo classificabile come quello di Rivarolo, era ubicato nelle vicinanze di una strada con un elevato traffico veicolare, molto simile alla situazione di traffico dove è posizionata la cabina fissa da cui distava in linea d'aria circa un chilometro.

Le considerazioni sopra esposte confermano, come si evince in FIGURA 53 e FIGURA 56, che nelle località in cui il traffico veicolare riveste un ruolo importante, il biossido di azoto costituisce ancora un problema.

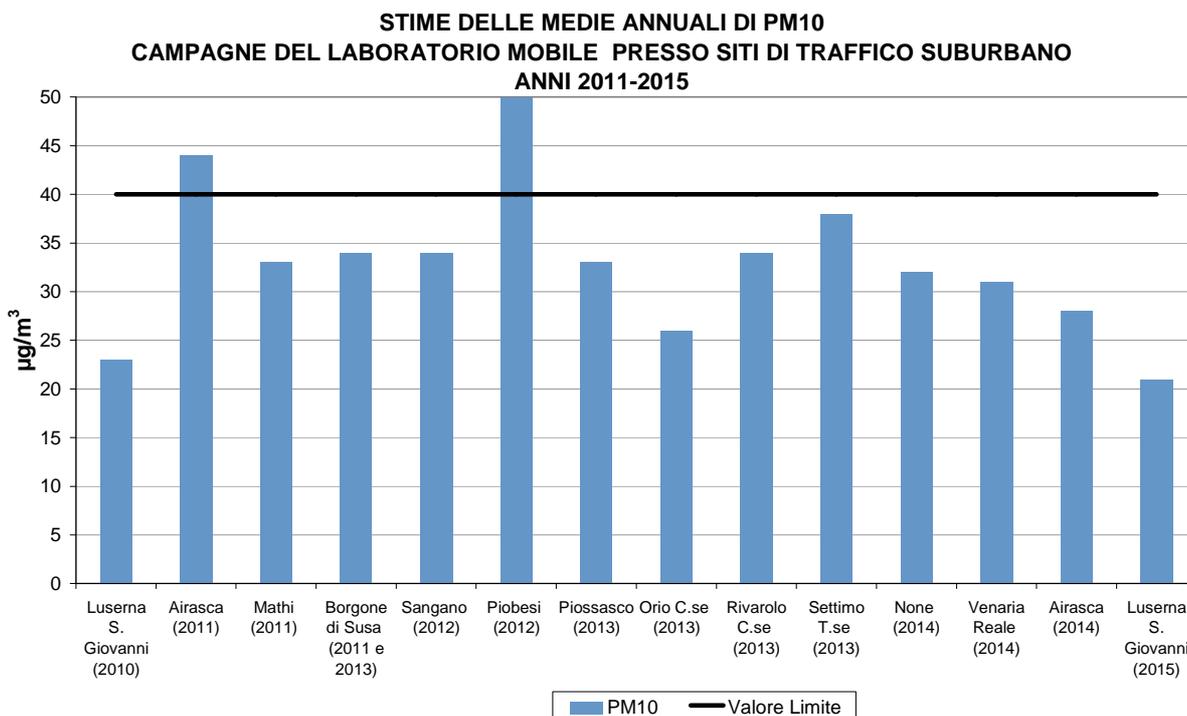


FIGURA 53: stime annuali di PM10 dei siti di traffico suburbano.

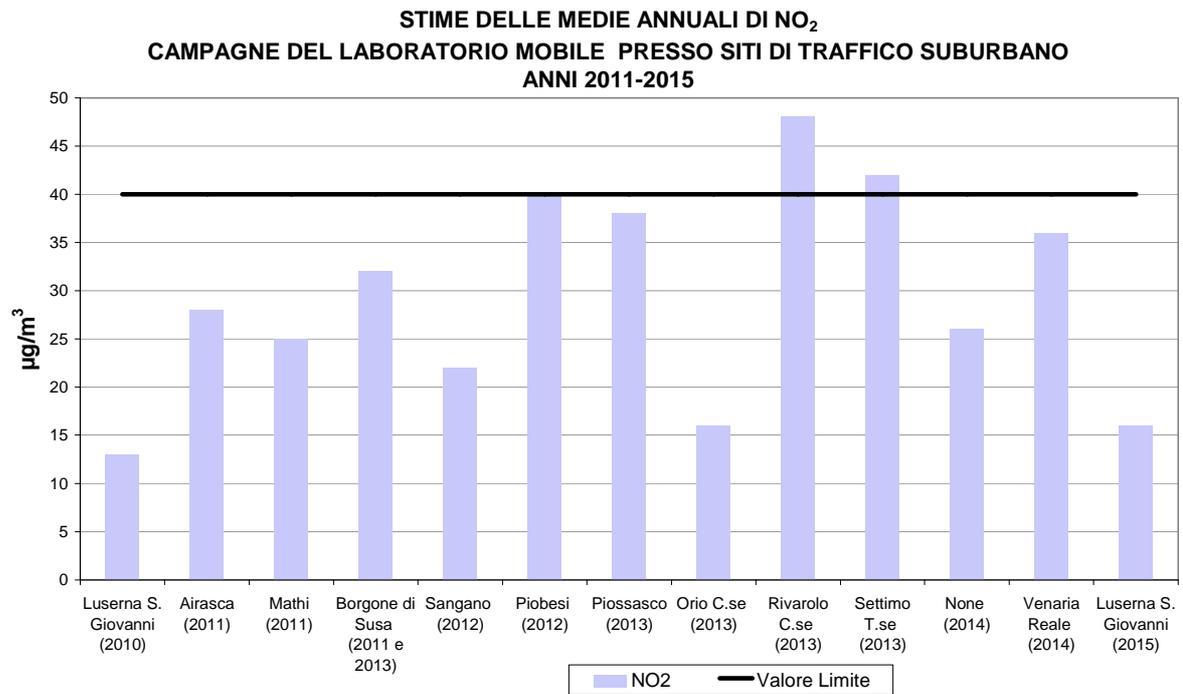


FIGURA 54: stime annuali di NO₂ dei siti di traffico suburbano.

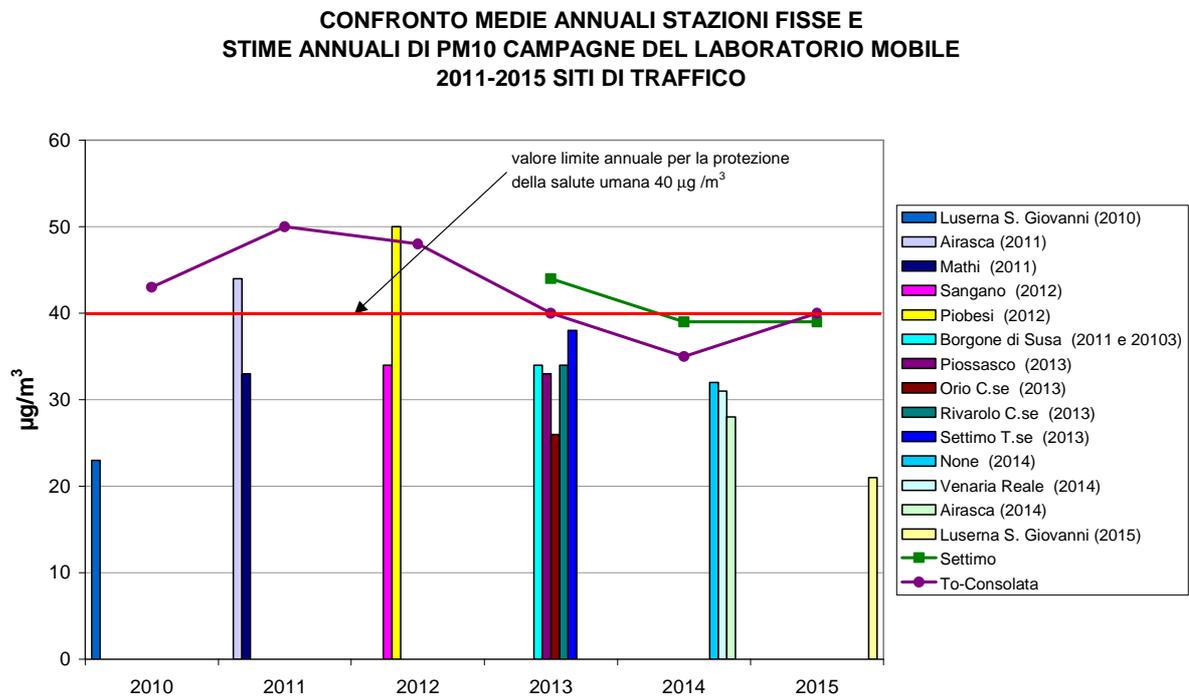


FIGURA 55: confronto con le medie annuali PM₁₀ delle stazioni fisse di Settimo e Torino-Consolata.

**CONFRONTO MEDIE ANNUALI STAZIONI FISSE E
STIME ANNUALI DI NO₂ CAMPAGNE DEL LABORATORIO MOBILE
2011-2015 SITI DI TRAFFICO**

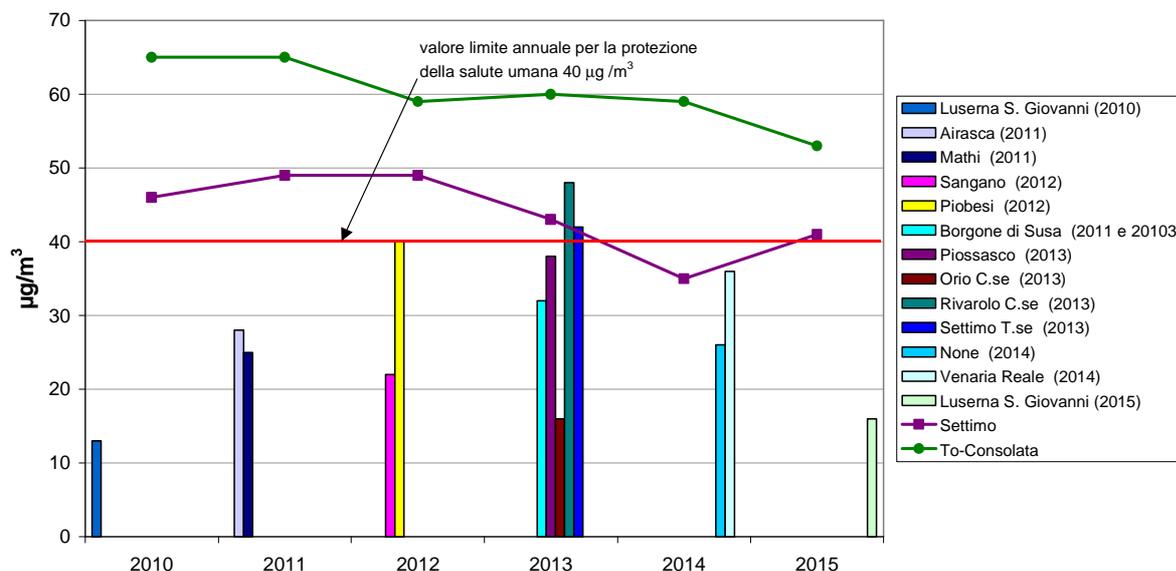


FIGURA 56: confronto con le medie annuali NO₂ delle stazioni fisse di Settimo e Torino-Consolata.

In conclusione dai dati delle campagne del laboratorio mobile condotte negli ultimi sei anni è possibile trarre le seguenti conclusioni generali per i siti in area suburbana, che sono, come già evidenziato, la quasi totalità di quelli presi in esame a seguito delle richieste delle Amministrazioni comunali:

- nei siti di fondo suburbano il valore limite annuale è ampiamente rispettato per quanto riguarda sia il PM10 che il biossido di azoto;
- nei siti da traffico suburbano si osserva una situazione analoga ma con valori più prossimi al valore limite e situazioni puntuali in cui uno dei due inquinanti non rispetta il limite; in particolare i superamenti del valore limite annuale del biossido di azoto sono tipici di siti ubicati nelle vicinanze di una strada con un elevato traffico veicolare.

Tali conclusioni sono del tutto analoghe a quelle che si possono trarre dall'esame dell'insieme dei dati prodotti dalle stazioni fisse di monitoraggio. Ciò conferma che la rete fissa - al di là del rispetto dei criteri formali richiesti dalla legge riguardo al numero e al posizionamento delle stazioni - garantisce sotto il profilo tecnico-scientifico una elevata rappresentatività dello stato complessivo della qualità dell'aria sul territorio della Città Metropolitana.

CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'ANNO 2015

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

M. Nicoletta e G. Paesano, ARPA PIEMONTE, Sistemi Previsionali

La relazione "Uno sguardo all'aria" costituisce un utile documento per la conoscenza e la comprensione dei fenomeni d'inquinamento atmosferico. A tal fine, oltre alla consueta analisi dei dati chimici rilevati nel corso del 2015, è stata svolta una breve caratterizzazione meteorologica dell'anno in esame, per dare una descrizione a grande scala del tempo meteorologico che ha caratterizzato il Piemonte nel corso di tutto l'anno.

Nella caratterizzazione dei vari periodi temporali del 2015 vengono descritti sommariamente i seguenti parametri meteorologici: andamento delle temperature, delle precipitazioni e dell'altezza del geopotenziale in relazione ai valori climatologici. L'altezza del geopotenziale³⁹ è un parametro meteorologico fondamentale per caratterizzare sinteticamente la configurazione meteorologica.

I valori climatologici presi come riferimento, per quanto riguarda i dati puntuali misurati a terra, sono relativi al periodo 2005-2014; invece per quanto riguarda i campi in quota, sono relativi al periodo 1971-2000 e derivano dalle ri-analisi (note come "archivio ERA40") del Centro Meteorologico Europeo di Reading (ECMWF). Questa climatologia di 30 anni è quella utilizzata a livello internazionale dall'Organizzazione Mondiale della Meteorologia (WMO) come termine di paragone per le analisi climatiche correnti e viene quindi usata qui per tracciare un'analisi delle anomalie e interpretare la fenomenologia del 2015.

Nel complesso si osserverà come il 2015 sia stato un anno assolutamente caldo: il più caldo dell'intera serie storica di misure del Piemonte dal 1958 ad oggi, con un'anomalia media annua di circa +1,9°C rispetto alla climatologia del periodo 1971-2000, che si è mantenuta positiva in parecchi mesi dell'anno, quasi tutti. L'annata si inserisce in un contesto globale di eccezionalità per quanto riguarda le temperature su tutto il pianeta: secondo il Rapporto Annuale dell'ente americano NOAA, il 2015 è stato l'anno più caldo degli ultimi 136 anni, con un'anomalia media di +0,9°C, tenendo pure presente che, nel 2015, si è verificato uno dei più intensi fenomeni de El Niño osservati negli ultimi 60 anni.

Allo stesso tempo il 2015 è stato anche perlopiù avaro di precipitazioni, con un deficit pluviometrico del 12% nei confronti della norma 1971-2000, a causa della scarsità di precipitazioni cadute soprattutto tra novembre e dicembre, quando nessuna giornata ha registrato una precipitazione media sulla regione superiore ai 5 mm.

IL CLIMA DEL 2015

Gennaio

L'anno 2015 si è subito aperto con un mese di gennaio decisamente mite, con un'anomalia termica di circa +2,6°C, rispetto alla norma del periodo 1971-2000, che l'ha collocato al 6° posto tra i mesi di gennaio più caldi degli ultimi 58 anni. Le temperature stranamente "alte" per la stagione sono state favorite anche dalle frequenti condizioni di *foehn* (il vento asciutto e mite che scende dalla barriera alpina), con 17 giorni di *foehn*, cioè oltre il 50% del totale giorni del mese.

La configurazione sinottica prevalente ha visto la dominanza dell'anticiclone delle Azzorre sull'Europa sudoccidentale, fino all'ovest-Mediterraneo, oltre alla contemporanea presenza della saccatura polar-nordatlantica estesa dal nord-Europa fino ai Balcani e al sud dell'Adriatico, con una conseguente instaurazione di correnti nordoccidentali sul Piemonte, portatrici di aria più mite e asciutta. Le mappe medie mensili di FIGURA 57 evidenziano la forza e l'estensione dell'alta pressione atlantica (rispetto alla norma climatica della mappa al centro), in particolare nella mappa destra dell'anomalia.

³⁹ L'altezza di geopotenziale (qui espressa in decimetri) indica a quale altezza si trova un determinato valore di pressione atmosferica, che nelle mappe mostrate è la pressione di 500 hPa o millibar. In pratica tali mappe sono simili alle carte della pressione al suolo, ma si riferiscono ad una superficie in quota, a circa 5'500 metri. Le linee che uniscono punti di uguale valore di geopotenziale, dette isopse, possono assumere la forma di "promontori" (simili a montagne) e di "saccature" (simili a valli): i "promontori" sono aree di alta pressione, mentre le "saccature" sono aree di bassa pressione. Il flusso dominante a grande scala è fondamentalmente governato da tale configurazione meteorologica in quota (sinottica), in quanto segue proprio le isolinee di geopotenziale (le "isopse"), muovendosi da ovest verso est.

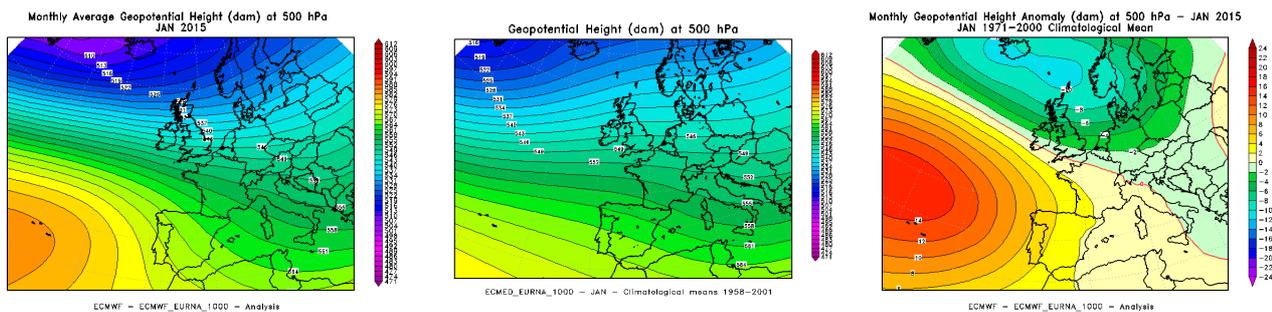


FIGURA 57: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di gennaio 2015 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra). [Nella mappa dell'anomalia (ultima figura a destra) la linea tratteggiata in rosso segna lo "0" e separa i valori di anomalia negativa (dal verde al blu-viola) da quelli positivi (dal giallo al rosso).]

Questa configurazione barica si osserva sia in quota (FIGURA 57), sia al suolo con la FIGURA 58, che mostra meglio anche la tipica conformazione da foehn, con il gradiente di pressione e il cosiddetto "naso del foehn" sulle Alpi occidentali (disegnato nelle mappe sinistra e destra di FIGURA 58).

In tali condizioni l'aria fredda, proveniente da nord, rimane bloccata oltralpe dalla barriera alpina, mentre si riscalda sul versante padano, sottovovento al flusso nordoccidentale, come mostrato chiaramente dalla mappa sinistra di FIGURA 59.

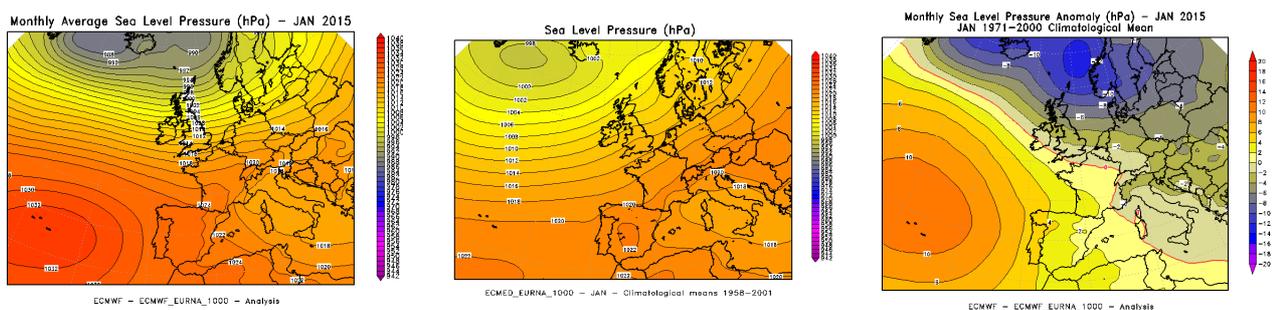


FIGURA 58: pressione a livello del mare del mese di gennaio 2015 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Il flusso nordoccidentale, mite e asciutto, ha anche mantenuto le precipitazioni al disotto della media, con un deficit pluviometrico tra il 20 e il 25 % su tutta la regione, ad eccezione di qualche località intorno al Verbano e all'Appennino, che hanno subito maggiormente l'instabilità delle correnti sudoccidentali, portata nei due soli eventi significativi (del 16 e 21 gennaio) in cui la saccatura nord-atlantica è entrata anche nel Mediterraneo occidentale.

La prevalenza dei venti nordoccidentali, tipicamente miti e poveri di umidità (anche spesso sostenuti con il foehn), ha avuto anche l'effetto di abbattere la formazione della nebbia, ben al disotto della norma climatologica del periodo (solo 9 giorni invece che 22, di cui solo 1 giorno di nebbia fitta invece che 7!), con scarse occasioni di stagnazione di aria (umida) nei bassi strati. La frequenza del cielo sereno, sia di notte che di giorno, si è riscontrata anche nel valore dell'anomalia termica positiva, che è stata ben più marcata per le temperature massime diurne, rispetto alle minime notturne, a causa del favorito irraggiamento notturno.

Febbraio

Ribaltando le anomalie di gennaio, febbraio ha subito compensato l'andamento precedente, sia termico (in parte), sia pluviometrico, perché ha visto un abbassamento delle temperature (mappa destra di FIGURA 59), seppur non generalizzato, e soprattutto un aumento delle precipitazioni, con un surplus pluviometrico di oltre il 73% rispetto alla media climatologica degli anni 1971-2000 (il 7° mese di febbraio più ricco di precipitazioni degli ultimi 58 anni).

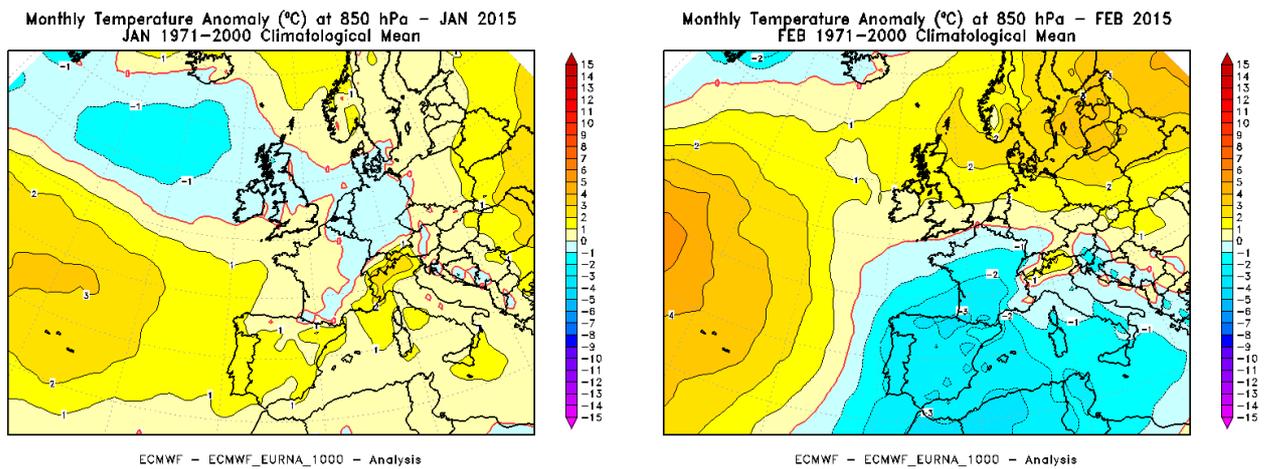


FIGURA 59: anomalia della temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota), rispetto al periodo climatico 1971-2000, del mese di gennaio 2015 (a sinistra) e febbraio 2015 (a destra).

Al contrario del mese precedente, infatti, la saccatura, sia polare sia nord-atlantica, ha avuto ripetute incursioni all'interno del bacino del Mediterraneo, dove l'anomalia barica negativa, della mappa destra di FIGURA 60, indica come la bassa pressione sia stata molto marcata e abbia potuto portare aria ben più fredda su tutta l'Europa sudoccidentale (mappa destra di FIGURA 59) e molta instabilità sul Piemonte: senza eccessi ma con occasioni frequenti.

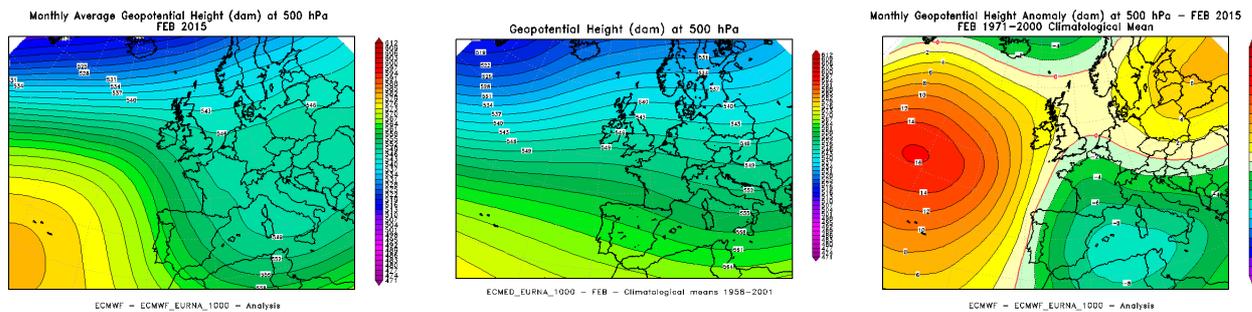


FIGURA 60: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di febbraio 2015 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

L'associazione di aria fredda (proveniente dalle latitudini polari) e precipitazioni ha naturalmente generato anche molte nevicate fino alle zone pianeggianti, superiori alla media recente degli ultimi anni.

In dettaglio, la temperatura media del mese è risultata sostanzialmente nella norma del periodo 1971-2000, perché una lieve anomalia termica positiva dei valori massimi ha compensato l'anomalia termica negativa delle minime. Tuttavia la distribuzione spaziale di tali anomalie è stata disomogenea sulla regione, perché il freddo è stato più marcato sul settore meridionale del Piemonte, mentre le zone settentrionali, risentendo meglio dei flussi umidi (e miti) instabili da sud, hanno registrato temperature relativamente più alte.

Come a gennaio, anche a febbraio non sono comunque mancati gli eventi di *foehn* (8 giorni su 28, cioè il 29%), frequentemente causati dai passaggi frontali che portavano l'instabilità. Così anche febbraio è stato un mese meno nebbioso rispetto alla norma, soprattutto per i fenomeni di nebbia fitta (solo 2 giorni invece che 5), grazie innanzitutto al buon numero di eventi precipitativi e anche agli episodi di *foehn*: la ridotta stagnazione dell'aria nei bassi strati è quindi stata senz'altro un vantaggio per la qualità dell'aria.

Marzo

Anche marzo è stato un mese abbastanza piovoso/nevoso, ma più caldo di febbraio, rispetto alla sua norma climatologica. Il surplus pluviometrico di marzo (concentrato in particolare a cavallo tra la seconda e la terza decade) è stato minore, appena quasi il 25%, e non è stato generalizzato a tutto il territorio piemontese, che ha visto le zone orientali (tra Verbanese, Vercellese, Novarese e Alessandrino) anche in lieve deficit precipitativo.

Rispetto al mese precedente (FIGURA 60), infatti, la configurazione sinottica media mensile ha visto ancora una lieve anomalia barica negativa sul basso Mediterraneo centrale, ma sicuramente più ridotta e localizzata su latitudini ben più meridionali (quasi africane) e quindi più lontane dal nordovest italiano: sia in quota (FIGURA 61) sia al suolo (FIGURA 62). Sono avvenute diverse discese di basse pressioni nord-atlantiche o polari (dal Baltico) nel bacino del Mediterraneo, dove spesso rimanevano isolate a lungo, tagliate fuori dal flusso generale dell'atmosfera, a causa di un ponte di alta pressione che legava l'anticiclone delle Azzorre con un anticiclone secondario, salito sulle latitudini settentrionali di Scandinavia e nord della Russia (mappe destra e sinistra di FIGURA 61 e FIGURA 62, e mappa sinistra di FIGURA 64).

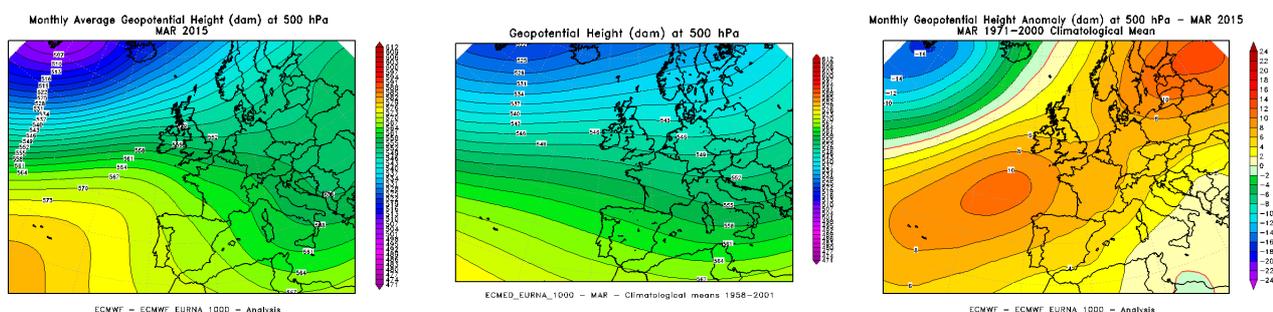


FIGURA 61: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di marzo 2015 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Con questa evoluzione la mappa destra di FIGURA 61 suggerisce che il flusso medio dominante in quota sia stato piuttosto nordorientale sul Piemonte (per la circolazione oraria anticiclonica dal nord-est europeo), concentrando così le precipitazioni più abbondanti sulla parte centro-occidentale della regione. Tuttavia i venti da est-nord-est non sono stati particolarmente intensi ed estesi: cosicché anche il freddo orientale è rimasto abbastanza fermo sui Balcani e l'Italia adriatica (FIGURA 64), senza raggiungere il Piemonte.

Inoltre le depressioni, bloccate ad ondeggiare "avanti e indietro" (cioè anche di moto retrogrado) sulle latitudini meridionali del basso Mediterraneo, talvolta si andavano a localizzare sulla parte più occidentale del bacino mediterraneo, dal Maghreb al sud della Francia (come si può forse appena intuire dalla mappa destra di FIGURA 62), portando così la loro maggior instabilità sul settore ovest del Piemonte. A tal riguardo la mappa sinistra di FIGURA 63 è quella che spiega meglio quella posizione temporaneamente occidentale delle depressioni mediterranee, perché (con i colori verdi scuri) rappresenta la zona dove la pressione in quota è stata più ampiamente perturbata, cioè intorno alla Penisola Iberica, zona dalla quale l'instabilità riesce tipicamente a coinvolgere il Piemonte.

Ed in queste occasioni il flusso umido sudoccidentale di quella circolazione ciclonica (antioraria) ha temporaneamente favorito anche temperature più miti, portando l'aria calda, situata al sudovest d'Europa (FIGURA 64 sinistra), fino al Piemonte.

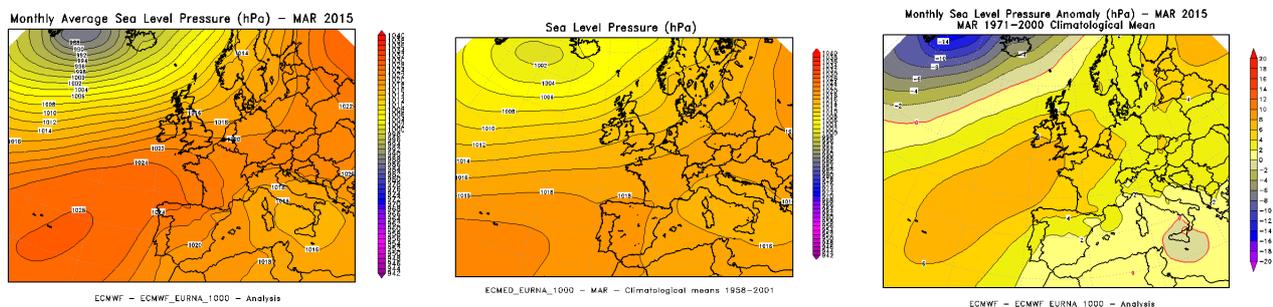


FIGURA 62: pressione a livello del mare del mese di marzo 2015 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

In realtà l'anomalia termica media mensile positiva (+1,6°C rispetto alla norma) è facilmente imputabile soprattutto ai giorni di foehn che anche a marzo si sono verificati: 11 giorni su 30, cioè circa il 35%, anche se nella FIGURA 62 il tipico disegno da foehn è meno delineato rispetto ad esempio alla FIGURA 58 del mese di gennaio, perché marzo ha avuto una variabilità più

accentuata lungo il suo corso (come già enunciato prima, anche con la FIGURA 63), che quindi non ha potuto lasciare un'unica impronta univoca nelle sue mappe sinottiche medie mensili (FIGURA 61 e FIGURA 62).

L'evento di *foehn* più forte è occorso verso la fine del mese, quando ancora una volta (come nei mesi scorsi) lo scontro ravvicinato tra l'alta pressione a sud (ovest) e la saccatura polare sul nord-Europa (FIGURA 61) ha creato un forte gradiente barico sull'Atlantico (evidente nelle mappe sinistre di FIGURA 61 e FIGURA 62), innescando forti venti nordoccidentali di caduta lungo le Alpi, particolarmente caldi per la stagione.

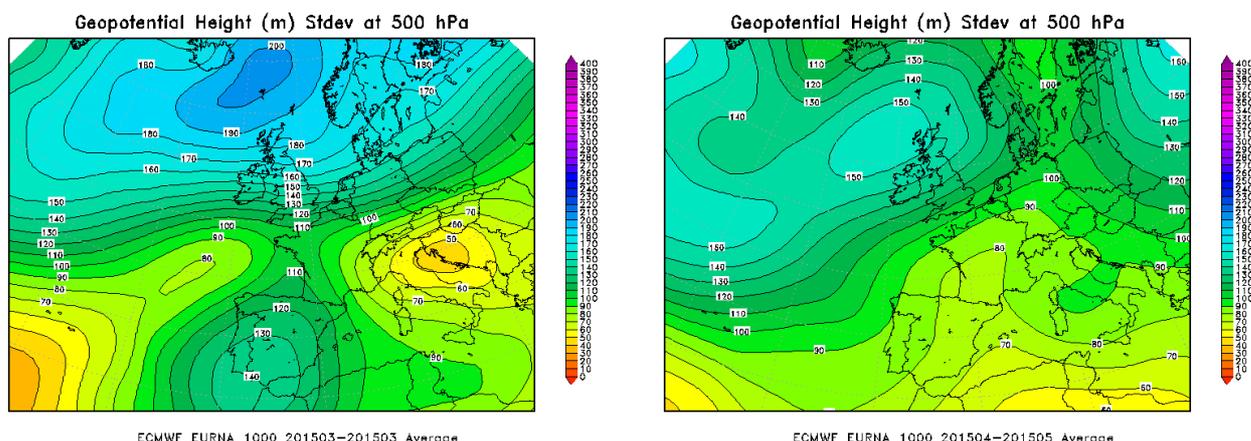


FIGURA 63: variazione media mensile del geopotenziale a 500 hPa (rappresentata dalla sua deviazione standard) nel mese di marzo 2015 (a sinistra) e nel bimestre aprile-maggio 2015 (a destra).

Così anche a Marzo, tra giorni di *foehn* e giorni piovosi/nevosi, le giornate con nebbia (e quindi di stagnazione dell'aria nei bassi strati atmosferici) sono state relativamente contenute, rispetto alla norma.

Aprile-Maggio

Entrambi i mesi di aprile e maggio sono stati decisamente caldi, con un'anomalia termica media mensile tra +2 e +2,5 °C, che li ha portati ad essere ambedue i 5° mesi (rispettivamente di aprile e maggio) più caldi degli ultimi 58 anni.

La loro analogia si è rispecchiata anche dal punto di vista delle precipitazioni, perché tutti e due i mesi hanno avuto un deficit pluviometrico di oltre il 31-33% rispetto alla propria norma mensile.

Così è possibile visualizzare il loro andamento con una mappa media bimensile che li accorpa insieme.

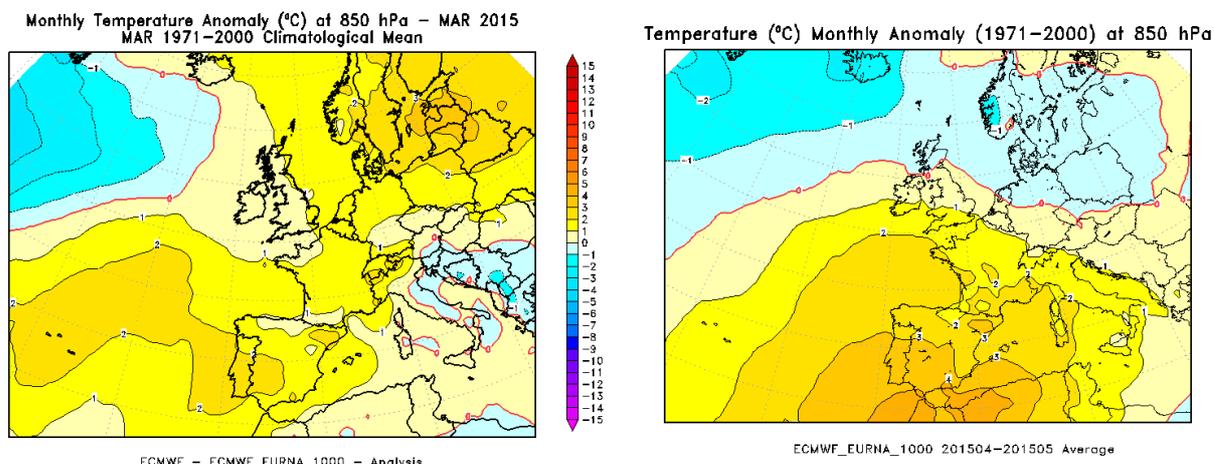


FIGURA 64: anomalia della temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota), rispetto al periodo climatico 1971-2000, del mese di marzo 2015 (a sinistra) e del bimestre aprile-maggio 2015 (a destra).

Le temperature sono state sopra la media su tutta l'Europa occidentale (dal nordovest africano fino anche al Mar di Norvegia) nella mappa destra di FIGURA 64.

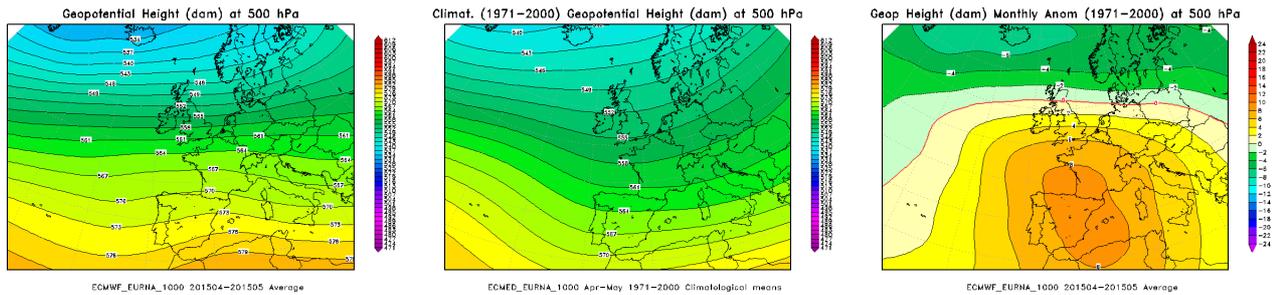


FIGURA 65: geopotenziale medio a 500 hPa del bimestre aprile-maggio 2015 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Con un anticiclone che ad aprile spesso si isolava e si posizionava tra le Isole Britanniche e il Mare del Nord, o con l'anticiclone africano che alla fine della prima decade di maggio ha portato un assaggio d'estate ben in anticipo sulla stagione, in tutti e due i mesi una forte anomalia barica positiva, sia in quota (FIGURA 65) sia al suolo (FIGURA 66) su tutta la parte centro-occidentale del continente europeo, ha impedito il normale ingresso delle depressioni atlantiche nel bacino del Mediterraneo. Il percorso seguito dalle perturbazioni è, di nuovo, ben visibile anche (oltre che nelle note mappe destre di FIGURA 65 e FIGURA 66) nella mappa destra di FIGURA 63, che (con i colori verdi scuri) indica come le perturbazioni o si fermavano al largo dello stretto di Gibilterra e del Portogallo oppure, scorrendo su latitudini molto settentrionali (per aggirare il "muro" invalicabile dell'alta pressione sull'Europa sudoccidentale) o giungendo con una provenienza più polare dalla Russia, scendevano dal nord-Europa lungo la parte più orientale del continente e dell'Italia, senza mai arrivare ad influenzare efficacemente il territorio piemontese.

In tal modo, sono mancate le depressioni tirreniche tipiche, che portano le piogge abbondanti della primavera sulla nostra regione (a parte rari, seppur localmente intensi, eventi occorsi verso fine aprile e tra la metà e l'ultima decade di maggio). Così, il surplus precipitativo annuo che si era accumulato alla fine di marzo si è dapprima annullato con il mese di aprile e poi si è ribaltato di segno negativo, diventando cioè un deficit, alla fine di maggio.

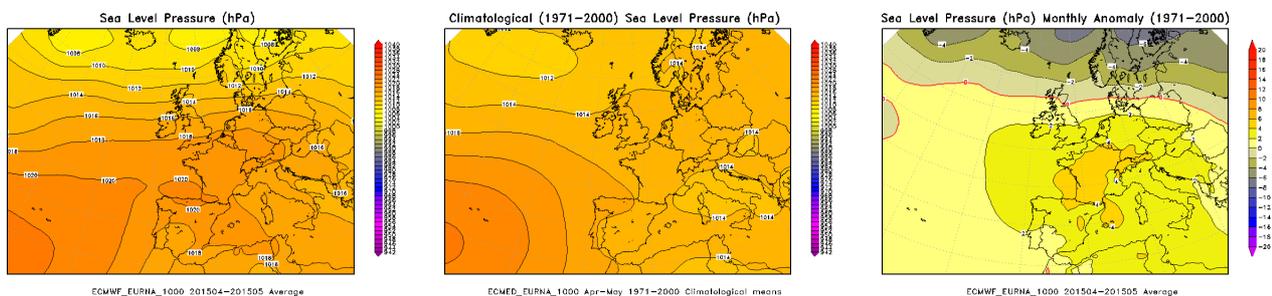


FIGURA 66: pressione a livello del mare del bimestre aprile-maggio 2015 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Naturalmente in tali condizioni (FIGURA 66), non c'era neanche la configurazione da *foehn*, che in effetti si è verificata raramente sia ad aprile sia a maggio (solo 3-4 giorni per ciascun mese).

Giugno

Anche il mese di giugno è stato decisamente caldo, il 4° mese di giugno più caldo degli ultimi 58 anni, con un'anomalia termica positiva che ha interessato una vasta area dall'Europa sudoccidentale fino alla Russia (FIGURA 69 sinistra) e che ha registrato il valore di +2,3°C per le temperature medie piemontesi. Tuttavia il caldo è rimasto concentrato tutto e solo nella prima decade e alla fine del mese (e da questo si deduce quanto sia stato forte per lasciare alla fine un valore medio mensile marcato), mentre il resto del mese è stato decisamente più fresco.

Parallelamente, la stessa disomogeneità si è osservata anche nelle precipitazioni, che, pur mediamente allineate alla norma mensile, hanno avuto una stretta concentrazione in alcuni giorni del mese ed in alcune aree della regione, lasciando cioè periodi e zone in deficit.

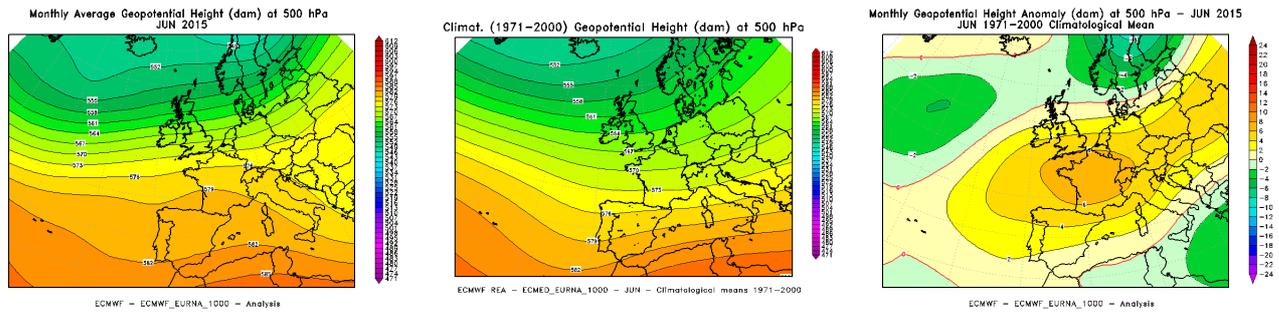


FIGURA 67: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di giugno 2015 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

L'anomalia termica positiva di FIGURA 69 (sinistra) è associata ad una corrispondente anomalia barica positiva su buona parte dell'Europa continentale, dalla Penisola Iberica alla Russia (mappa destra di FIGURA 67), perché l'Europa centrale è stata spesso interessata dall'alta pressione, che, in quella posizione, ha favorito un flusso sul Piemonte più nordorientale (o comunque settentrionale, nella mappa destra e sinistra di FIGURA 67) che non sudoccidentale (mappa centrale di FIGURA 67). Dal confronto si nota anche come nella mappa sinistra di FIGURA 67, a causa del promontorio anticiclonico presente sull'Europa occidentale, il flusso sul nordovest italiano sia stato mediamente più settentrionale della climatologia (mappa centrale). Così si deduce come le correnti giunte sul Piemonte, oltre che calde per l'avvezione calda dell'alta pressione (FIGURA 69), siano state perlopiù asciutte.

Nella prima parte (decade) del mese ancora una volta (come già a marzo in FIGURA 61) le depressioni localizzate sulla parte sudorientale dell'Europa e del Mediterraneo hanno portato instabilità e precipitazioni perlopiù sulle aree occidentali e appenniniche del Piemonte, sotto il prevalente flusso nordorientale. Le infiltrazioni fresche da est erano piuttosto contenute (FIGURA 69 sinistra), ma scontrandosi con l'aria straordinariamente calda, presente per l'alta pressione imperante a ovest, riuscivano a scatenare precipitazioni localmente intense. Solo a metà mese una saccatura atlantica è riuscita ad entrare sulla Spagna (come si capisce solo dalla FIGURA 68) e provocare precipitazioni più diffuse sul nostro territorio, ma mediamente le precipitazioni mensili alla fine sono rimaste abbastanza allineate alla norma climatologica, perché, come sono state irregolari nel tempo (con giorni sovrabbondantemente piovosi e giorni anormalmente secchi) sono state irregolari anche nello spazio, con il carattere temporalesco delle piogge che hanno lasciato aree del Piemonte in deficit. A fine giugno, il totale pluviometrico annuo regionale non aveva colmato del tutto l'ammanco lasciato a fine maggio, rimanendo ancora in negativo.

I periodi più secchi e freschi sono stati associati all'espansione dell'anticiclone delle Azzorre, che, spingendosi dall'Atlantico fin sull'Europa centrale (FIGURA 67) soprattutto nella seconda metà del mese, dirigeva flussi settentrionali sul Piemonte (mappa sinistra di FIGURA 67), tipicamente più freschi e asciutti (e in 3 occasioni hanno anche generato condizioni di foehn).

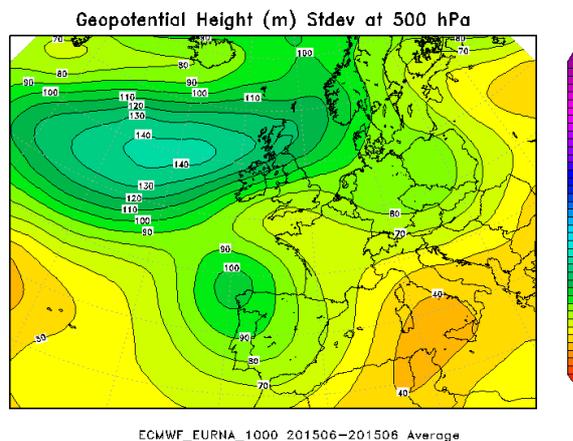


FIGURA 68: variazione media mensile del geopotenziale a 500 hPa (rappresentata dalla sua deviazione standard) nel mese di giugno 2015.

Luglio

Dopo un primo mese estivo di giugno decisamente altalenante, è arrivato il mese più caldo (FIGURA 69) e secco dell'estate 2015 e, soprattutto, il mese più caldo in assoluto di tutta la serie storica di misura di Arpa Piemonte. Con un'anomalia termica di quasi +4°C rispetto alla media climatica del periodo 1971-2000, i valori di temperatura mediati sul mese sono stati superiori anche a quelli registrati ad agosto 2003 che, fino ad allora, deteneva il primato del mese più caldo in assoluto.

Il 70% delle stazioni termometriche della rete Arpa Piemonte ha stabilito il record di temperatura massima per luglio dal momento dell'installazione. Il giorno 14 luglio 2015 il radiosondaggio effettuato alle ore 00 UTC a Cuneo Levaldigi ha registrato una quota dello zero termico pari a circa 5180 m, che era risultato il valore in assoluto più elevato dall'inizio dei lanci avvenuto a marzo 2000.

In quasi tutti i capoluoghi di provincia piemontesi (ad esclusione di Biella), praticamente la totalità dei giorni del mese di luglio può essere classificata come "tropicale", cioè con temperature massime al di sopra dei 30°C. Nel caso di Torino la temperatura massima ha superato i 36°C per 17 giorni su 31, mentre la temperatura percepita è risultata superiore a tale valore per 25 giorni. Anche le temperature minime sono state elevate e solo 12 giorni su 31 hanno fatto registrare valori inferiori ai 20°C.

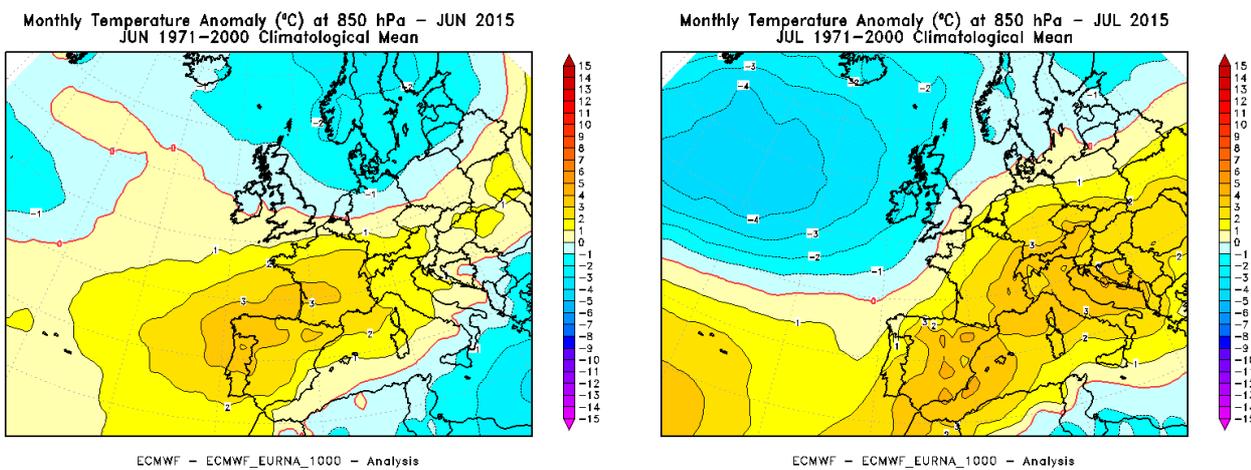


FIGURA 69: anomalia della temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota), rispetto al periodo climatico 1971-2000, di giugno 2015 (a sinistra) e luglio 2015 (a destra).

La mappa media mensile di FIGURA 70 mostra come le persistenti espansioni verso nord dell'anticiclone di matrice africana, che sono avvenute nel mese (finanche alla Penisola Scandinava all'inizio di luglio), hanno generato una marcata anomalia barica positiva, centrata proprio intorno all'Italia centro-settentrionale. Il flusso sudoccidentale sul Piemonte, convogliato con quella posizione dell'alta pressione africana (nella mappa sinistra di FIGURA 70), ha portato aria calda e umida dalle latitudini tropicali, con conseguenti elevati valori di umidità e marcato disagio per afa, tanto più fastidioso per la lunga persistenza. Solo verso la fine del mese l'alta pressione si è parzialmente ridimensionata verso sud, consentendo anche qualche gratificante episodio di foehn.

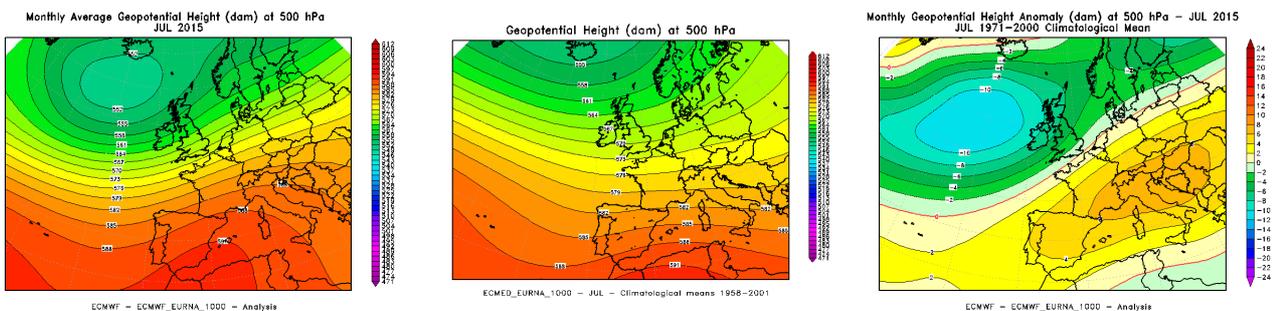


FIGURA 70: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di luglio 2015 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

La forza dell'alta pressione ha mantenuto l'atmosfera così stabile che le precipitazioni sono state nettamente scarse, sempre esigue e mai estese a tutto il territorio piemontese, limitate a quei rari momenti in cui la saccatura nord-atlantica, in scorrimento verso l'Europa settentrionale, riusciva appena a lambire il nordovest italiano.

Così il mese di luglio 2015 ha registrato un deficit precipitativo di oltre il 50%, ponendosi al 6° posto tra i mesi di luglio più secchi degli ultimi 58 anni. Il deficit di pioggia cumulata annua (rispetto alla norma 1971-2000) ha ripreso a crescere di circa un 10-15% sul totale annuo atteso.

Agosto

L'ultimo mese estivo del 2015 è stato quello più piovoso, con un surplus precipitativo del 54% circa, che pone agosto 2015 al 6° posto tra i mesi di agosto più piovosi degli ultimi 58 anni e che ha quasi cancellato il deficit annuo cumulato fino al mese prima.

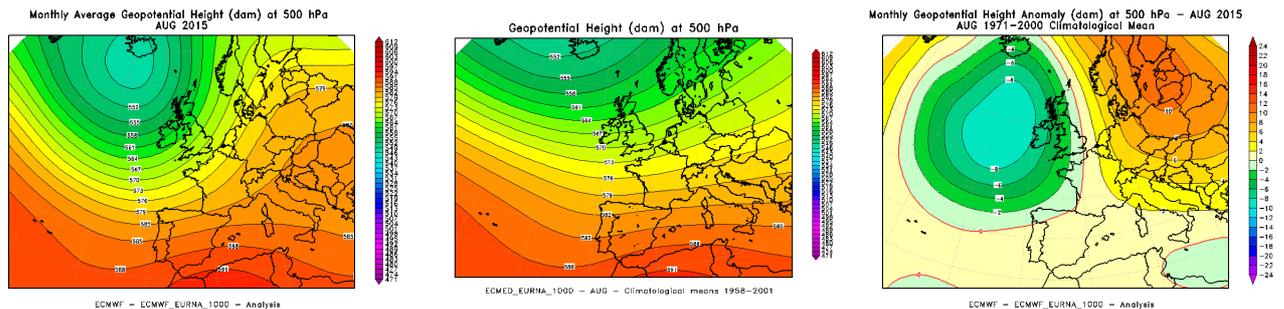


FIGURA 71: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di agosto 2015 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Le mappe mensili medie, sia in quota (FIGURA 71) sia al suolo (FIGURA 72), mostrano entrambe come la saccatura nord-atlantica sia stata molto pronunciata, con la depressione d'Islanda più profonda ed estesa verso sud, rispetto alla climatologia della mappa centrale.

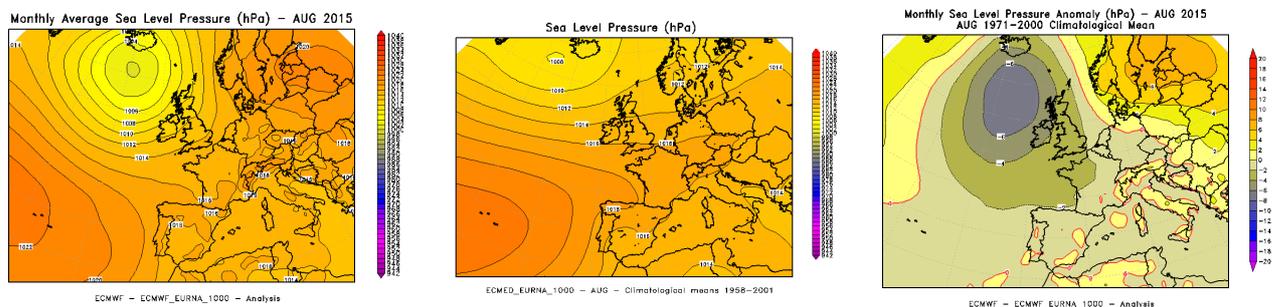


FIGURA 72: pressione a livello del mare del mese di agosto 2015 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

La discesa della bassa pressione sull'Atlantico ha naturalmente riscontro anche nella mappa della temperatura (con l'anomalia termica negativa su quell'area nella mappa sinistra di FIGURA 73) e, di rimando, ha avuto l'effetto parallelo di far salire invece pressione e temperatura sulla parte (centro)orientale dell'Europa, sotto il flusso meridionale del ramo ascendente destro.

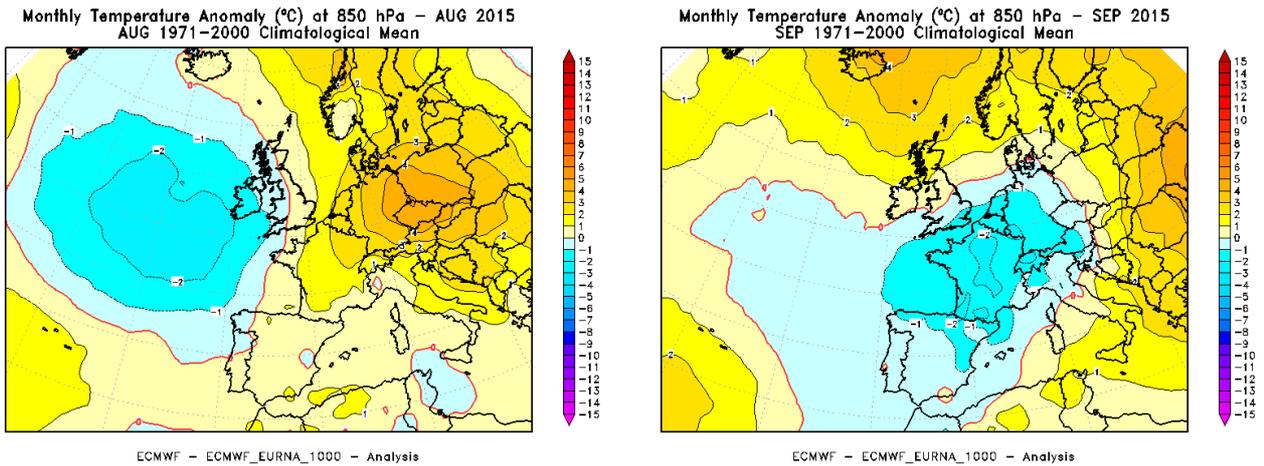


FIGURA 73: anomalia della temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota), rispetto al periodo climatico 1971-2000, di agosto 2015 (a sinistra) e settembre 2015 (a destra).

Sul Piemonte è così affluita aria caldo-umida e instabile, con le perturbazioni atlantiche (come mostrato dalla FIGURA 74) che dall'Oceano riuscivano a penetrare nel bacino del Mediterraneo occidentale (magari infilandosi sotto l'anticiclone che rimaneva isolato sul nordest europeo, in FIGURA 71 e FIGURA 74). Si sono avute precipitazioni in diverse occasioni (in particolare in tutta l'ampia parte centrale del mese), anche intense per il carattere temporalesco tipico della stagione.

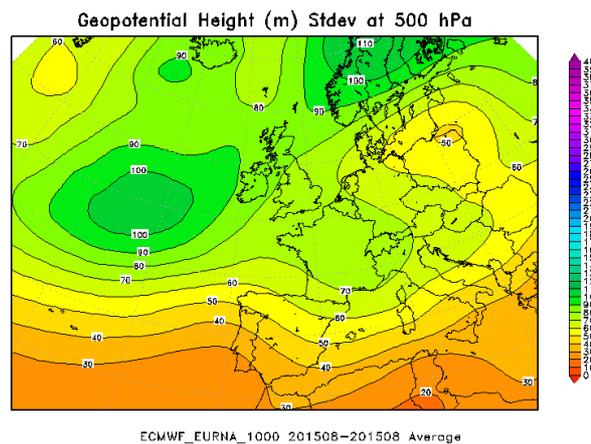


FIGURA 74: variazione media mensile del geopotenziale a 500 hPa (rappresentata dalla sua deviazione standard) nel mese di agosto 2015.

Come intuibile (anche con la FIGURA 73), la temperatura media mensile sul Piemonte non è stata bassa, anzi ancora superiore alla norma (seppur solo di 1°C, 'solo' rispetto alle anomalie più marcate dei mesi precedenti), perché l'anticiclone africano ancora presente sull'Europa centro-orientale ha continuato ad interessare il nostro territorio con aria calda tropicale per buona parte del mese (nella prima decade e alla fine del mese): proprio a causa dello scontro del caldo africano con i passaggi freschi atlantici le precipitazioni cadevano intense.

Tuttavia il valore termico medio mensile superiore alla norma è di nuovo (come già a giugno) associato a temporanei picchi molto elevati e non a situazioni di caldo persistente (come ad esempio a luglio). Infatti, a seguito dei momenti di maltempo, si sono avute anche diverse giornate fresche (approssimativamente da metà mese in avanti), e addirittura già due episodi di nebbia (senza mai nessun evento di foehn).

Settembre-Ottobre

Dopo un lungo periodo "caldo", con temperature medie mensili sempre sopra la norma climatologica, sono arrivati i primi due mesi del 2015 che hanno interrotto tale andamento: due mesi che quindi vengono analizzati insieme.

Il mese di settembre 2015 ha registrato un'anomalia termica media regionale negativa, per la prima volta dopo 12 mesi, e così ha posto fine ad un intervallo temporale che si protraeva fin dal settembre 2014, caratterizzato da temperature sempre superiori alla media climatica. Per la prima

volta da febbraio 2015, non si sono registrati record di temperatura massima mensile, mentre è avvenuta la registrazione di primati di temperatura minima, che non capitava più da luglio 2014. Ottobre ha avuto un'anomalia termica media regionale praticamente nulla (già come anche a febbraio 2015), ma può essere analizzato insieme a settembre in quanto questi due mesi sono stati gli unici di tutto l'anno a non toccare anomalie termiche positive significative sulla regione.

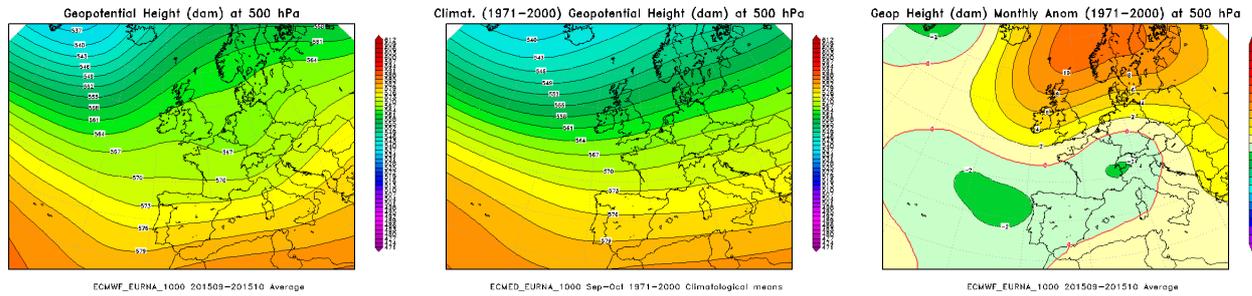


FIGURA 75: geopotenziale medio a 500 hPa del bimestre settembre-ottobre 2015 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

La mappa media del bimestre per la configurazione barica in quota (FIGURA 75) mostra, nella figura destra, un'anomalia lievemente negativa sull'Europa sud-occidentale, mentre un'anomalia positiva ha coinvolto l'Europa più orientale e, in maniera ben più marcata, le alte latitudini dell'Europa settentrionale. In particolare si osservano due picchi negativi: uno tra il medio-sud Atlantico e le coste iberiche, l'altro sulle Alpi occidentali. Quei due minimi di anomalia trovano il loro corrispettivo nella mappa sinistra del geopotenziale, dove si distinguono due flessioni di bassa pressione: un'ondulazione è sulle coste del Portogallo ed un'altra curvatura ciclonica scende dall'Europa centrale al Golfo Ligure.

Sommariamente, mentre, in entrambi i mesi, sull'alto nord-Europa resisteva la stabilità dell'alta pressione, risalita fin sulle latitudini della Scandinavia settentrionale, la prima bassa pressione (sull'Atlantico) ha caratterizzato in particolare il mese di settembre, quando le saccature atlantiche sono perlopiù transitate lungo l'Europa occidentale (talvolta anche centrale), con scarsi effetti sul Piemonte. In particolare (come si deduce anche dalla FIGURA 76 sinistra) le depressioni hanno insistito soprattutto lungo le coste oceaniche della Penisola Iberica (e dell'Europa atlantica in genere), senza riuscire ad entrare nel bacino occidentale del Mediterraneo e quindi senza portare la loro instabilità sul nordovest italiano in maniera diffusa. Infatti settembre ha avuto poche precipitazioni rispetto alla sua norma climatica della stagione autunnale, pur con alcuni picchi concentrati sulle Alpi settentrionali e sui rilievi liguri (perché più soggetti al flusso sud-occidentale), ma con un'anomalia media regionale lievemente negativa (-10%).

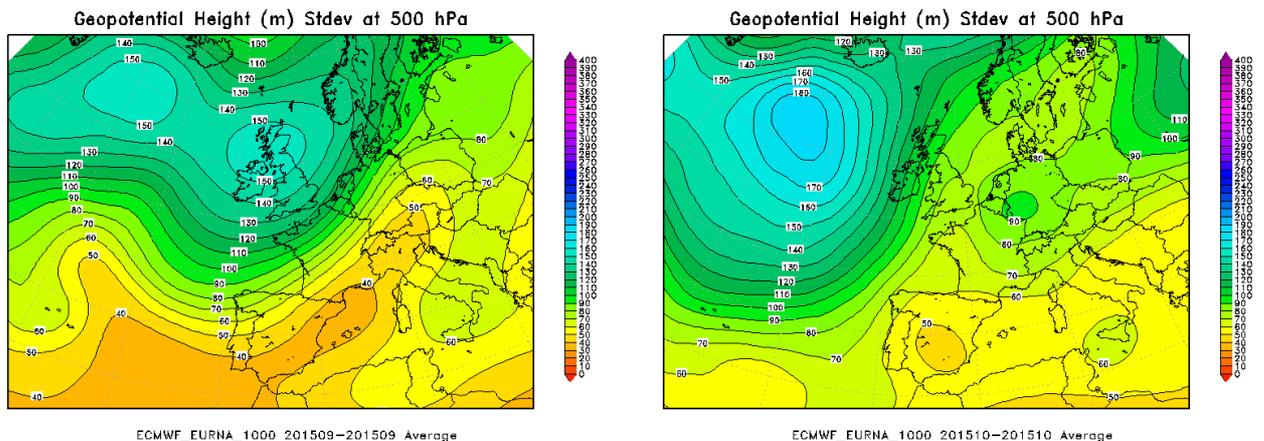


FIGURA 76: variazione media mensile del geopotenziale a 500 hPa (rappresentata dalla sua deviazione standard) nel mese di settembre 2015 (a sinistra) e ottobre 2015 (a destra).

Invece la seconda bassa pressione (col minimo di anomalia sulle Alpi occidentali) ha segnato di più il mese di ottobre, quando le depressioni atlantiche (come si deduce anche dalla FIGURA 76 destra) sono riuscite a penetrare meglio all'interno dell'Europa e del Mediterraneo centrali,

raggiungendo anche l'Italia nord-occidentale e portando così maggiore instabilità e precipitazioni sul Piemonte, che infatti ha registrato un'anomalia pluviometrica moderatamente positiva (+12%). La localizzazione delle perturbazioni si deduce chiaramente dalla FIGURA 76, che con i colori verdi disegna 'dove' il geopotenziale medio è stato più variabile e perturbato, confermando così il percorso delle basse pressioni descritto. Solo a ottobre si sono avute depressioni anche sul Golfo Ligure: la tipica posizione che provoca precipitazioni significative diffuse su tutto il territorio piemontese.

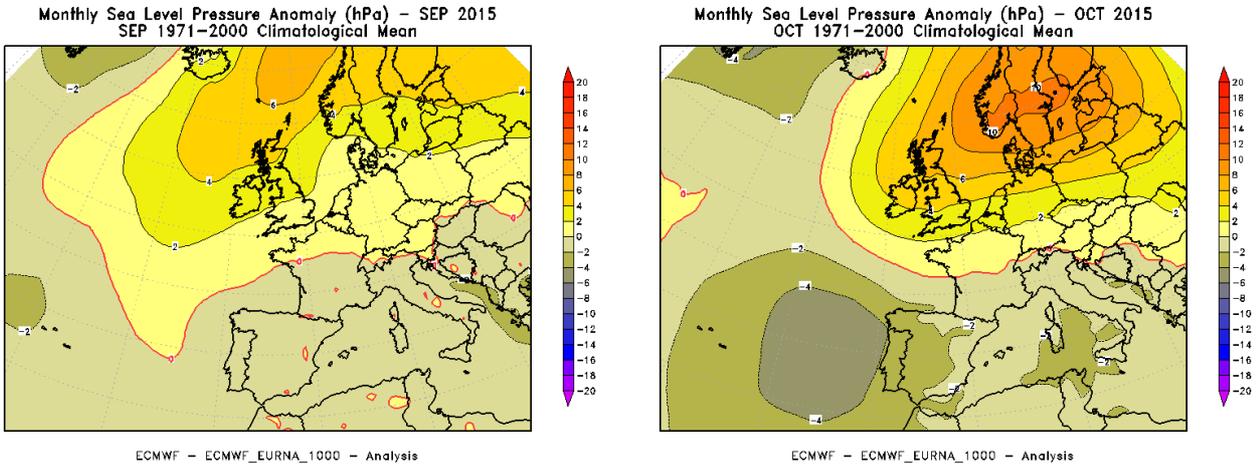


FIGURA 77: anomalia della pressione a livello del mare, rispetto al periodo climatico 1971-2000, di settembre 2015 (a sinistra) e ottobre 2015 (a destra).

Anche la mappa dell'anomalia della pressione al suolo (FIGURA 77) è utile perché evidenzia come a settembre (mappa sinistra) l'anomalia barica non sia stata così tanto negativa sul Mediterraneo occidentale: anzi l'anomalia negativa più significativa sul Mediterraneo orientale, insieme alla forte anomalia positiva sull'Europa settentrionale, hanno favorito le correnti orientali sul nord-Italia, che sono state responsabili dell'afflusso di aria fredda da est (mappa sinistra di FIGURA 78), che ha determinato l'anomalia termica negativa caratteristica del mese.

Viceversa, la mappa destra di FIGURA 77 di ottobre mostra un'anomalia negativa più marcata sull'Europa sudoccidentale e, soprattutto, sul Mediterraneo centrale (Tirreno), che ha potuto convogliare i flussi instabili, più miti e umidi, dai quadranti meridionali, portatori delle maggiori precipitazioni e di temperature relativamente meno fredde (mappa destra di FIGURA 78).

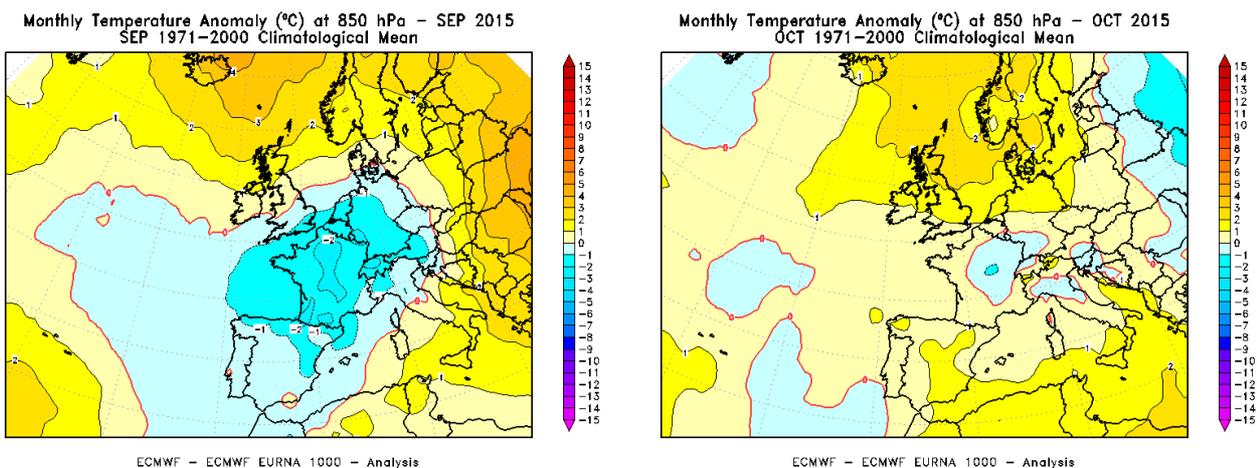


FIGURA 78: anomalia della temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota), rispetto al periodo climatico 1971-2000, di settembre 2015 (a sinistra) e ottobre 2015 (a destra).

Relativamente ai fenomeni di stagnazione dell'aria nei bassi strati e formazioni nebbiose in pianura, nonostante la stabilità atmosferica, senz'altro presente anche a settembre, i giorni di nebbia sono stati inferiori alla norma climatologica di settembre (solo 3 invece che 10), non tanto grazie ai 6 giorni di foehn occorsi nel mese, quanto piuttosto a causa della scarsità di piogge e quindi della

manca di umidità. Invece a ottobre i 23 giorni di nebbia hanno sostanzialmente rispettato la climatologia del periodo, proprio perché, a parte la minor ricorrenza del foehn (solo 1 giorno nel mese), le precipitazioni, relativamente più presenti, hanno fornito maggiore umidità nei bassi strati.

Novembre- Dicembre

L'anno 2015 si è concluso coi due mesi più caldi della storia, relativamente all'archivio storico di misure di Arpa Piemonte per i mesi di novembre e dicembre. Così, dopo la "tregua" più fresca del bimestre precedente, l'ultimo bimestre dell'anno è tornato bruscamente a scaldarsi e ha registrato una straordinaria anomalia termica positiva (di ben oltre +3,5°C), contemporaneamente associata ad una marcata anomalia pluviometrica negativa (oltre il -90% circa). In tal modo il cumulato pluviometrico annuale, rimasto in linea con l'atteso fino a ottobre, è sceso al disotto della norma, concludendo l'anno con un deficit del 12%.

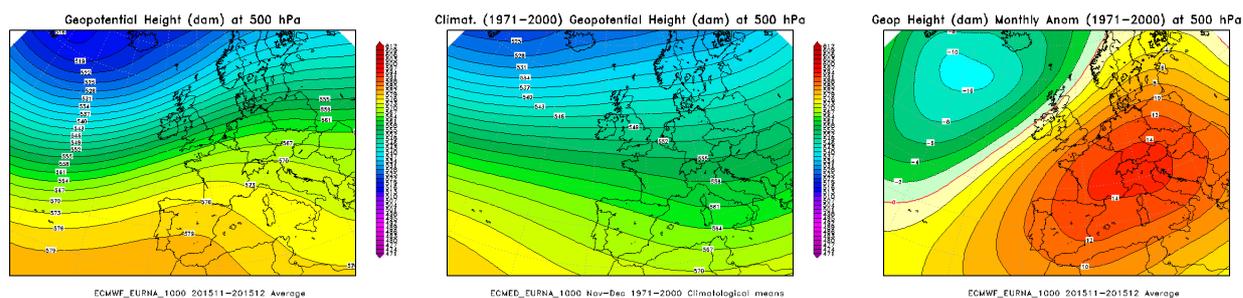


FIGURA 79: geopotenziale medio a 500 hPa del bimestre novembre-dicembre 2015 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Come si vede dalle mappe mediate sui due mesi insieme, in FIGURA 79 e FIGURA 80, in entrambi i mesi ha prevalso un poderoso anticiclone, sia di origine atlantica (con l'anticiclone delle Azzorre, soprattutto a novembre) sia di matrice africana (specie a dicembre), che ha determinato una netta anomalia barica positiva su quasi tutto il continente europeo, col picco posizionato tra l'Europa e il Mediterraneo centrali.

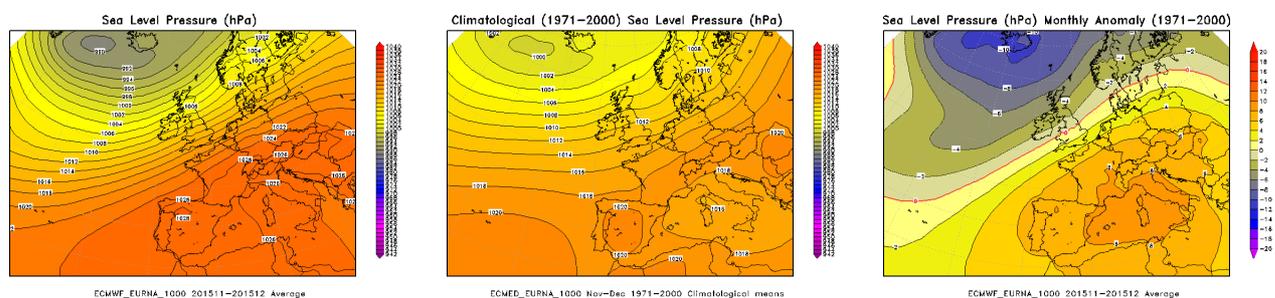


FIGURA 80: pressione a livello del mare del bimestre novembre-dicembre 2015 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

La massiccia e persistente alta pressione ha naturalmente creato una forte stabilità atmosferica, che ha impedito le precipitazioni sul Piemonte, e ha portato aria eccezionalmente calda dalle latitudini meridionali al nord-Italia e a buona parte d'Europa (FIGURA 82). Straordinaria è stata la cosiddetta "Estate di S. Martino", che tra la prima e la seconda decade di Novembre ha fatto registrare i picchi di temperatura più elevati.

Solo nella terza decade di Novembre si è avuta una breve fase di irruzione d'aria fredda dal nord-Europa, a causa della discesa della saccatura polare dalla Scandinavia verso il bacino del Mediterraneo, che ha portato appena deboli precipitazioni nevose sulle Alpi piemontesi. Per il resto, l'alta pressione su Europa e Mediterraneo centrali è stata irremovibile, come si evince chiaramente dalla FIGURA 81. La mappa sinistra di novembre indica che la (pur unica) discesa della bassa pressione polare scandinava è stata tanto importante da lasciare un segno netto nella mappa media mensile, ma ha avuto una direzione decisamente troppo settentrionale per provocare instabilità sul Piemonte, dove infatti si sono sentiti perlopiù gli effetti del calo termico e non delle precipitazioni.

La mappa destra di dicembre mostra chiaramente come i valori elevati di pressione (FIGURA 79) non sono variati quasi per nulla nell'arco di tutto il mese sul Mediterraneo occidentale (FIGURA 81). L'alta pressione era così forte sulle longitudini centrali di Europa e Mediterraneo che le depressioni atlantiche erano costrette a girare intorno al promontorio anticiclonico salendo verso nord e poi ridiscendendo sull'Europa orientale, oppure addirittura penetravano nell'entroterra africano, al disotto dell'anticiclone europeo-mediterraneo che aveva il culmine centrato tra l'alto Mediterraneo e l'Europa centrali (mappe destre di FIGURA 79 e FIGURA 80).

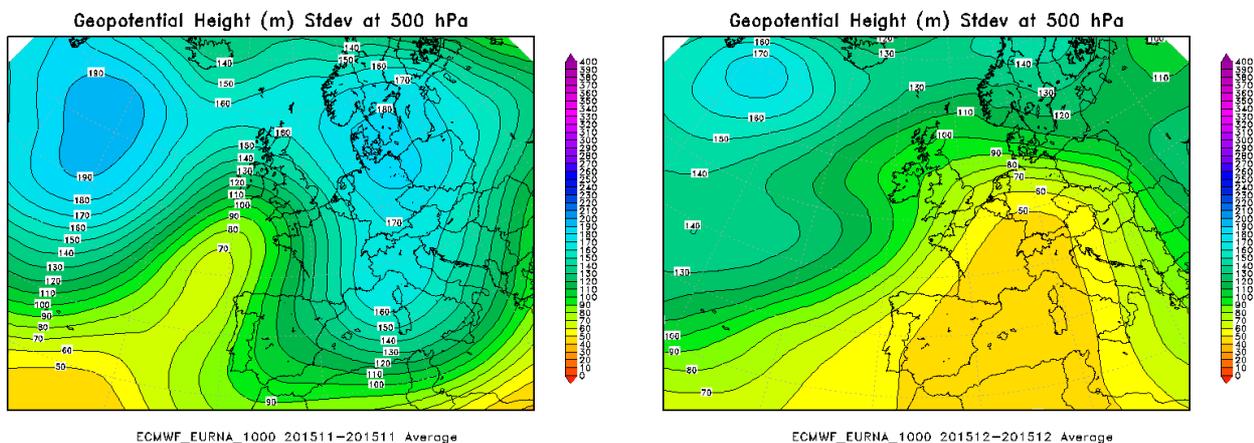


FIGURA 81: variazione media mensile del geopotenziale a 500 hPa (rappresentata dalla sua deviazione standard) nel mese di novembre 2015 (a sinistra) e dicembre 2015 (a destra).

Le precipitazioni sul Piemonte, con un deficit bimestrale regionale di oltre il 90%, sono state quasi assenti: totalmente assenti su buona parte delle zone pianeggianti, deboli e limitate a pochissime giornate sulle zone montane.

Ad esempio a Torino città non è piovuto per 65 giorni consecutivi dal 29 ottobre 2015 al 3 gennaio 2016, mentre il numero consecutivo di giorni con precipitazione media sulla regione inferiore a 5 mm (definito "periodo secco"), a partire dal 29 ottobre si è prolungato fino al 10 gennaio 2016, per un totale di 74 giorni consecutivi "senza" precipitazioni significative.

La scarsità di precipitazioni ha determinato una progressiva riduzione delle portate dei corsi d'acqua del reticolo idrografico principale e secondario della regione, su valori vicini ai minimi storici.

I mesi di novembre e dicembre 2015 sono stati in assoluto i più carenti di neve da quando si dispone di dati diffusi sul territorio piemontese con continuità (ultimi 90 anni). Al 31 dicembre 2015 la copertura nevosa al suolo era praticamente assente al di sotto dei 2500 m. Una ridotta risorsa nivale invernale si riflette pesantemente sul ciclo idrologico piemontese e quindi sulla riserva idrica spendibile nell'anno successivo.

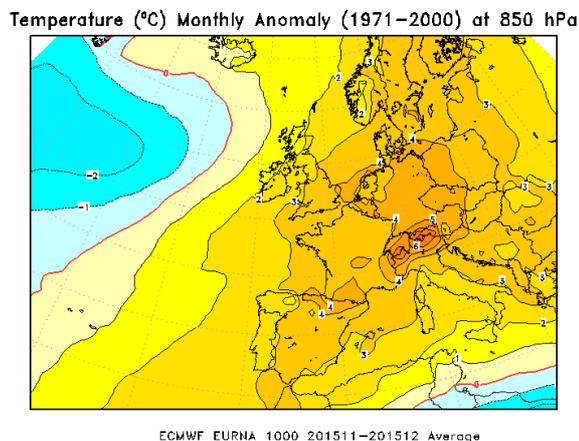


FIGURA 82: anomalia della temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota), rispetto al periodo climatico 1971-2000, del bimestre novembre-dicembre 2015.

A dicembre solo in 4 giorni la media delle temperature minime in pianura è scesa al di sotto degli 0°C e solamente per pochi decimi di grado.

L'anomalia termica positiva è stata relativamente più contenuta (comunque alta, la terza più alta della serie storica di misure) per i valori di temperatura minima, in particolare a novembre, perché, ovviamente col cielo spesso sereno, il forte irraggiamento notturno, in due dei mesi con minore insolazione solare, ha favorito un locale abbassamento delle minime in pianura, anche per la concomitanza con le formazioni nebbiose.

Infatti, come si intuisce anche dalla FIGURA 82, l'avvezione calda in questo periodo freddo dell'anno è sicuramente più efficace in alta quota rispetto alla pianura e ciò ha favorito frequenti condizioni di inversione termica al suolo, con ripetute giornate nebbiose.

Le condizioni di stabilità atmosferica e marcata inversione termica hanno determinato una situazione di nebbia ordinaria (visibilità inferiore ad 1 km) per 30 giorni su 31 a dicembre 2015, che così è risultato in assoluto il più nebbioso da quando è attiva la rete dei visibilimetri Arpa Piemonte (dal 2004). Gli eventi di nebbia fitta (visibilità inferiore a 100 m) sono stati 9, più del doppio della norma (4 giorni di nebbia fitta attesi normalmente a dicembre).

La formazione e persistenza delle nebbie è stata favorita anche dalla carenza di venti di *foehn*: solo 3 giorni a dicembre e 9 a novembre, quasi tutti concentrati nell'ultima decade (sotto il flusso settentrionale della saccatura polare di FIGURA 81), mentre i 21 giorni di nebbia di novembre sono stati tutti nelle prime due decadi, raggiungendo (ed eguagliando) così in anticipo il totale atteso per tutto il mese. I venti di *foehn*, pure spesso confinati ai soli settori alpini e prealpini, senza estensione alle zone pianeggianti adiacenti, soprattutto a dicembre, non hanno potuto determinare una dissipazione delle nebbie, presenti in maniera praticamente costante.

Naturalmente tutto ciò ha profondamente influenzato i valori degli inquinanti sul territorio regionale, determinando, nella maggior parte dei casi, l'incremento delle concentrazioni misurate, con una qualità dell'aria scadente.

I DATI METEO MISURATI NEL 2015

Al termine della caratterizzazione meteorologica, si è ritenuto interessante effettuare l'analisi dei dati meteorologici misurati dalle stazioni a terra nell'anno 2015, limitata all'andamento delle variabili meteorologiche maggiormente significative in rapporto al decennio precedente 2005-2014.

Per l'analisi statistica è stata scelta una stazione appartenente alla Rete Meteoidrografica di Arpa Piemonte, rappresentativa per l'area urbana di Torino.

I parametri ritenuti caratterizzanti, dal punto di vista meteorologico, ai fini di un confronto su scala pluriennale, sono la temperatura e le precipitazioni atmosferiche.

La temperatura media dell'anno 2015 per la stazione Torino-Giardini Reali risulta pari a 14,0 °C, quindi superiore sia alla media dei dati rilevati negli ultimi dieci anni nella stessa stazione (13,5 °C), sia a quella calcolata per il capoluogo piemontese sul periodo 1951-1986 (13,0 °C).

L'andamento delle temperature medie mensili è stato confrontato con l'andamento medio del decennio 2005-2014 (FIGURA 83). Si segnalano valori significativi di temperatura superiori alla media climatologica nei mesi di luglio (+3,6°C), dicembre (+1,5 °C) e gennaio (+1°C).

Le differenze negative maggiormente significative rispetto alle relative medie del decennio precedente si riscontrano nei mesi di settembre (-1,2°C) e ottobre (-1,1°C).

Il valore più basso delle temperature medie mensili è stato registrato nel mese di gennaio ed è pari a 3,9 °C nel 2015 mentre è pari a 2,9 °C nel decennio di riferimento. Il valore massimo è stato registrato nel mese di luglio e nel 2015 è di 27,9 °C, ma di 24,3°C nel decennio climatologico 2005-2014.

D'altro canto dal confronto grafico fra l'andamento dei dati orari acquisiti nel corso del 2015 e l'intervallo di valori medi studiato a partire dai minimi e dai massimi assoluti registrati mensilmente nel decennio precedente (FIGURA 84), si osserva che nel complesso tutto il periodo si presenta più spostato verso l'andamento dei massimi assoluti (linea rossa) registrati mensilmente nel decennio 2005-2014, risultando quindi un periodo complessivamente caldo. Nonostante ciò, in tutti i mesi dell'anno si osservano picchi di temperature minime che superano i valori medi dei minimi assoluti registrati mensilmente nel decennio di riferimento (linea blu).

Per quanto riguarda le precipitazioni atmosferiche, l'analisi dei dati statistici evidenzia per l'anno 2015 (FIGURA 85) un totale di precipitazioni di 962 mm, mentre il numero di giorni piovosi (si

definisce giorno piovoso quello in cui si registra almeno 1 mm di pioggia su tutto l'arco della giornata) è pari a 60. Quindi il 2015 risulta meno piovoso della media 2005-2014, sia in termini di precipitazioni totali (962 mm contro 990 mm di media), che per il numero di giorni piovosi (60 giorni contro 76 giorni di media).

Il 2015 si colloca al sesto posto tra gli anni meno piovosi dell'ultimo decennio, dopo il 2005 (584 mm), il 2007 (672 mm), il 2006 (712 mm), il 2009 (904 mm) e il 2012 (915 mm).

Utilizzando come parametro di confronto l'intensità delle precipitazioni atmosferiche, calcolata come il rapporto fra la quantità totale di pioggia ed il numero di giorni piovosi, si osserva che i valori più alti sono stati registrati nel 2011 (25,4 mm pioggia/giorno) e nel 2015 (16 mm pioggia/giorno), mentre il valore più basso è stato registrato nel 2005 (9,1 mm pioggia/giorno). Quindi l'intensità giornaliera media nel 2015 è risultata più elevata di quella del decennio (16 mm pioggia/giorno contro una media di 13,0 mm pioggia/giorno).

L'analisi della distribuzione annuale delle precipitazioni nell'ambito dei vari mesi può inoltre essere utilizzata per definire il *regime pluviometrico* di un'area geografica. Nello studio climatologico della Regione Piemonte⁴⁰, l'andamento di tale distribuzione per il Piemonte risulta bimodale con i massimi localizzati in primavera ed in autunno. In base alla collocazione nell'anno del minimo principale, del massimo principale e del massimo secondario, si possono distinguere nella nostra regione cinque tipi di regime pluviometrico, dei quali quattro di tipo "continentale" (minimo principale in inverno) ed uno di tipo "mediterraneo" (minimo principale in estate):

- regime pluviometrico prealpino: minimo principale in inverno, massimo principale in primavera, massimo secondario in autunno;
- regime pluviometrico sublitoraneo: minimo principale in estate, massimo principale in autunno, massimo secondario in primavera;
- regime pluviometrico subalpino: minimo principale in inverno, massimo principale in autunno, massimo secondario in primavera;
- regime pluviometrico continentale alpino: minimo principale in inverno, massimo principale in primavera, massimo secondario in estate;
- regime pluviometrico subcontinentale: minimo principale in inverno, massimo principale in autunno, massimo secondario in estate.

Sempre secondo tale studio, il regime pluviometrico prealpino è il più diffuso in Piemonte, anche se quello attribuito all'area del capoluogo torinese risulta continentale alpino (Mennella, 1967; Biancotti, 1996)⁴¹.

Nel grafico illustrato in FIGURA 86 è riportato il confronto tra l'andamento delle precipitazioni totali mensili per il 2015 e le precipitazioni medie mensili (media delle sommatorie mensili) del decennio 2005-2014. Il profilo del 2015 si discosta dal regime pluviometrico "continentale alpino" rientrando nel regime pluviometrico "subcontinentale": il massimo principale è stato registrato a ottobre (204 mm), mentre quello secondario ad agosto (185 mm), e il minimo principale si registra a dicembre (1 mm).

Un'ulteriore elaborazione è stata effettuata aggregando gli stessi dati di precipitazione su base trimestrale. Nella FIGURA 87 sono riportati, per ogni trimestre, gli istogrammi relativi alla quantità di pioggia misurata nei diversi anni, e per ogni grafico viene segnalato il valore medio di precipitazione per il decennio. Dall'esame dei grafici spicca che nel primo e nel terzo trimestre del 2015 le precipitazioni sono superiori alla media climatologica (rispettivamente +77,1% e +1,8%), mentre risultano inferiori nel secondo (-39,7%) e nel quarto trimestre (-12%).

Va comunque sottolineato che le osservazioni sopra riportate sulle caratteristiche di piovosità relative all'anno 2015 devono essere valutate alla luce delle seguenti considerazioni:

- l'arco temporale (decennio 2005-2014) utilizzato per il confronto risulta comunque ridotto;
- la rappresentatività spaziale è limitata all'area metropolitana.

⁴⁰ "Precipitazioni e temperature" - Collana studi climatologici in Piemonte - Regione Piemonte: Direzione dei Servizi Tecnici di Prevenzione - Settore Meteoidrografico e Reti di Monitoraggio; Università degli Studi di Torino: Dipartimento di Scienze della Terra.

⁴¹ Mennella C. (1967) - Il clima d'Italia. Vol. I, ed. E.D.A.R.T., Napoli. 1, pp. 157-178.

Biancotti A. (1996) - Corso di geografia fisica - Geomorfologia strutturale. Le misure in geografia fisica. Ed. Litocoop Srl Tortona, 2, 126 p.

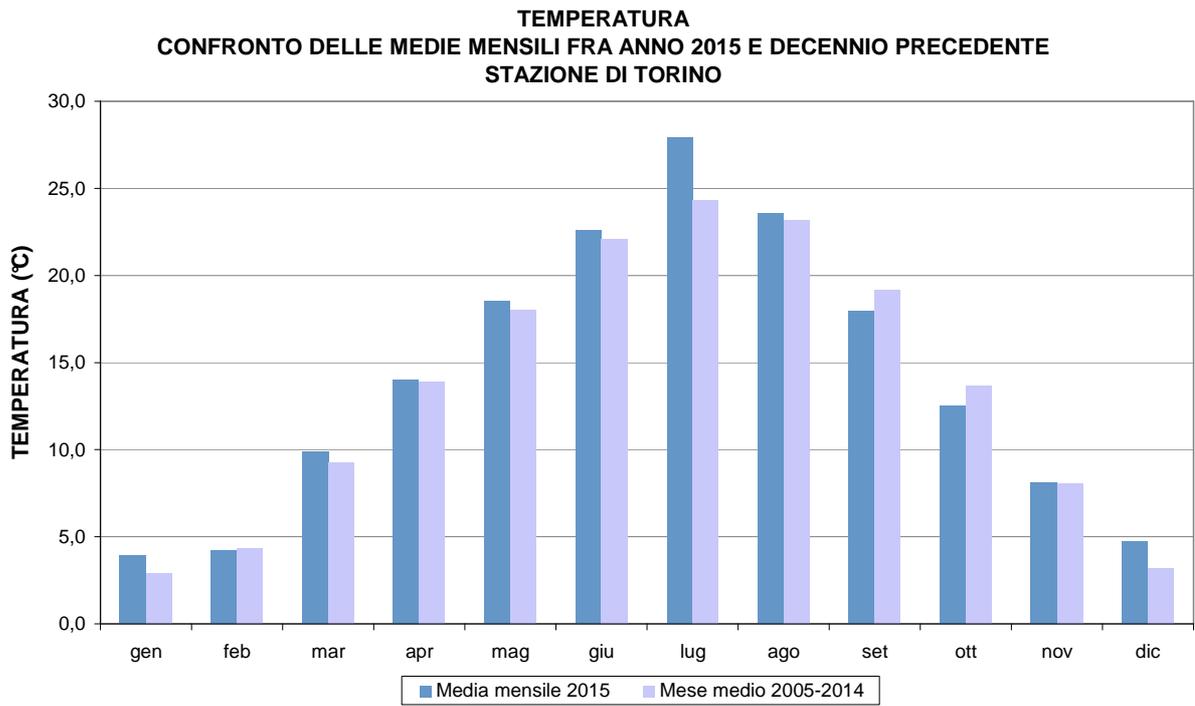


FIGURA 83: temperatura: valori medi mensili per l'anno 2015 e per il decennio 2005÷2014 per la stazione di Torino.

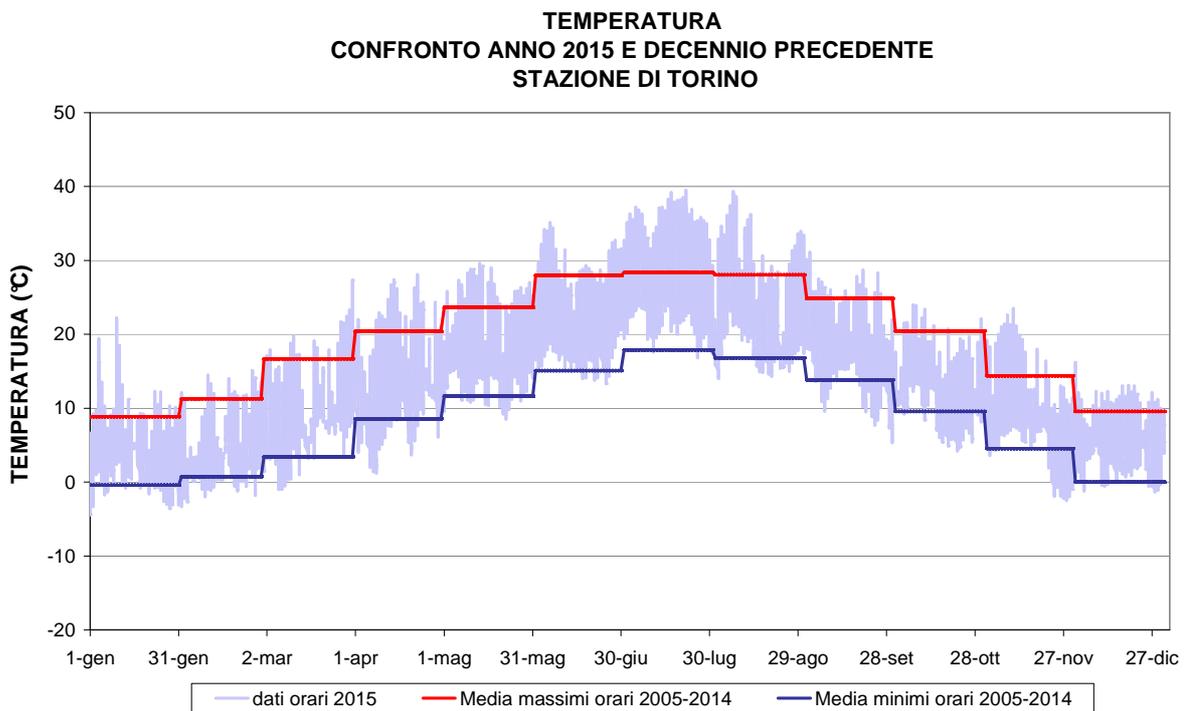


FIGURA 84: temperatura: valori orari per l'anno 2015 e medie dei minimi e dei massimi assoluti registrati nel decennio 2005÷2014 presso la stazione di Torino.

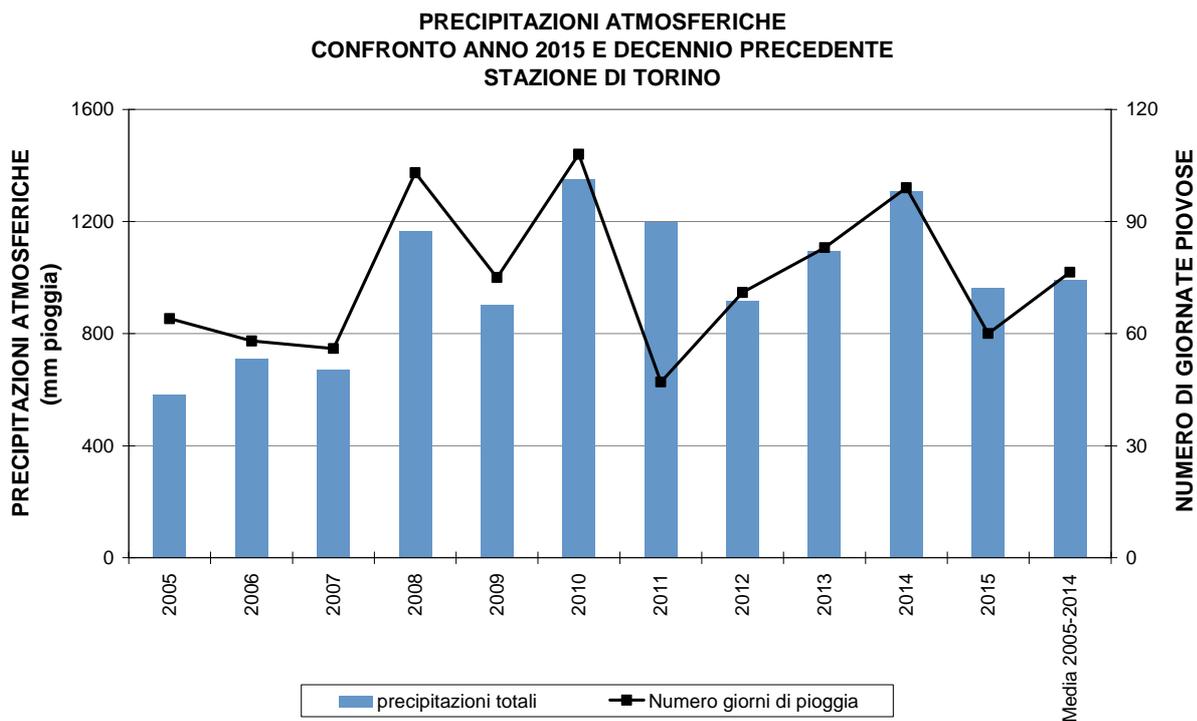


FIGURA 85: precipitazioni atmosferiche: sommatorie annuali e media del decennio in termini di quantità di precipitazioni e di numero di giornate piovose per la stazione di Torino.

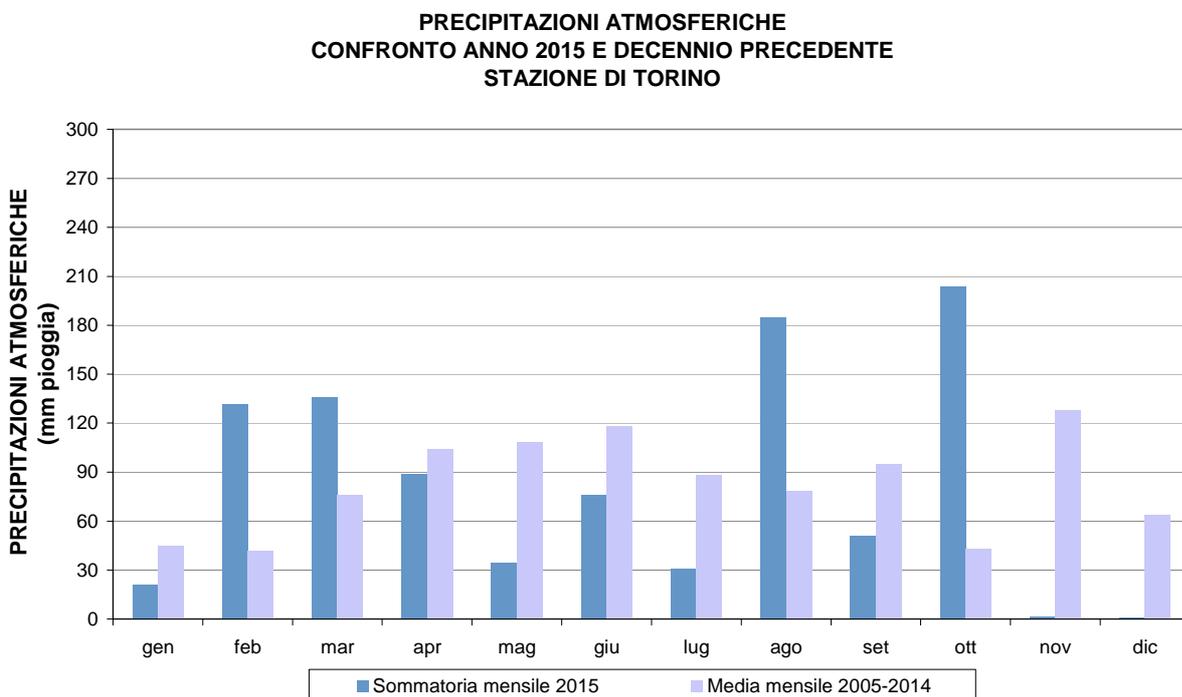


FIGURA 86: precipitazioni atmosferiche: sommatorie mensili per l'anno 2015 e medie mensili relative al decennio 2005÷2014 per la stazione di Torino.

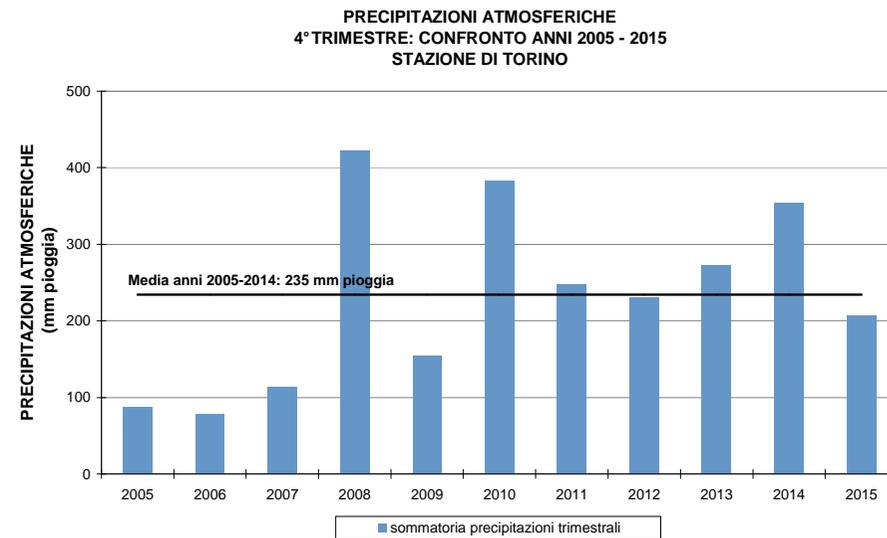
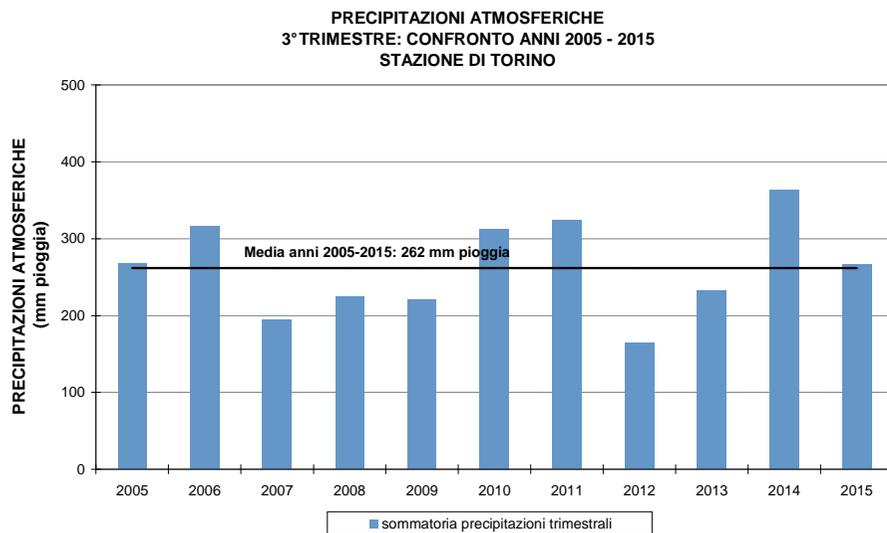
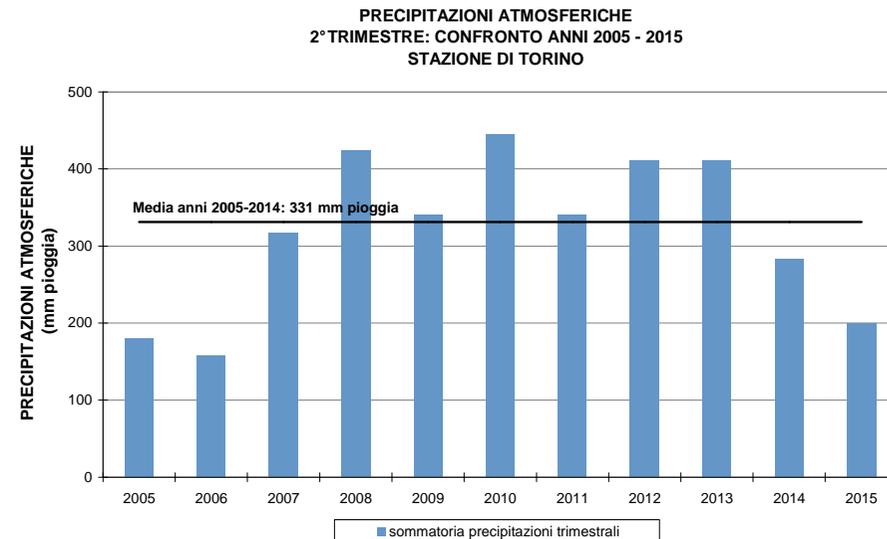
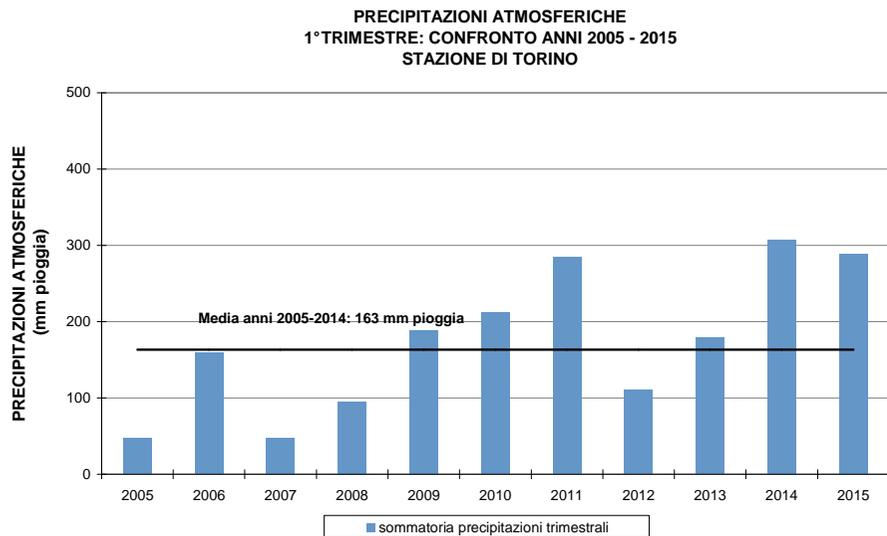


FIGURA 87: precipitazioni atmosferiche: sommatorie trimestrali relative al periodo 2005÷2014 per la stazione di Torino.

L'INDICE "NUMERO DI GIORNI FAVOREVOLI ALL'ACCUMULO DI PM10"

Il 2015 è stato caratterizzato dal punto di vista meteorologico con l'indice "numero di giorni favorevoli all'accumulo di PM10". Tale indice, la cui rappresentatività spaziale è limitata all'agglomerato torinese, analizza in forma semplificata le interazioni tra la meteorologia ed i fenomeni di trasporto, trasformazione chimica e dispersione degli inquinanti, con la finalità di identificare i giorni in cui si determinano condizioni di stagnazione favorevoli alla formazione di PM10. L'indicatore fornisce un utile strumento di indagine per interpretare la variabilità annuale della concentrazione degli inquinanti in funzione della meteorologia.

Nel 2015 il numero di giorni favorevoli all'accumulo di PM10 (FIGURA 88) è stato simile a quello dei 3 anni precedenti. Analizzando l'andamento mensile dell'indice (FIGURA 89) si osserva tuttavia, rispetto al periodo 2006-2014, una criticità particolarmente accentuata nei mesi di novembre e dicembre, mentre i primi dieci mesi dell'anno ricadono nella media (o addirittura al di sotto come ottobre) del periodo esaminato. Le precipitazioni evidenziano come il 2015 risulti essere meno piovoso della media 2005-2014, sia in termini di precipitazioni totali (962 mm contro 990 mm di media) sia, soprattutto, per il numero di giorni piovosi (60 giorni contro 76 giorni di media), specie nei mesi di novembre e dicembre in cui non è mai piovuto.

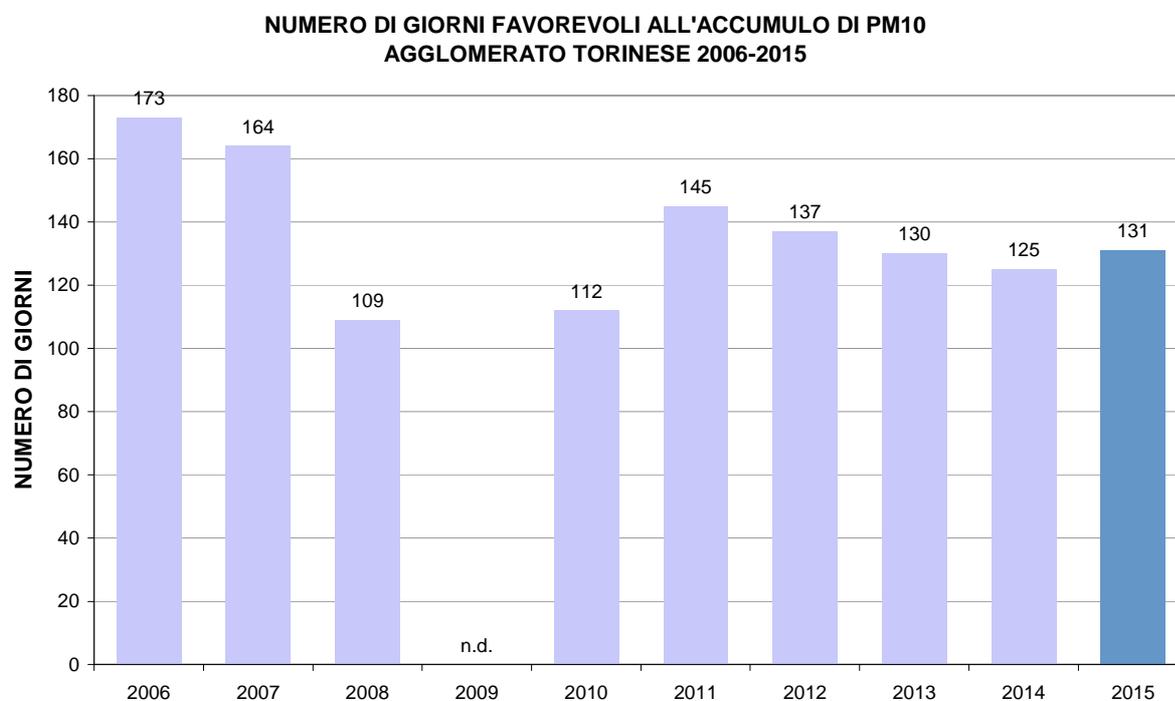


FIGURA 88: numero di giorni favorevole all'accumulo di PM10 – andamento storico.

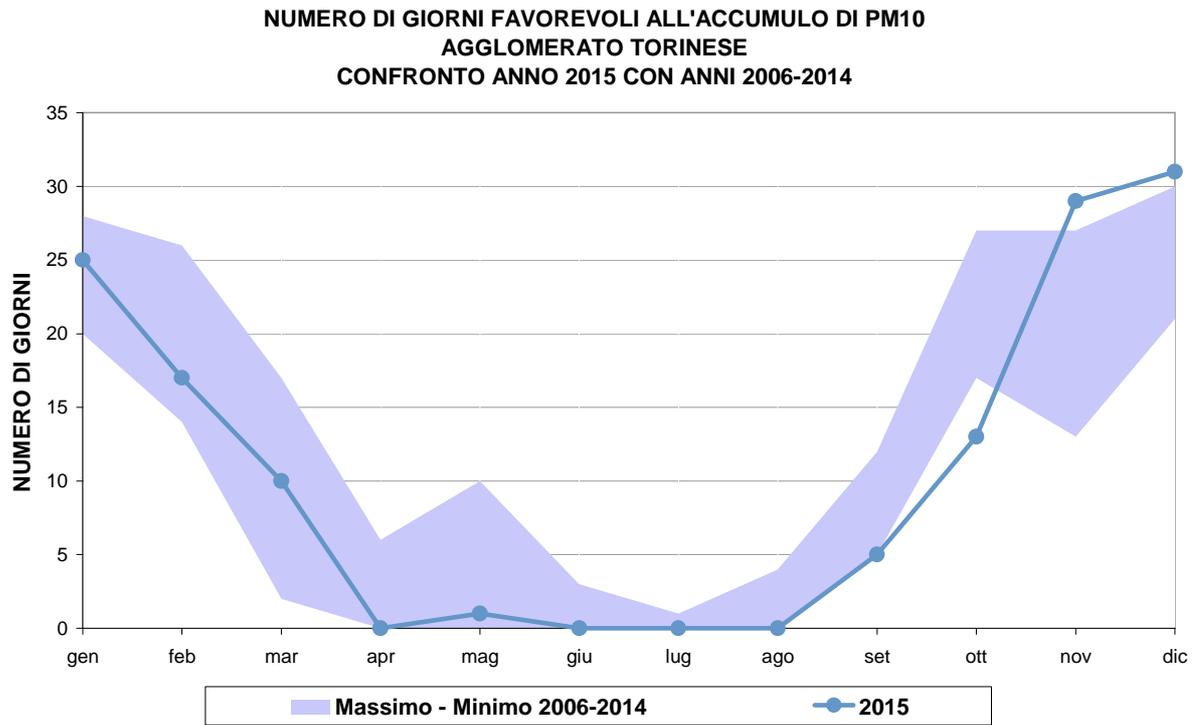


FIGURA 89: numero di giorni favorevole all'accumulo di PM10 – andamento mensile.

EMISSIONI INQUINANTI DEI VEICOLI A MOTORE

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

A. Bertello, Città metropolitana di Torino.

I LIMITI DI EMISSIONE DEI VEICOLI A MOTORE

I veicoli a motore sono ritenuti tra i maggiori responsabili dell'inquinamento atmosferico presente nelle aree urbane. In particolare, il censimento delle emissioni relativo all'anno 2010 redatto dalla Regione Piemonte secondo la metodologia Corinair, stima che il traffico contribuisca nella città di Torino alle emissioni di particolato primario (PM10) per il 81% e alle emissioni di ossidi di azoto (NO_x) per il 52%.

Poiché il problema è comune a tutte le grandi aree urbane, le Direttive Europee hanno cercato di affrontare la questione sia imponendo dei limiti sempre più restrittivi alle emissioni degli autoveicoli nuovi che richiedendo la commercializzazione di combustibili sempre più ecologici.

Si riporta di seguito una tabella che riassume il quadro delle emissioni associate alle diverse tipologie di veicoli a motore in relazione alle omologazioni ambientali. I valori sono stabiliti dalle Direttive Europee per le autovetture a benzina e diesel dal 1970 ad oggi, e dal Regolamento 715/2007 relativamente ai requisiti per i veicoli Euro 5 e Euro 6.

DIRETTIVA DI RIFERIMENTO	CO (g/km)		NO _x (g/km)		HC+NO _x (g/km)		HC (g/km)	PM10 (g/km)
	benz.	diesel	benz.	diesel	benz.	diesel	benz.	diesel
Direttiva 70/220 (1971-1974)	21,5				7,3			
Direttiva 74/290 (1975-1976)	18				6,5			
Direttiva 77/102 (1977-1978)	18				6,5			
Direttiva 78/665 (1979-1983)	14,2				5,7			
Direttiva 83/351 (1984-1992)	12				4,2			
Direttiva 88/436 (1988-1992)						1,6		0,27
Euro 1 (1993-1996) Dir. 91/441	2,72	2,72	-	-	0,97	0,97/1,36*	-	0,14/0,19*
Euro 2 (1997-2000) Dir. 94/12	2,2	1	-	-	0,5	0,7/0,9*	-	0,08/0,1*
Euro 3 (2001-2005) Dir. 98/69	2,3	0,64	0,15	0,5	-	0,56	0,2	0,05
Euro 4 (2006-2010) Dir. 98/69	1	0,5	0,08	0,25	-	0,3	0,1	0,025
Euro 5 (2011-09/2015) *** Reg. 715/07	1	0,5	0,06	0,18	-	0,23	0,1	0,005**
Euro 6 (09/2015-....) *** Reg. 715/07	1	0,5	0,06	0,08	-	0,17	0,1	0,005**

(*) Motori diesel a iniezione indiretta/iniezione diretta
(**) Il limite si applica anche a motori a benzina a iniezione diretta che operano sia in condizione magra che stechiometrica
(***) I limiti previsti per i veicoli a benzina dal reg. 715/2007 si applicano anche ai veicoli alimentati a GPL e Metano

TABELLA 38: limiti di emissione fissati dalle direttive europee per autovetture benzina e diesel.

Ogni nuova Direttiva ha fissato dei limiti inferiori di circa il 50% rispetto alla direttiva precedente e con la direttiva 98/69 sono stati introdotti contemporaneamente i due diversi standard, Euro 3 e Euro 4, obbligatori per le auto di nuova immatricolazione a partire rispettivamente dal 2001 e dal 2006, offrendo così l'opportunità ai costruttori di adeguare i loro modelli ai limiti individuati prima della loro obbligatorietà.

Contrariamente a quanto avvenuto in passato i limiti della "normativa Euro 5" non corrispondevano a un dimezzamento delle emissioni previste dalla norma Euro 4. In particolare l'emissione di PM dei veicoli Euro 5 è stata ridotta di 5 volte rispetto a quanto previsto per gli Euro 4 al fine di forzare l'adozione dei Filtri AntiParticolato (FAP) su tutti i veicoli di nuova immatricolazione; una decisione più blanda avrebbe infatti consentito il rispetto della norma con tecnologie meno efficaci. Le emissioni di ossidi di azoto previste dalla norma Euro 5 risultano, invece, pari a circa il 70% di quanto prescritto dalla Euro 4 poiché le case automobilistiche non sono riuscite a sviluppare una tecnologia abbastanza efficace per l'abbattimento di questi inquinanti. La norma Euro 6 agisce più efficacemente su questo inquinante e fissa un limite pari a circa un terzo rispetto a quanto previsto per i veicoli Euro 4.

Analizzando le emissioni dei veicoli Euro 6 con quelle dei veicoli "Pre-Euro" è evidente che l'evoluzione tecnologica delle marmitte catalitiche, dei filtri e dei sistemi di gestione elettronica della combustione hanno consentito una riduzione del carico inquinante dei veicoli compreso tra le 6 e le 50 volte, a seconda del parametro considerato.

Per comprendere l'impatto del traffico veicolare sulla qualità dell'aria è utile riportare anche un confronto tra i limiti delle emissioni di diverse tipologie di veicoli quali autovetture, ciclomotori, motocicli, e mezzi commerciali diesel di massa compresa tra i 1760 kg e i 3500 kg. Si è scelto per brevità di riportare in FIGURA 90 i limiti previsti per la somma di idrocarburi incombusti (HC) e ossidi di azoto (NO_x), che rappresentano una delle principali criticità in ambito urbano.

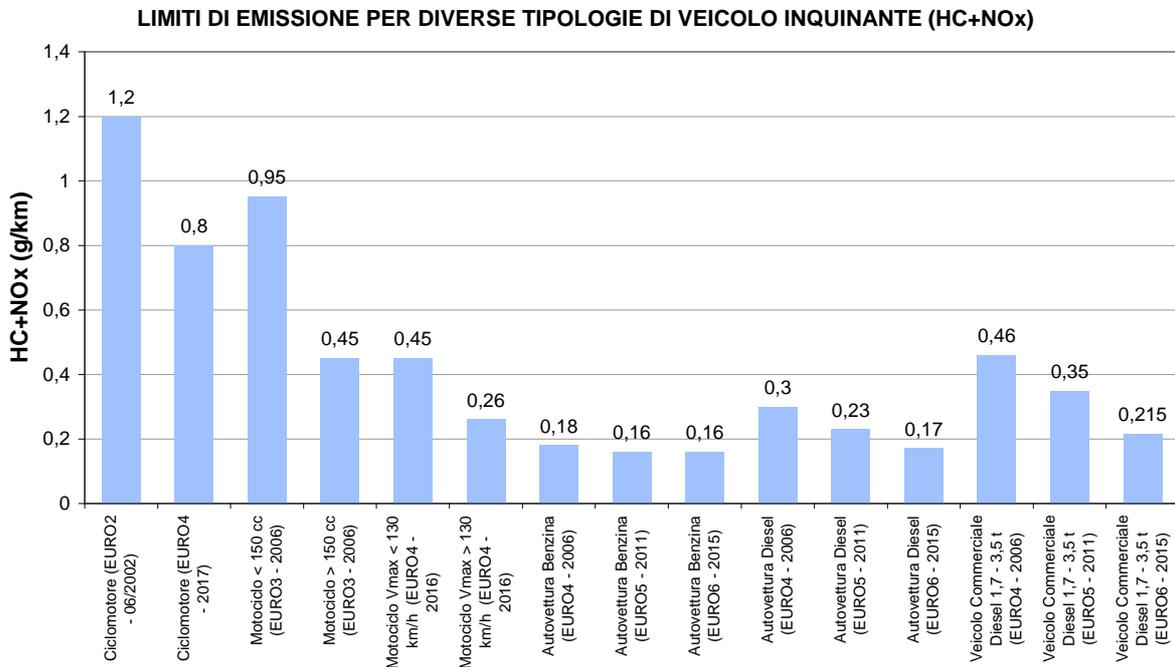


FIGURA 90: limiti di emissione definiti dalle normative più recenti per diverse tipologie di veicolo.

I ciclomotori risultano essere il mezzo più inquinante per la somma di questi due parametri mentre le autovetture a benzina quello più ecologico. Per gli autoveicoli sono infatti molto avanzate le tecnologie del controllo della combustione e del catalizzatore, che invece risultano di complessa applicazione sui ciclomotori e motocicli di piccola cilindrata.

IL PARCO VEICOLARE NELLA CITTA' METROPOLITANA DI TORINO

Si riportano di seguito per il periodo 2011-2015 i dati forniti dal servizio tributi della Regione Piemonte, relativi alla composizione del parco veicolare immatricolato sul territorio della Città metropolitana di Torino.

Dall'analisi dell'attuale composizione del parco veicolare e dalla sua evoluzione negli ultimi anni emergono alcune considerazioni:

- il numero di autoveicoli immatricolati nella Città metropolitana di Torino è diminuito di 77.687 unità rispetto al 2014, quello dei veicoli commerciali leggeri è diminuito di 6.304 unità sempre rispetto al 2014, per la prima volta dopo anni si osserva una contrazione del numero dei veicoli immatricolati;
- la somma degli autoveicoli Euro 4, Euro 5 ed Euro 6 rappresenta il 63% del totale, con un incremento del 4% rispetto allo scorso anno;
- viene confermata la tendenza alla diminuzione degli autoveicoli non ecologici, così come individuati dal piano di risanamento della qualità dell'aria (pre-Euro, Euro 1 diesel e Euro 2 diesel), la cui percentuale passa da 8,3% a 7,6%;
- rimane costante rispetto al 2014 la percentuale degli autoveicoli a gasolio (39,5%) mentre per quelli a GPL e a metano sale dall' 11,9% al 12,6%;
- i veicoli commerciali diesel ante Euro 4, sicuramente non dotati di filtro antiparticolato, sono ancora 76.693 e rappresentano il 47% del totale di quelli immatricolati.

		2011			2012			2013			2014			2015		
		numero														
Autoveicoli "pre-EURO"	numero	91.100	68.879	benzina	87.030	65.667	benzina	83.980	63.395	benzina	81.418	61.602	benzina	79.450	60.309	benzina
			13.843	gasolio		13.610	gasolio		13.358	gasolio		13.157	gasolio		13.016	gasolio
			8.378	GPL-CH ₄		7.753	GPL-CH ₄		7.227	GPL-CH ₄		6.659	GPL-CH ₄		6.125	GPL-CH ₄
	%	6,3	4,8	benzina	6,0	4,5	benzina	5,8	4,4	benzina	5,5	4,2	benzina	5,4	4,1	benzina
1,0	gasolio		0,9	gasolio												
0,6	GPL-CH ₄		0,5	GPL-CH ₄		0,5	GPL-CH ₄		0,5	GPL-CH ₄		0,4	GPL-CH ₄			
Autoveicoli "EURO 1"	numero	59.033	45.900	benzina	52.518	40.371	benzina	47.452	36.090	benzina	43.379	32.788	benzina	40.351	30.343	benzina
			7.796	gasolio		7.268	gasolio		6.857	gasolio		6.515	gasolio		6.295	gasolio
			5.337	GPL-CH ₄		4.879	GPL-CH ₄		4.505	GPL-CH ₄		4.076	GPL-CH ₄		3.713	GPL-CH ₄
	%	4,1	3,2	benzina	3,6	2,8	benzina	3,3	2,5	benzina	2,9	2,2	benzina	2,7	2,0	benzina
0,5	gasolio		0,5	gasolio		0,5	gasolio		0,4	gasolio		0,4	gasolio			
0,4	GPL-CH ₄		0,3	GPL-CH ₄												
Autoveicoli "EURO 2"	numero	284.602	211.948	benzina	259.293	191.976	benzina	235.639	173.038	benzina	216.104	157.891	benzina	197.534	143.678	benzina
			53.079	gasolio		48.127	gasolio		43.902	gasolio		40.500	gasolio		37.583	gasolio
			19.575	GPL-CH ₄		19.190	GPL-CH ₄		18.699	GPL-CH ₄		17.713	GPL-CH ₄		16.273	GPL-CH ₄
	%	19,8	14,8	benzina	17,9	13,3	benzina	16,2	11,9	benzina	14,7	10,7	benzina	13,3	9,7	benzina
3,7	gasolio		3,3	gasolio		3,0	gasolio		2,7	gasolio		2,5	gasolio			
1,4	GPL-CH ₄		1,3	GPL-CH ₄		1,3	GPL-CH ₄		1,2	GPL-CH ₄		1,1	GPL-CH ₄			
Autoveicoli "EURO 3"	numero	344.818	168.833	benzina	329.825	161.653	benzina	314.902	153.717	benzina	299.766	146.111	benzina	284.815	138.772	benzina
			165.472	gasolio		157.006	gasolio		148.969	gasolio		141.026	gasolio		133.540	gasolio
			10.513	GPL-CH ₄		11.166	GPL-CH ₄		12.216	GPL-CH ₄		12.629	GPL-CH ₄		12.503	GPL-CH ₄
	%	24,0	11,8	benzina	22,8	11,2	benzina	21,6	10,6	benzina	20,4	9,9	benzina	19,2	9,4	benzina
11,5	gasolio		10,9	gasolio		10,2	gasolio		9,6	gasolio		9,0	gasolio			
0,7	GPL-CH ₄		0,8	GPL-CH ₄		0,8	GPL-CH ₄		0,9	GPL-CH ₄		0,8	GPL-CH ₄			
Autoveicoli "EURO 4"	numero	583.952	254.044	benzina	561.065	241.322	benzina	552.319	233.364	benzina	538.577	225.972	benzina	525.867	220.059	benzina
			250.869	gasolio		238.775	gasolio		235.367	gasolio		227.904	gasolio		221.336	gasolio
			79.039	GPL-CH ₄		80.968	GPL-CH ₄		83.588	GPL-CH ₄		84.701	GPL-CH ₄		84.472	GPL-CH ₄
	%	40,7	17,7	benzina	38,8	16,7	benzina	37,9	16,0	benzina	36,6	15,3	benzina	35,5	14,9	benzina
17,5	gasolio		16,5	gasolio		16,2	gasolio		15,5	gasolio		14,9	gasolio			
5,5	GPL-CH ₄		5,6	GPL-CH ₄		5,7	GPL-CH ₄		5,8	GPL-CH ₄		5,7	GPL-CH ₄			
Autoveicoli "EURO 5"	numero	71.621	30.582	benzina	156.193	64.028	benzina	220.913	85.771	benzina	288.256	108.017	benzina	313.231	96.489	benzina
			36.726	gasolio		81.264	gasolio		108.431	gasolio		139.889	gasolio		170.943	gasolio
			4.313	GPL-CH ₄		10.901	GPL-CH ₄		26.711	GPL-CH ₄		40.350	GPL-CH ₄		45.799	GPL-CH ₄
	%	5,0	2,1	benzina	10,8	4,4	benzina	15,2	5,9	benzina	19,6	7,3	benzina	21,1	6,5	benzina
2,6	gasolio		5,6	gasolio		7,4	gasolio		9,5	gasolio		11,5	gasolio			
0,3	GPL-CH ₄		0,8	GPL-CH ₄		1,8	GPL-CH ₄		2,7	GPL-CH ₄		3,1	GPL-CH ₄			
Autoveicoli "EURO 6"	numero	54	1	benzina	107	0	benzina	536	288	benzina	5.281	3.168	benzina	39.903	29.643	benzina
			52	gasolio		106	gasolio		244	gasolio		1.556	gasolio		3.026	gasolio
			1	GPL-CH ₄		1	GPL-CH ₄		4	GPL-CH ₄		557	GPL-CH ₄		7.234	GPL-CH ₄
	%	0,0	0,0	benzina	0,0	0,0	benzina	0,0	0,0	benzina	0,4	0,2	benzina	2,7	2,0	benzina
0,0	gasolio		0,0	gasolio		0,0	gasolio		0,1	gasolio		0,2	gasolio			
0,0	GPL-CH ₄		0,0	GPL-CH ₄		0,0	GPL-CH ₄		0,0	GPL-CH ₄		0,5	GPL-CH ₄			

TABELLA 39: autoveicoli immatricolati nella città metropolitana di Torino dal 2010 al 2015, suddivisi per tipo di omologazione ambientale.

		2011			2012			2013			2014			2015		
Autocarri <3,5 t "pre-EURO"	numero	23.899	1.997	benzina	22.779	1.969	benzina	21.955	1.932	benzina	21.344	1.908	benzina	19.643	1.852	benzina
			21.574	gasolio		20.503	gasolio		19.725	gasolio		19.146	gasolio		17.548	gasolio
	%	14,7	328	GPL-CH ₄	13,6	307	GPL-CH ₄	13,1	298	GPL-CH ₄	12,6	290	GPL-CH ₄	12,0	243	GPL-CH ₄
			1,2	benzina		1,2	benzina		1,2	benzina		1,1	benzina		1,1	benzina
			13,3	gasolio		12,3	gasolio		11,8	gasolio		11,3	gasolio		10,7	gasolio
			0,2	GPL-CH ₄		0,1	GPL-CH ₄									
Autocarri <3,5 t "EURO 1"	numero	10.914	1.508	benzina	10.290	1.435	benzina	9.811	1.370	benzina	9.435	1.312	benzina	8.479	1.237	benzina
			9.246	gasolio		8.704	gasolio		8.292	gasolio		7.984	gasolio		7.120	gasolio
	%	6,7	160	GPL-CH ₄	6,2	151	GPL-CH ₄	5,8	149	GPL-CH ₄	5,6	139	GPL-CH ₄	5,2	122	GPL-CH ₄
			0,9	benzina		0,9	benzina		0,8	benzina		0,8	benzina		0,8	benzina
			5,7	gasolio		5,2	gasolio		4,9	gasolio		4,7	gasolio		4,4	gasolio
			0,1	GPL-CH ₄												
Autocarri <3,5 t "EURO 2"	numero	27.381	2.680	benzina	25.853	2.425	benzina	24.600	2.201	benzina	23.437	2.007	benzina	20.570	1.808	benzina
			24.341	gasolio		23.093	gasolio		22.084	gasolio		21.124	gasolio		18.470	gasolio
	%	16,8	360	GPL-CH ₄	15,5	335	GPL-CH ₄	14,7	315	GPL-CH ₄	13,8	306	GPL-CH ₄	12,6	292	GPL-CH ₄
			1,6	benzina		1,5	benzina		1,3	benzina		1,2	benzina		1,1	benzina
			15,0	gasolio		13,8	gasolio		13,2	gasolio		12,5	gasolio		11,3	gasolio
			0,2	GPL-CH ₄												
Autocarri <3,5 t "EURO 3"	numero	44.131	2.636	benzina	43.006	2.698	benzina	41.235	2.423	benzina	39.739	2.230	benzina	35.981	2.046	benzina
			41.068	gasolio		39.878	gasolio		38.391	gasolio		37.101	gasolio		33.555	gasolio
	%	27,1	427	GPL-CH ₄	25,7	430	GPL-CH ₄	24,6	421	GPL-CH ₄	23,4	408	GPL-CH ₄	22,0	380	GPL-CH ₄
			1,6	benzina		1,6	benzina		1,4	benzina		1,3	benzina		1,3	benzina
			25,3	gasolio		23,8	gasolio		22,9	gasolio		21,9	gasolio		20,5	gasolio
			0,3	GPL-CH ₄		0,3	GPL-CH ₄		0,3	GPL-CH ₄		0,2	GPL-CH ₄		0,2	GPL-CH ₄
Autocarri <3,5 t "EURO 4"	numero	49.762	1.460	benzina	52.380	1.450	benzina	47.869	1.366	benzina	45.483	1.325	benzina	42.297	1.261	benzina
			45.584	gasolio		48.223	gasolio		43.985	gasolio		41.810	gasolio		38.907	gasolio
	%	30,6	2.718	GPL-CH ₄	31,3	2.707	GPL-CH ₄	28,5	2.518	GPL-CH ₄	26,8	2.348	GPL-CH ₄	25,9	2.129	GPL-CH ₄
			0,9	benzina		0,9	benzina		0,8	benzina		0,8	benzina		0,8	benzina
			28,0	gasolio		28,8	gasolio		26,2	gasolio		24,6	gasolio		23,8	gasolio
			1,7	GPL-CH ₄		1,6	GPL-CH ₄		1,5	GPL-CH ₄		1,4	GPL-CH ₄		1,3	GPL-CH ₄
Autocarri <3,5 t "EURO 5"	numero	6.505	139	benzina	12.915	213	benzina	22.330	270	benzina	29.151	297	benzina	34.200	331	benzina
			5.385	gasolio		11.012	gasolio		19.051	gasolio		25.509	gasolio		30.614	gasolio
	%	4,0	981	GPL-CH ₄	7,7	1.690	GPL-CH ₄	13,3	3.009	GPL-CH ₄	17,2	3.345	GPL-CH ₄	20,9	3.255	GPL-CH ₄
			0,1	benzina		0,1	benzina		0,2	benzina		0,2	benzina		0,2	benzina
			3,3	gasolio		6,6	gasolio		11,4	gasolio		15,0	gasolio		18,7	gasolio
			0,6	GPL-CH ₄		1,0	GPL-CH ₄		1,8	GPL-CH ₄		2,0	GPL-CH ₄		2,0	GPL-CH ₄
Autocarri <3,5 t "EURO 6"	numero	0	0	benzina	3	0	benzina	207	2	benzina	1.053	39	benzina	2.168	95	benzina
			0	gasolio		3	gasolio		203	gasolio		63	gasolio		360	gasolio
	%	0,0	0	GPL-CH ₄	0	0	GPL-CH ₄	0,1	2	GPL-CH ₄	0,6	951	GPL-CH ₄	1,3	1.713	GPL-CH ₄
			0,0	benzina		0,1	benzina									
			0,0	gasolio		0,0	gasolio		0,1	gasolio		0,0	gasolio		0,2	gasolio
			0,0	GPL-CH ₄		0,0	GPL-CH ₄		0,0	GPL-CH ₄		0,6	GPL-CH ₄		1,0	GPL-CH ₄

TABELLA 40: veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) immatricolati nella città metropolitana di Torino dal 2010 al 2015, suddivisi per tipo di omologazione ambientale.

**AUTOVEICOLI IMMATRICOLATI IN PROVINCIA DI TORINO (2010-2015)
SUDDIVISIONE PER OMOLOGAZIONE AMBIENTALE
BANCA DATI REGIONE PIEMONTE**

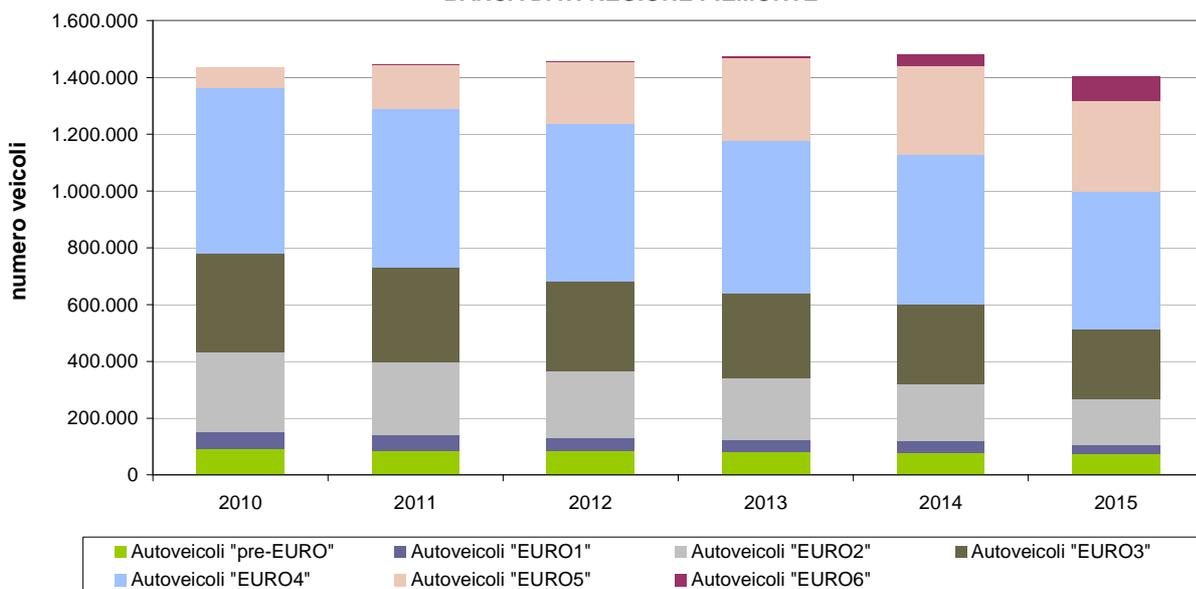


FIGURA 91: autoveicoli immatricolati nella città metropolitana di Torino dal 2010 al 2016, suddivisi per tipo di omologazione ambientale (Banca Dati di Regione Piemonte).

**AUTOCARRI (<3,5t) IMMATRICOLATI IN PROVINCIA DI TORINO (2010-2015)
SUDDIVISIONE PER OMOLOGAZIONE AMBIENTALE
BANCA DATI REGIONE PIEMONTE**

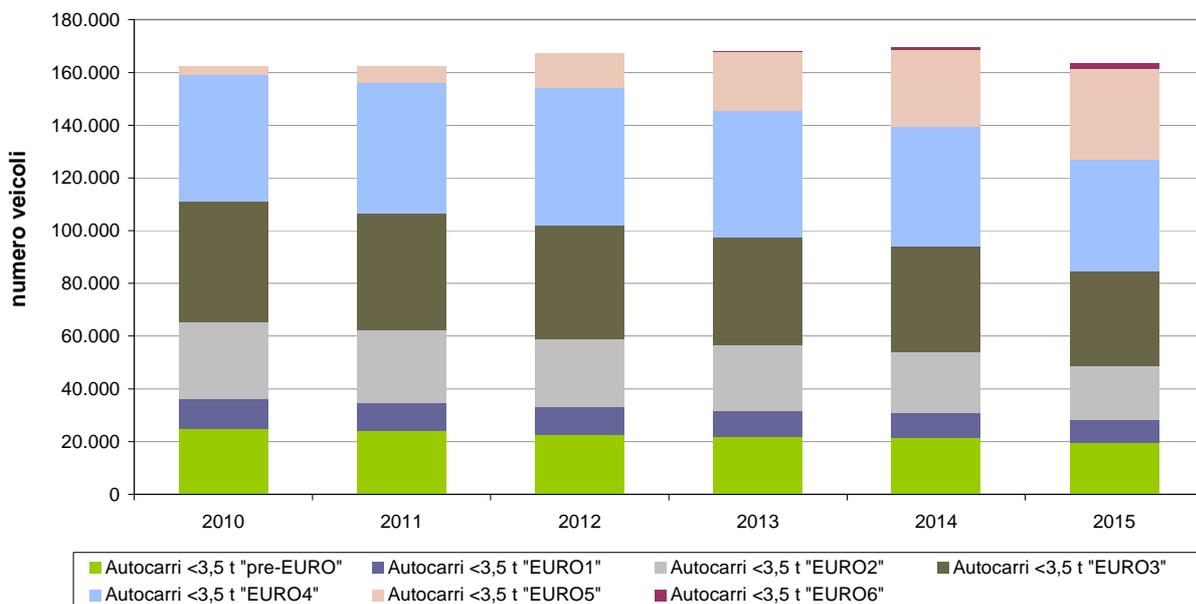


FIGURA 92: veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) immatricolati nella città metropolitana di Torino dal 2010 al 2015, suddivisi per tipo di omologazione ambientale (Banca Dati di Regione Piemonte).

IL CONTROLLO DELLE EMISSIONI DEI VEICOLI A MOTORE

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

A. Bertello, Città metropolitana di Torino.

PREMESSA

Gli autoveicoli e i veicoli commerciali sono responsabili di due tipi distinti di emissioni in atmosfera:

- gli inquinanti atmosferici, in particolare ossidi di azoto (NO_x) e particolato atmosferico, che hanno un effetto diretto sulla salute e possono essere causa di malattie respiratorie e cardiovascolari;
- il biossido di carbonio (CO₂), che è uno dei principali gas serra responsabili dei cambiamenti climatici e che ha un limitato effetto diretto sulla salute. Il trasporto su strada è la seconda fonte, dopo la produzione di energia, di emissioni di gas ad effetto serra nell'UE e contribuisce per circa un quinto delle emissioni totali di CO₂.

L'Unione Europea ha definito nel corso degli anni norme specifiche finalizzate sia alla riduzione dell'emissione degli inquinanti atmosferici sia alla riduzione dei biossido di carbonio.

Per limitare le emissioni inquinanti dal trasporto su strada sono stati definiti gli standard Euro entrati in vigore a partire 1992 per i veicoli pesanti, e dal 1993 per i veicoli leggeri. La legislazione europea stabilisce norme vincolanti per i produttori che hanno l'obbligo di mettere sul mercato veicoli a basse emissioni. Le Norme Euro, da 1 a 6 (per i veicoli leggeri) hanno progressivamente introdotto dei limiti più restrittivi come si osserva in FIGURA 93.

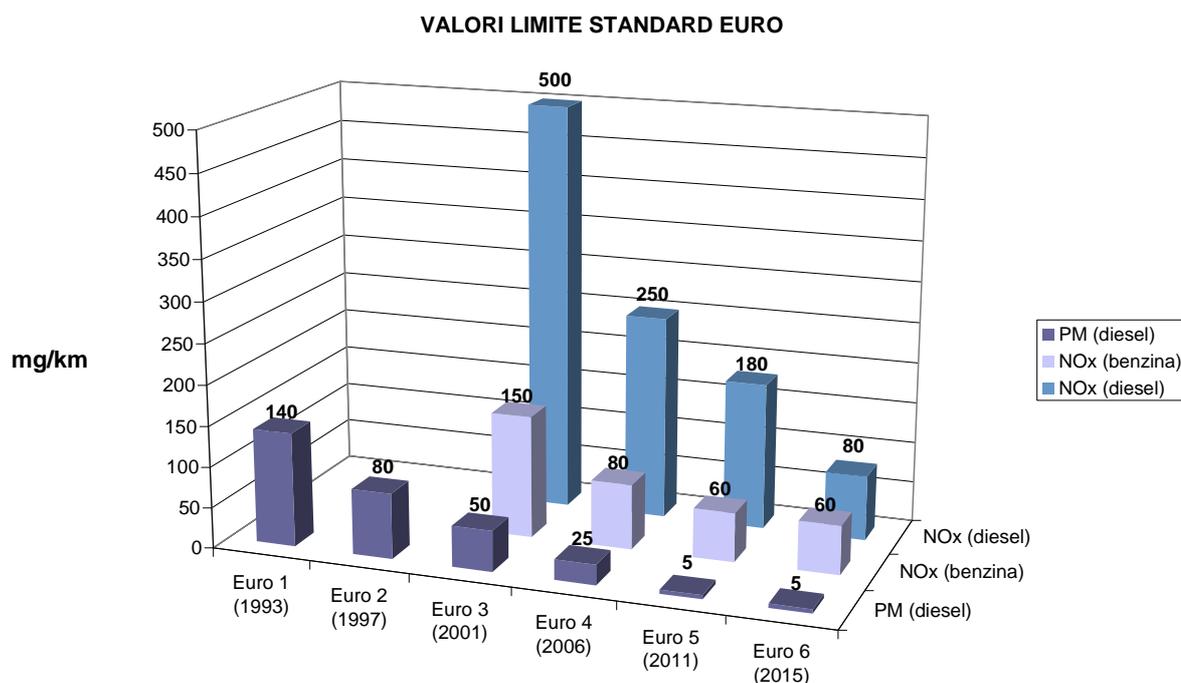


FIGURA 93: valori limite definiti negli standard Euro dal 1993 ad oggi.

Il regolamento n. 443/2009⁴² è invece la misura principale della strategia dell'UE per ridurre le emissioni di CO₂ dalle autovetture. Ai sensi del regolamento, l'emissione media di CO₂ delle automobili non deve superare i 130 g/km a partire dal 2015 e dovrebbe scendere ulteriormente a 95 g/km entro il 2020⁴³.

I valori emissivi di riferimento sono stabiliti per ogni auto in relazione alla sua massa e sulla base della curva del valore limite definita dal regolamento (FIGURA 94). La pendenza della curva del

⁴² Regolamento (CE) n. 443/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 aprile 2009, che definisce i livelli di prestazione in materia di emissioni delle autovetture nuove nell'ambito dell'approccio comunitario integrato finalizzato a ridurre le emissioni di CO₂ dei veicoli leggeri.

⁴³ Per i veicoli commerciali leggeri esiste un regolamento analogo che ha come obiettivo il raggiungimento di un'emissione media di 175 g CO₂/km a partire dal 2017 e con una successiva riduzione a 147 g CO₂/km entro il 2020 (Regolamento (UE) n. 510/2011 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 maggio 2011 che definisce i livelli di prestazione in materia di emissioni dei veicoli commerciali leggeri nuovi nell'ambito dell'approccio integrato dell'Unione finalizzato a ridurre le emissioni di CO₂ dei veicoli leggeri).

valore limite è impostata in modo tale che la flotta UE nel suo complesso raggiunga un'emissione media di 130 g/km di CO₂.

Ogni produttore ha un obiettivo individuale calcolato in base alla massa, calcolata come media pesata, di tutte le nuove vetture immatricolate in Europa in un dato anno. Al fine di rispettare il regolamento, i produttori di veicoli devono garantire che complessivamente tutte le auto vendute nel corso di un determinato anno non superino il valore derivato dalla curva del valore limite.

In questo modo viene regolata solo la media della flotta consentendo ai produttori di vendere veicoli con emissioni superiori agli obiettivi di riferimento a patto che questi sono compensati da altri veicoli con emissioni inferiori agli stessi.

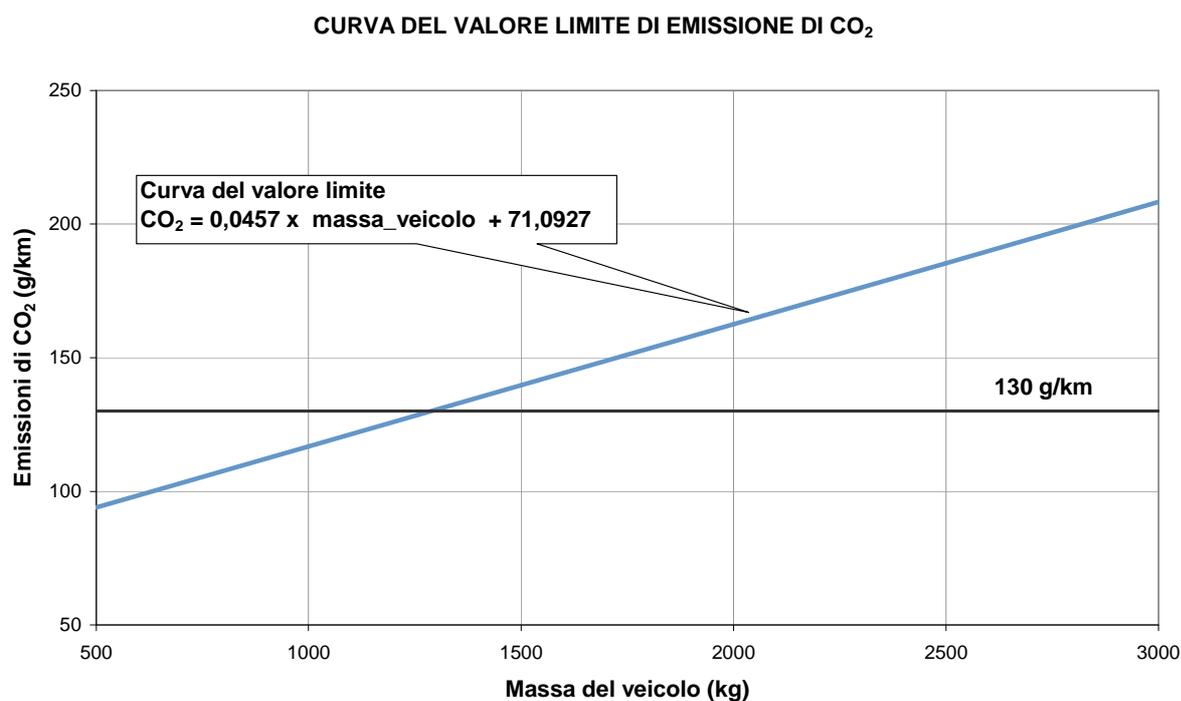


FIGURA 94: curva del valore limite di emissione di CO₂.

COME SONO MISURATE LE EMISSIONI

Misurare le emissioni dei veicoli è una procedura molto complessa. Vengono effettuate misurazioni standardizzate in laboratorio per verificare che i veicoli soddisfino i requisiti richiesti dalla norma per le emissioni di gas di scarico. Tuttavia le procedure ufficiali attualmente in uso in Europa non sono rappresentative delle condizioni di guida reali; questo scostamento dalla realtà comporta che le emissioni di inquinanti e di CO₂ nella guida di tutti i giorni sono più elevate di quanto dichiarato dalle case costruttrici dei veicoli.

Il rispetto della norma è verificato al momento dell'omologazione del veicolo prima della sua messa in circolazione attraverso la riproduzione su un banco a rulli di un ciclo di guida definito nelle direttive comunitarie e chiamato NEDC (New European Driving Cycle). La quantità media di inquinante emesso per ogni km percorso nelle condizioni del ciclo di guida deve essere inferiore al valore definito nello standard Euro di riferimento.

NEDC (New European Driving Cycle)

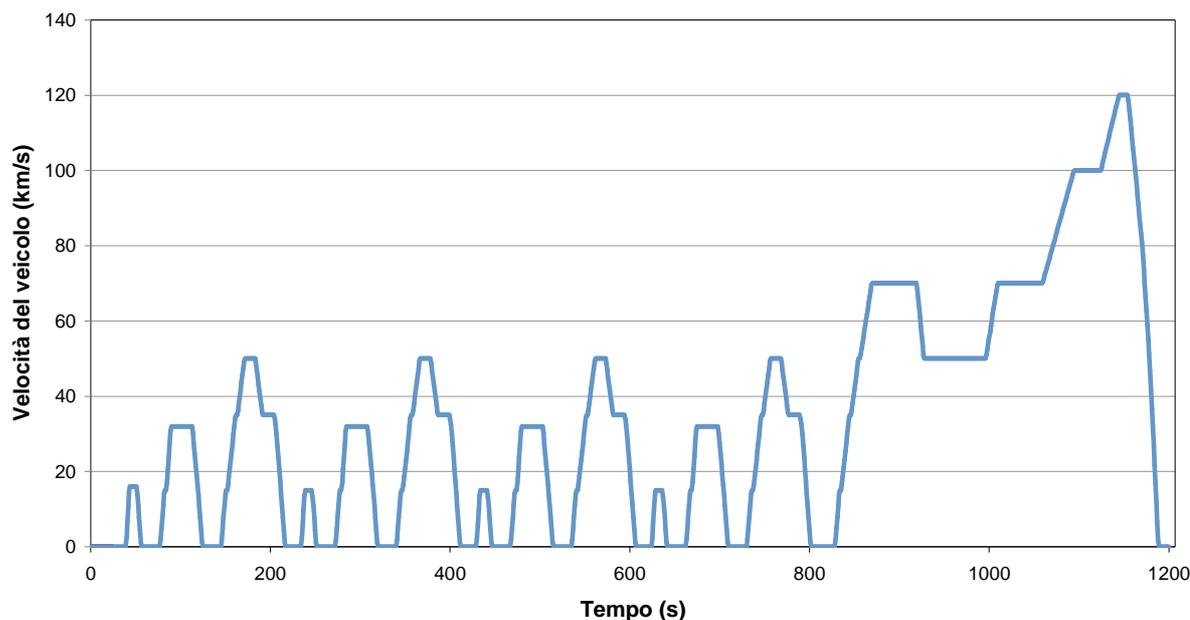


FIGURA 95: rappresentazione del nuovo ciclo di guida europeo NEDC (New European Driving Cycle).

La differenza fra le emissioni "reali" e quelle "legali" è principalmente dovuta a tre fattori principali:

1. la procedura di prova è obsoleta e non rispecchia la guida del mondo reale, il ciclo NECD risale al 1970 ed è stato aggiornato nel 1990 quando i veicoli erano molto più leggeri e meno potenti di quelli attualmente in circolazione;
2. i margini di flessibilità esistenti nelle attuali procedure di verifica che permettono ai produttori di ottimizzare le condizioni del test, i risultati in queste condizioni presentano un più basso consumo di carburante e minori emissioni di inquinanti;
3. le condizioni dell'uso reale dei veicoli che possono essere dipendenti dall'autista (ad esempio lo stile di guida) o dalle condizioni esterne (temperatura, pioggia, condizioni del manto stradale...).

Diversi studi europei raccolti dall'Agenzia europea dell'Ambiente in un opuscolo divulgativo⁴⁴ hanno dimostrato l'entità del divario tra le emissioni di CO₂ misurate secondo le procedure legislative e quelle effettive della guida reale. Tutti gli studi confermano questa differenza e la discrepanza tra le emissioni di CO₂ emesse durante le procedure di omologazione e quelle emesse nelle condizioni reali si attesta in un intervallo compreso fra il 10 e il 40%.

Per quanto riguarda invece le emissioni di sostanze inquinanti, la differenza fra le emissioni misurate durante i test di omologazione e quelle misurate nelle condizioni reali di guida sembra essere molto elevata ma limitata al solo parametro NO_x e alle sole vetture con alimentazione diesel. Le emissioni su strada di NO_x dei veicoli a benzina, così come quelle di CO e HC e particolato sia delle auto a benzina sia di quelle diesel rimangono, solitamente, all'interno dei loro limiti di emissione.

Recenti indagini condotte dai governi Britannico⁴⁵, Tedesco⁴⁶ e Francese⁴⁷ evidenziano nel dettaglio le principali difformità fra le emissioni di NO_x dei veicoli diesel misurate nelle condizioni di test e quelle nelle condizioni di guida reali e sono tutte concordi nell'indicare che queste ultime sono in media da 5 a 7 volte superiori per i veicoli Euro 5 ed Euro 6 (FIGURA 96).

⁴⁴ EEA 2016 "Explaining road transport emissions - A non-technical guide" -<http://www.eea.europa.eu/publications/explaining-road-transport-emissions>

⁴⁵ https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/535501/vehicle-emissions-testing-programme-web.pdf

⁴⁶ http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/Strasse/bericht-untersuchungskommission-volkswagen.pdf?__blob=publicationFile

⁴⁷ http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/2016-04-07_-_DP_Resultats_Commission_UTAC.pdf

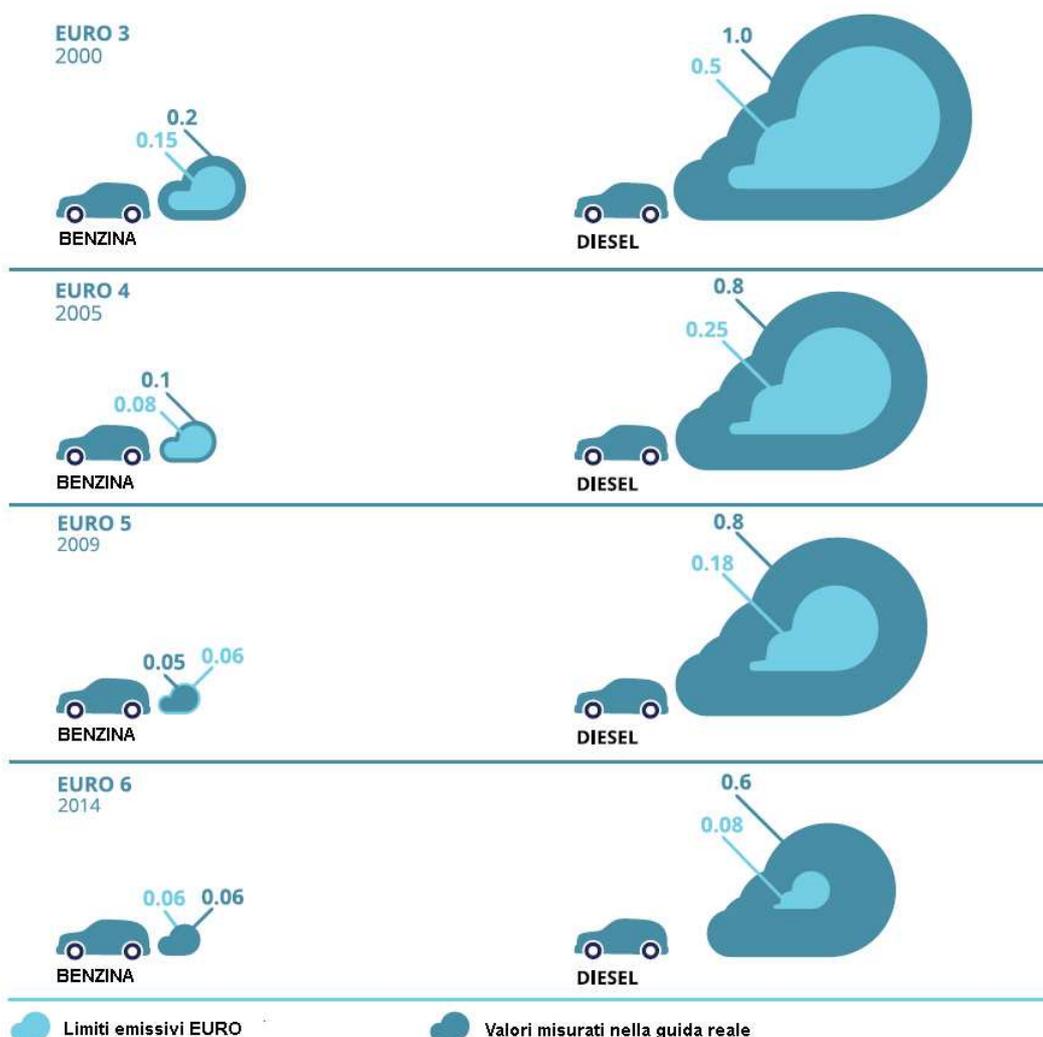


FIGURA 96: emissioni di ossidi di azoto (NO_x) misurate sui veicoli in condizioni di guida reali⁴⁸.

I DISPOSITIVI DI MANIPOLAZIONE E IL CASO VOLKSWAGEN

Nel mese di settembre 2015, l'Agenzia per la Protezione Ambientale degli Stati Uniti (US EPA) ha annunciato di avere emesso un avviso di violazione dei limiti di emissione dei veicoli contro la Volkswagen. Ciò è avvenuto dopo che l'EPA, insieme al California Air Resources Board, aveva indagato alcune autovetture diesel di media/bassa cilindrata prodotte da Volkswagen e aveva scoperto che nell'uso su strada di questi veicoli venivano emesse quantità di NO_x fino a 40 volte superiori di quanto consentito dalle norme statunitensi. La Volkswagen ha successivamente ammesso di utilizzare dei dispositivi di manipolazione "defeat device" per ridurre artificialmente le emissioni di NO_x durante le fasi di test.

I dispositivi di manipolazione comprendevano un software in grado di identificare quando un veicolo veniva testato monitorando diversi parametri quali la velocità, il funzionamento del motore, la pressione dell'aria e condizioni esterne (temperatura e umidità). Quando il software del motore riconosceva che il veicolo era nelle condizioni previste dai test di prova, le prestazioni del veicolo, il funzionamento del motore, del cambio e del catalizzatore erano ottimizzati al fine di garantire il rispetto degli standard di inquinamento. Tuttavia, una volta sulla strada, i sistemi per il controllo delle emissioni venivano ridotti o spenti comportando emissioni significativamente più elevate.

Volkswagen ha poi successivamente confermato di avere venduto anche in Europa veicoli diesel con lo stesso dispositivo di manipolazione.

Nel novembre 2015, l'EPA ha emesso un secondo avviso di violazione dopo aver scoperto che alcuni veicoli diesel di più grande cilindrata prodotti dal gruppo Volkswagen utilizzavano analoghi dispositivi di manipolazione.

⁴⁸ Immagine adattata da : ICCT, 2014; Emisia, 2015.

Volkswagen ha inoltre separatamente ammesso che il consumo di carburante e i valori di emissione di CO₂ erano stati indicati per alcuni modelli in modo non corretto. La società ha recentemente richiamato e sta revisionando i veicoli interessati da queste problematiche.

A seguito di questo "scandalo" diversi Stati Membri dell'UE hanno o stanno indagando in modo indipendente le emissioni su strada dei veicoli diesel Volkswagen, così come quelli di altri produttori. I risultati di queste indagini sono al momento sconfortanti in quanto appare che, nonostante non siano stati individuati ad oggi dispositivi di manipolazione così palesemente irregolari come quelli utilizzati dal gruppo Volkswagen, quasi tutti i costruttori mettano in commercio veicoli diesel conformi ai limiti emissivi di NO_x solo nelle condizioni di test.

LE AZIONI PER SUPERARE IL PROBLEMA

In considerazione del fatto che le emissioni misurate nel ciclo di test di laboratorio non riflettono le emissioni dei veicoli in condizioni di guida su strada la Commissione Europea ha lavorato per sviluppare procedure efficaci per la verifica delle emissioni dei veicoli nella guida reale (RDE – Real Driving Emissions).

Una volta apparso chiaro che la procedura di prova prevista dal regolamento 715/2007⁴⁹ non rifletteva le emissioni reali di guida di veicoli, la Commissione Europea ha deciso nel 2010 di affrontare questa situazione, affiancando al test di laboratorio una nuova procedura di verifica che fosse in grado di catturare l'ampia gamma di condizioni che si verificano nella guida reale. A tale proposito è stato istituito uno specifico gruppo di lavoro, composto da operatori del settore e dai rappresentanti degli Stati Membri, per sviluppare una procedura di prova adeguata a valutare direttamente le emissioni degli autoveicoli in condizioni di guida reali. Il gruppo di lavoro ha valutato due procedure: un ciclo di prova randomizzato e l'uso di sistemi di misurazione di emissione portatili (PEMS – Portable Emissions Monitoring System). A seguito di un'analisi approfondita di entrambi gli approcci, la prova su strada con un dispositivo portatile è stato giudicato più adeguato per coprire meglio la vasta gamma di condizioni di guida reali.

La nuova procedura di prova RDE è stata votata a maggio 2015 dagli Stati Membri riuniti nel comitato di regolamentazione competente (Comitato Tecnico per Veicoli a Motore - CTVM). La procedura RDE affiancherà la procedura di laboratorio per verificare che i livelli di emissione di ossidi di azoto (NO_x), e in una fase successiva anche il numero di particelle (PN), misurati durante il test di laboratorio siano confermati in condizioni di guida reali. Ciò significa che la macchina sarà guidata all'esterno, su strada, e secondo schemi di accelerazione e decelerazione casuali. Le emissioni di inquinanti saranno misurate dai sistemi di misurazione delle emissioni portatili (PEMS) che saranno installati sulla macchina. Il test RDE ridurrà notevolmente le differenze osservate tra le emissioni misurate in laboratorio e quelle misurate in condizioni reali, e in gran parte limiterà il rischio di aggirare i limiti con dei dispositivi di manipolazione.

Nell'ottobre 2015 il CTVM ha successivamente votato le modalità di entrata in vigore della nuova procedura di prova RDE definendo che il nuovo test RDE avrà un impatto vincolante per le omologazioni rilasciate dalle autorità di omologazione nazionali (TAA) da settembre 2017 per tutti i nuovi modelli di autovettura e da settembre 2019 per tutti i veicoli nuovi. Considerando le difficoltà tecniche per migliorare le prestazioni nelle condizioni di guida reali delle vetture diesel attualmente prodotte, gli Stati membri hanno convenuto che le case automobilistiche dovranno ridurre la divergenza tra il limite regolamentare, che viene testato in condizioni di laboratorio, ed i valori della procedura RDE, misurati quando il macchinista è guidato da un autista su una strada reale (il cosiddetto "fattore conformità") in due fasi:

1. in una prima fase, i produttori di automobili dovranno abbattere la discrepanza di un fattore di conformità di massimo 2,1 (110%); per i nuovi modelli entro settembre 2017, per tutti i nuovi veicoli entro settembre 2019;
2. in una seconda fase, questa discrepanza sarà ridotta a un fattore di 1,5 (50%); entro gennaio 2020 per i nuovi modelli, da gennaio 2021 per tutti i nuovi veicoli.

Poiché questo atto giuridico è un regolamento della Commissione soggetto alla procedura di controllo normativo, il testo è stato poi presentato al Consiglio e al Parlamento europeo. Il Parlamento dopo ampia discussione ha votato contro una risoluzione di veto il 3 febbraio 2016, dando il via libera al pacchetto. Il Consiglio ha deciso di non opporsi alla sua adozione nel corso

⁴⁹ Regolamento (CE) n. 715/2007 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 20 giugno 2007, relativo all'omologazione dei veicoli a motore riguardo alle emissioni dai veicoli passeggeri e commerciali leggeri (Euro 5 ed Euro 6) e all'ottenimento di informazioni sulla riparazione e la manutenzione del veicolo

della riunione del 12 febbraio 2016. A seguito di questa decisione del Consiglio, la Commissione potrà adottare il regolamento.

LA COMMISSIONE D'INCHIESTA SULLA MISURAZIONE DELLE EMISSIONI NEL SETTORE AUTOMOBILISTICO

Facendo seguito alla scoperta fatta negli Stati Uniti che il gruppo Volkswagen ha utilizzato un software per ridurre le emissioni di NO_x durante i test, il Parlamento Europeo ha votato una risoluzione nel mese di ottobre 2015 nella quale viene richiesta un'indagine approfondita sul ruolo e sulle responsabilità della Commissione Europea e degli Stati membri, chiedendo loro di rivelare ciò che sapevano di queste violazioni e quali azioni sono state adottate in seguito.

Il Parlamento, nel gennaio 2016 ha nominato i 45 membri della commissione d'inchiesta che indagherà:

- sul presunto inadempimento da parte della Commissione nella definizione dei cicli di prova utilizzati per misurare le emissioni;
- sulla presunta mancata adozione, da parte della Commissione e delle autorità degli Stati membri, di misure appropriate ed efficaci per sorvegliare e rendere effettiva l'applicazione dell'esplicito divieto dell'uso di "impianti di manipolazione";
- sulla presunta omissione, da parte della Commissione, della tempestiva introduzione di prove che riflettano le condizioni reali di guida;
- sulla mancata introduzione, da parte degli Stati membri, di sanzioni effettive, proporzionate e dissuasive applicabili ai costruttori per le violazioni delle disposizioni del regolamento;
- sulle informazioni per appurare se la Commissione e gli Stati membri disponevano di elementi di prova dell'uso di "meccanismi di manipolazione" prima dell'avviso di violazione emesso dal dall'US-EPA il 18 settembre 2015.

La commissione di inchiesta si è insediata il 2 marzo 2016 e presenterà una relazione intermedia entro un termine di 6 mesi dall'inizio dei suoi lavori e la sua relazione finale entro un anno. I lavori della commissione, i documenti analizzati, le registrazioni delle audizioni e tutto il materiale di supporto sono disponibili sul sito web della commissione all'indirizzo web <http://www.europarl.europa.eu/committees/en/emis/home.html>.



<http://www.cittametropolitana.torino.gov.it>



<http://www.arpa.piemonte.it>