



# Uno sguardo all'aria

2013







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

Anno 2013

**Testi ed elaborazioni a cura di:**

**Provincia di Torino – Area Risorse Idriche e Qualità dell’Aria - Servizio Qualità dell’Aria e Risorse Energetiche:**

F. Pavone, A. Bertello, D. Maria.

**ARPA Dipartimento di Torino:**

C. Bussi, F. Lollobrigida, A. Bruno, G. Castrogiovanni, M. Maringo, L. Milizia, F. Pittarello, F. Romeo, M. Sacco

**ARPA Dipartimento Sistemi Previsionali:**

M. Nicoletta, G. Paesano, S. Bande

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

**ARPA Dipartimento di Torino:**

C.Bugnone, M.Cadeddu, M.Carrera, L.Corino, A.D'Agostino, S.Dignani, M.Di Martino, C.Duretti, P.Giansanti, G.Giove, V.Guelpa, D.Marangon, C.Montalcino, M.Nurra, F.Pitasi, V.Sciortino, R.Sergi, 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.

## INDICE

SOMMARIO .....	6
LA RETE DI MONITORAGGIO OPERANTE SUL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI TORINO .....	7
MONOSSIDO DI CARBONIO.....	9
DESCRIZIONE .....	9
ESAME DEI DATI .....	9
BIOSSIDO D'AZOTO.....	11
DESCRIZIONE .....	11
ESAME DEI DATI .....	11
BIOSSIDO DI ZOLFO .....	18
DESCRIZIONE .....	18
ESAME DEI DATI .....	18
OZONO .....	21
DESCRIZIONE .....	21
ESAME DEI DATI .....	22
BENZENE.....	27
DESCRIZIONE .....	27
ESAME DEI DATI .....	27
PARTICOLATO SOSPESO .....	29
DESCRIZIONE .....	29
ESAME DEI DATI .....	29
STUDIO DELLA CONCENTRAZIONE NUMERICA DI PARTICELLE ULTRAFINI NELL'AREA METROPOLITANA TORINESE – RISULTATI ANNO 2013 E CONFRONTO CON MISURE IN QUOTA.....	37
INTRODUZIONE .....	37
ESAME DEI DATI RELATIVI ALL'ANNO 2013.....	37
CONFRONTO TRA LE MISURE IN QUOTA E AL SUOLO .....	43
INFLUENZA DELLA PIOGGIA SULLE CONCENTRAZIONI .....	46
CONCLUSIONI.....	47
L'EPISODIO DI PM10 E PM2,5 DEL 19-20 OTTOBRE 2013 .....	48
PREMESSA .....	48
ANALISI DEI DATI DI COMPOSIZIONE DEL PARTICOLATO NEL CORSO DELL'EPISODIO .....	48
INTERPRETAZIONE DELL'EPISODIO .....	51
CONCLUSIONI.....	54
VALUTAZIONE DATI MUTAGENESI CAMPAGNA 2013 .....	55
CONSIDERAZIONI FINALI.....	57
METALLI .....	59
DESCRIZIONE .....	59
ESAME DEI DATI .....	60
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI.....	64
DESCRIZIONE .....	64
ESAME DEI DATI .....	64
LA STAZIONE MOBILE DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA .....	68
CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'ANNO 2013 .....	71
IL CLIMA DEL 2013 .....	71
I DATI METEO MISURATI NEL 2013.....	87
L'INDICE "NUMERO DI GIORNI FAVOREVOLI ALL'ACCUMULO DI PM10" .....	92
EMISSIONI INQUINANTI DEI VEICOLI A MOTORE .....	94
I LIMITI DI EMISSIONE DEI VEICOLI A MOTORE .....	94
IL PARCO VEICOLARE IN PROVINCIA DI TORINO .....	95
VALUTAZIONI SULL'ACCURATEZZA DELLE INFORMAZIONI SULLO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA COMUNICATE PER MEZZO DELL'INDICE PREVISIONALE DI QUALITÀ DELL'ARIA.....	99
COS'È L'IPQA .....	99
VALUTAZIONE DELLE INFORMAZIONI PUBBLICATE .....	100

## SOMMARIO

I dati rilevati nell'ultimo decennio dalle stazioni di rilevamento della qualità dell'aria operanti in provincia di Torino e gestite da ARPA Piemonte evidenziano una complessiva e significativa tendenza al miglioramento e contestualmente confermano la nota criticità del territorio in questione.

Dei 12 inquinanti per i quali la normativa stabilisce dei valori di riferimento, 7 rispettano ampiamente i limiti su tutto il territorio provinciale. PM10, PM2,5 e biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), presentano superamenti dei valori limite in numerosi punti di misura. L'ozono (O<sub>3</sub>) conferma la propria criticità nei mesi estivi in tutti i punti di misura del territorio provinciale. Il benzo(a)pirene presenta lievi superamenti del valore obiettivo nelle stazioni di traffico dell'agglomerato torinese.

Nell'anno 2013 il valore limite orario e quello su base annuale del biossido di azoto sono stati rispettati rispettivamente nel 95% e nel 67% dei punti di misura.

Per quanto riguarda il PM10 il valore limite giornaliero è stato rispettato nel 35% dei punti di misura, quello annuale nel 88%. Solo le stazioni ubicate in area collinare o valliva rispettano entrambi i limiti. La situazione è di fatto analoga per il particolato più fine PM2,5 dove il 37% delle stazioni rispetta il valore limite.

Il valore obiettivo per la protezione della salute dell'ozono è stato superato in tutti i punti di misura.

I valori più elevati si riscontrano nell'area urbana torinese per PM10, PM2,5 e biossido di azoto e nelle aree rurali e di quota per l'ozono.

Il 2013 mostra una decisa tendenza al miglioramento per il biossido di azoto, PM10 e PM2,5. Tale miglioramento si ritiene sia principalmente imputabile ad una riduzione delle emissioni inquinanti. Le condizioni dispersive dell'atmosfera, pur essendo state abbastanza favorevoli nel 2013, rientrano nella media dell'ultimo periodo e non sono tali da giustificare da sole un così netto miglioramento.

## LA RETE DI MONITORAGGIO OPERANTE SUL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI TORINO

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

*F. Romeo, F.Lollobrigida (Arpa Piemonte, Dipartimento di Torino)*

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria, operante sul territorio della provincia di Torino e gestita da Arpa Piemonte, è composta da 20 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 l'indicazione "beta ( $\beta$ )" oppure nulla in relazione ai metodi di misura utilizzati.

Nel primo caso 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.

Nel secondo caso 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 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.

A partire dal mese di ottobre 2012 il Dipartimento di Torino di Arpa Piemonte ha preso in gestione la stazione fissa ubicata nel comune di Beinasco presso il giardino pubblico Aldo Mei, installata da TRM S.p.A. in forza di una delle prescrizioni autorizzative emanate dalla Provincia di Torino in relazione al termovalorizzatore del Gerbido.

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 <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , CO, PM10 <sub>β</sub> , Deposimetro IPA	Fondo-rurale
Beinasco	Via S. Pellico, 5 – Beinasco	NO <sub>x</sub>	Fondo-urbano
Beinasco (TRM) (1)	Via San Giacomoc/o giardino pubblico Aldo Mei	NO <sub>x</sub> , PM10, PM10 β, PM2,5 β, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P BTX Campionatore PCDD/DF, Deposimetro Metalli/IPA, Deposimetro Hg, Deposimetro PCDD/DF, Misuratore mercurio gassoso	Fondo-suburbano
Borgaro	Via Italia – Borgaro	NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM10, PM2,5, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX	Fondo-suburbano
Carmagnola	P.zza I Maggio – Carmagnola	NO <sub>x</sub> , CO, PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Traffico-urbano
Ceresole Reale	c/o centrale idroelettrica	NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM10 <sub>β</sub> , PM2,5 <sub>β</sub> , (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Fondo-rurale
Chieri	Via Bersezio – Chieri	NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM2,5	Fondo-suburbano
Collegno	C.so Francia, 137 - Collegno	NO <sub>x</sub> , PM10	Traffico-urbano
Druento	Cascina Peppinella – Druento	NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Fondo Rurale
Grugliasco	Viale Radich 8/12	NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub>	Fondo-urbano
Ivrea	Viale della Liberazione, 1 – Ivrea	NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM10, PM2,5, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Fondo-suburbano
Leini (GDF) (1)	Via vittime di Bologna, 12 - Leini	NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , CO, PM10 <sub>β</sub> , PM2,5 <sub>β</sub>	Fondo-suburbano
Mezzo Mobile		NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , CO, SO <sub>2</sub> , PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX	
Orbassano	Via Gozzano – Orbassano	NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub>	Fondo-suburbano
Oulx	Via Roma – Oulx	NO <sub>x</sub> , CO, PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Traffico-suburbano
Pinerolo	P.zza III Alpini, 1 – Pinerolo	NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM10	Fondo-urbano
Settimo T.se	Via Milano, 31 – Settimo	NO <sub>x</sub> , CO, PM10, PM2,5, BTX, B(a)P	Traffico-urbano
Susa	P.zza della Repubblica – Susa	NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Fondo-suburbano
To-Consolata	Via Consolata, 10 – Torino	NO <sub>x</sub> , CO, SO <sub>2</sub> , PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX, PTS	Traffico-urbano
To-Grassi	Via P. Veronese – Torino	PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Traffico-urbano
To-Lingotto	Via A. Monti, 21 – Torino	NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM10-PM10 <sub>β</sub> , PM2,5, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX	Fondo-urbano
To-Rebaudengo	P.zza Rebaudengo, 23 - Torino	NO <sub>x</sub> , CO, SO <sub>2</sub> , (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX, PM10 <sub>β</sub>	Traffico-urbano
To-Rubino	Via Rubino -Torino	NO <sub>x</sub> , CO, PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX	Fondo-urbano
Vinovo	Via Garibaldi, 3 – Vinovo	NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , 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 <sub>x</sub>	Ossidi di azoto
O <sub>3</sub>	Ozono
PM10	Particolato sospeso < 10 μm
PM2,5	Particolato sospeso < 2,5 μm
PTS	Polveri totali sospese
SO <sub>2</sub>	Biossido di zolfo

TABELLA 2: descrizione dei codici dei parametri.



## MONOSSIDO DI CARBONIO

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

*D. Maria, Provincia di Torino, F. Lollobrigida, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.*

### DESCRIZIONE

Il carbonio, legandosi all'ossigeno, forma due composti (ossidi): il monossido di carbonio (CO) ed il biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>).

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/m<sup>3</sup>), a differenza degli altri parametri inquinanti misurati in µg/m<sup>3</sup> 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 e 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 <sup>3</sup>	1 gennaio 2005

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

### ESAME DEI DATI

I dati relativi al 2013 evidenziano concentrazioni medie annuali comprese fra 0,5 e 1,5 mg/m<sup>3</sup>. Si conferma una mancanza assoluta di superamenti del limite di protezione della salute umana di 10 mg/m<sup>3</sup>, calcolato come media mobile trascinata su otto ore (D.Lgs. 155/2010).

A partire dai primi anni 80 le misurazioni del CO riportano concentrazioni medie nella stazione di To-Rebaudengo in nettissimo calo. 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 a tre vie.

A partire dal 2010 si registra nella stazione di To-Rebaudengo un aumento rispetto al triennio 2007-2009 e una lieve tendenza all'incremento; le concentrazioni assolute rimangono peraltro molto basse e non destano preoccupazione.

**CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI CO  
1980 - 2013**

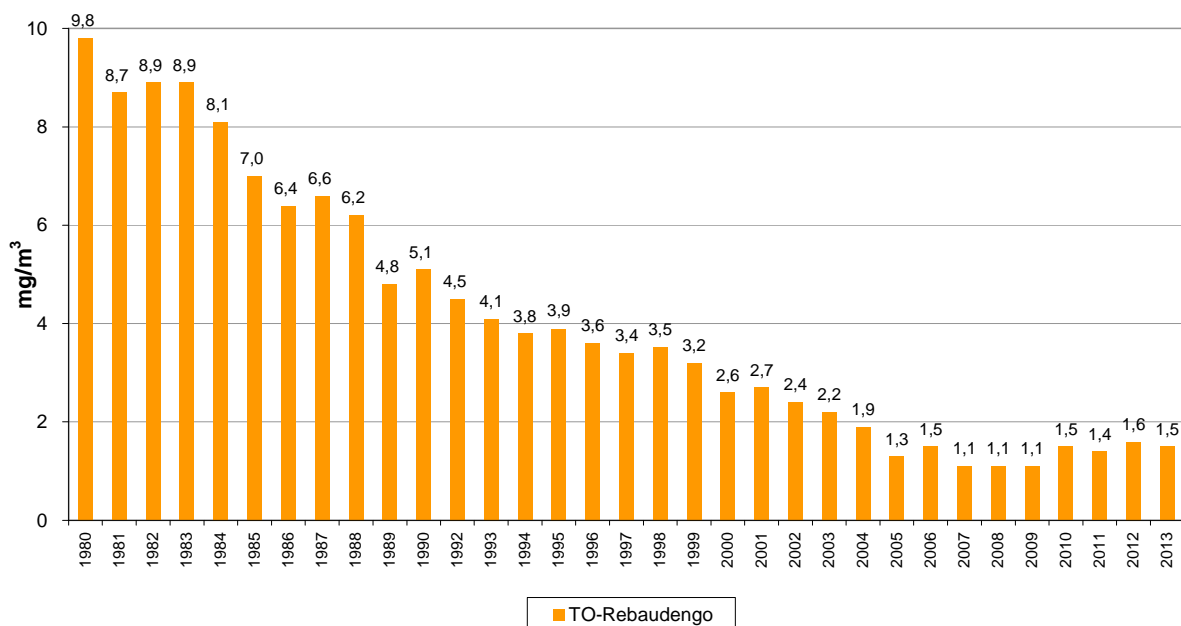


FIGURA 1: parametro CO, concentrazioni medie annuali rilevate presso la stazione di To-Rebaudengo dal 1980 al 2013.

STAZIONE	Rendimento strumentale 2013 (% 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										
		'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13		
Baldissero	100%				0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	<b>0,5</b>				0	0	0	0	0	0	<b>0</b>		
Carmagnola	97%								1,1*	0,7	<b>0,7</b>							0*	0*	<b>0</b>			
Leini	98%				0,5*	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	<b>0,6</b>				0*	0	0	0	0	0	<b>0</b>		
Oulx	94%			0,3*	0,4	0,4*	0,4	0,5*	0,5	0,5	<b>0,6</b>			0*	0	0*	0	0*	0	0	<b>0</b>		
Settimo	98%	1,1*	1,0	1,1	1,0	0,8	0,9	1	1	1,3	<b>1</b>	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>		
To-Consolata	100%	1,5	1,4	1,2	1,2	1,1	1,2	1,3	1,3	1,3	<b>1,2</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>		
To-Rebaudengo	98%	1,9	1,3	1,5	1,1	1,1	1,1	1,5	1,4	1,6	<b>1,5</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>		
To-Rubino	99%				0,6*	0,7	0,7	1	1	1,1	<b>1,3</b>				0	0	0	0	0	0	<b>0</b>		

\*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:*

*Laura Milizia - ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.*

### DESCRIZIONE

Gli ossidi di azoto (N<sub>2</sub>O, NO, NO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub>) 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<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> 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 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> 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 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub>	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 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>x</sub>	
SOGLIA DI ALLARME PER IL BISSIDO DI AZOTO		
400 µg/m <sup>3</sup> (293°K e 101,3 kPa) misurati su tre ore consecutive in località rappresentative della qualità dell'aria su almeno 100 km <sup>2</sup> 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

Da una prima analisi dei dati del 2013, riportati in FIGURA 2 ed in TABELLA 6, si osserva una generale riduzione dei valori medi annui rispetto all'anno precedente. Per quasi tutte le stazioni, ad eccezione di Beinasco e Leinì, la concentrazione media annua del biossido di azoto si riduce o nel peggiore dei casi resta sostanzialmente invariata rispetto all'anno precedente. Tale quadro è particolarmente confortante se si considera che già nel 2012 si era registrato un complessivo miglioramento dei livelli di Biossido di Azoto registrati rispetto al precedente anno.

La stazione di Collegno presenta anch'essa un peggioramento del valore medio rispetto all'anno precedente, ma va evidenziato che la media del 2012 è stata calcolata senza i dati di gennaio e buona parte di febbraio, mesi questi ultimi generalmente critici per l'NO<sub>2</sub>, pertanto è verosimile ipotizzare che tale valore medio fosse sottostimato.

La stazione di To-Consolata presenta una sostanziale stabilità, passando da una media di 59 a 60 µg/m<sup>3</sup>; il valore medio annuale risulta comunque inferiore rispetto al valore medio di biossido di azoto rilevato negli ultimi dieci anni, che si attesta tra i 65 ed i 72 µg/m<sup>3</sup>.

Le altre due stazioni attive dell'area metropolitana (To-Rebaudengo e To-Rubino) mostrano una riduzione della media annuale che va dal 8% al 14%.

La stazione di Beinasco passa da una media annuale di 33 a 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , inferiore rispetto al valore medio di biossido di azoto (valutato negli ultimi dieci anni) compreso tra i 37 ed i 55  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . La stazione di Leini registra un valore medio pari a 33  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (rispetto a 28  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  del 2012) confermando quindi un valore medio di biossido di azoto che oscilla tra i 30 ed i 38  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  se si considerano gli ultimi sette anni.

Nel complesso cinque stazioni su 21 presentano un valore medio annuale che non varia sostanzialmente rispetto al 2012, Ivrea, Borgaro, Oulx, To-Consolata e To-Lingotto; quest'ultima però nel 2012 presentava una percentuale di dati validi inferiore all'indice fissato dal DLgs 155/2010. Complessivamente nel corso del 2013 il limite annuale per la protezione della salute umana è stato superato nel 30% delle stazioni in cui viene misurato il biossido di azoto.

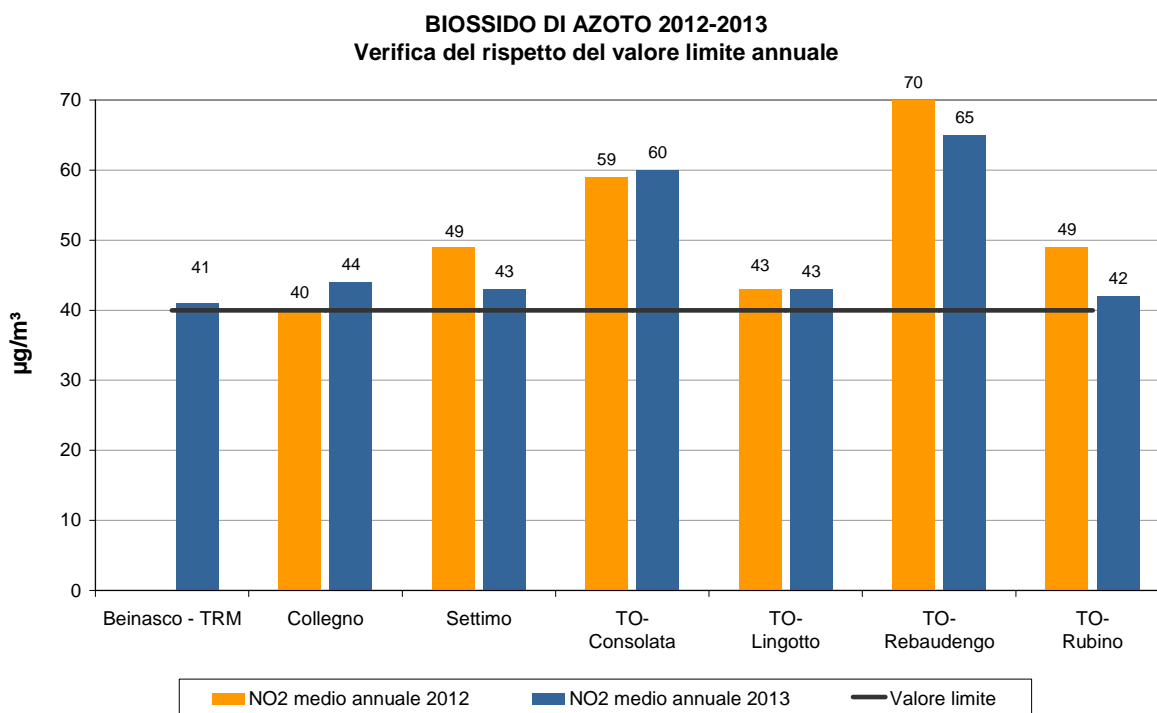


FIGURA 2: parametro NO<sub>2</sub>, numero di superamenti del limite annuale di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , confronto fra gli anni 2012-2013.

In FIGURA 2 vengono rappresentate le sette stazioni della provincia di Torino che superano il valore limite annuale di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nel 2013, confrontando il valore medio registrato con quello dell'anno precedente, fatta eccezione per la stazione di Beinasco-TRM che essendo attiva da fine 2012 non permette un confronto con il 2012.

Per le stazioni di Settimo e le quattro torinesi la media annuale di NO<sub>2</sub> diminuisce o rimane sostanzialmente invariata rispetto al 2012.

L'unica stazione che evidenzia un peggioramento rispetto all'anno precedente è la stazione di Collegno ma, come già evidenziato, la media del 2012 è verosimilmente sottostimata dal momento che manca il mese di gennaio e buona parte di febbraio in cui i livelli di NO<sub>2</sub> sono generalmente elevati.

Nel grafico manca la stazione di Carmagnola, presso cui per la tipologia del sito, realisticamente si sarebbe registrata una media annuale superiore al limite; i dati relativi al 2013 per motivi tecnici/strumentali non sono però disponibili.

Osservando il confronto dell'andamento orario tra le due stazioni presenti nel comune di Beinasco, (Beinasco-TRM e la stazione storica di Beinasco-Aleramo, FIGURA 3) è possibile evincere la buona correlazione esistente tra le due stazioni. D'altro canto va osservato che la stazione di Beinasco TRM presenta frequentemente sia i valori minimi che quelli massimi giornalieri superiori a quelli della stazione di confronto, fatta eccezione per i brevi periodi relativi al mese di novembre nei quali Aleramo ha misurato concentrazioni particolarmente elevate. Questo aspetto diviene significativo nella valutazione del rispetto del limite annuale per la protezione della salute umana.

La stazione di Beinasco-TRM mostra un valore medio annuale pari a 41  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , superiore al limite normativo. E' interessante notare che la stazione di Beinasco Aleramo presenta una media

annuale inferiore – pari a  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  – nonostante vi siano stati alcuni episodi critici nel mese di novembre con valori orari di  $\text{NO}_2$  superiori a  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### CONCENTRAZIONE ORARIA $\text{NO}_2$ ANNO 2013

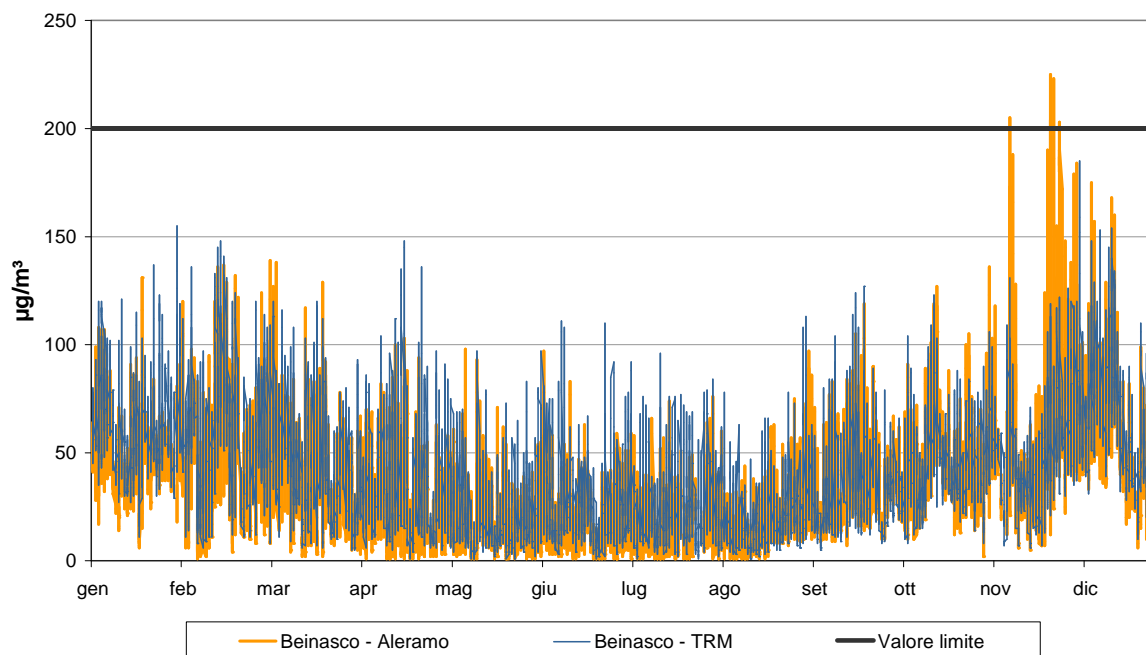


FIGURA 3: concentrazione oraria di biossido di azoto – confronto tra le stazioni Beinasco-Aleramo e Beinasco-TRM.

La FIGURA 4 fotografa la situazione dell'area metropolitana di Torino negli ultimi vent'anni, dal 1991 al 2013. 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. Dalla curva della media annuale calcolata su tutte le stazioni di Torino si rileva una generale tendenza alla diminuzione della concentrazione di biossido di azoto nel corso degli anni, da più di  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del 1991 al valore di  $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$  registrato nel 2013, valore quest'ultimo più basso della serie storica.

A tal proposito va sottolineato che a partire da gennaio 2012 la stazione torinese di traffico, To-Rivoli, è stata dismessa in ottemperanza al piano regionale, pertanto il valore della media di tutte le stazioni torinesi può risultare sottostimato rispetto a quanto si avrebbe con i dati di tale stazione. In ogni caso la progressiva diminuzione delle concentrazioni di  $\text{NO}_2$  nel corso degli ultimi anni è confermata anche nelle due stazioni di riferimento, To-Rebaudengo (da valori prossimi o superiori a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  prima del 1996, a valori inferiori a  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dal 2007 in poi), e To-Lingotto (da valori sempre superiori a  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a valori generalmente compresi entro  $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e talvolta inferiori a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Si fa notare tuttavia che a partire dal 1996 il decremento è molto evidente per la stazione di traffico urbano, mentre le concentrazioni annuali di  $\text{NO}_2$  nella stazione di fondo urbano (To-Lingotto) sembrano oscillare sempre intorno allo stesso valore.

**CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI NO<sub>2</sub>**  
**1991-2013**

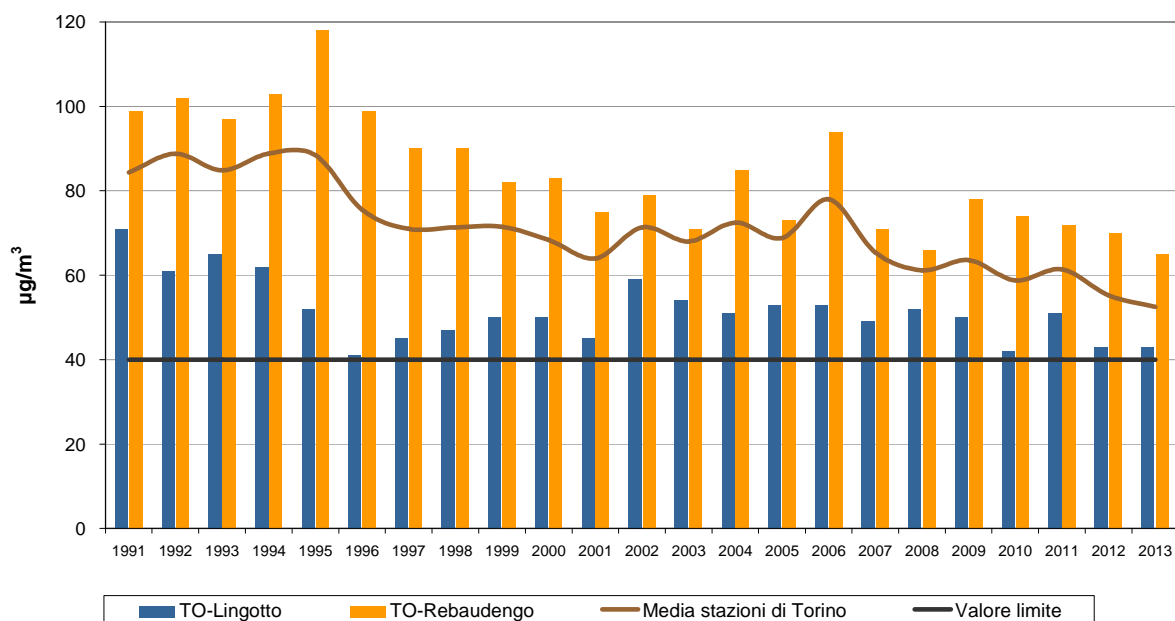


FIGURA 4: parametro NO<sub>2</sub>, media delle medie annuali di tutte le stazioni operanti nel comune di Torino e dettaglio relativo alle stazioni di To-Lingotto e To-Rebaudengo.

In generale il decremento del biossido di azoto non è equivalente a quello registrato per altri inquinanti quali SO<sub>2</sub>, CO, benzene e piombo, per i quali è stato molto più consistente. Va comunque considerato che un limite di emissione specifico per gli ossidi di azoto è stato introdotto per gli autoveicoli solo con la Direttiva Euro3, e che il miglioramento tecnologico in termini di minori emissioni è stato in parte controbilanciato dall'aumento della percentuale dei veicoli diesel presenti nel parco veicolare. E' inoltre ormai ampiamente documentato che nel caso dei veicoli diesel – il cui contributo alle emissioni di ossidi di azoto è di gran lunga quello prevalente nelle aree urbane - le emissioni effettive su strada in condizioni di traffico reale sono decisamente superiori a quelle misurate in laboratorio secondo la procedura di prova prescritta dalla normativa europea<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Si veda in particolare :

European Commission Joint Research Centre - Collaborative Research Project for Air Pollution Reduction in Lombardy Region (2006- 2010)- Executive Summary (Italian) , pag 22 e seg;

European Commission Joint Research Centre - 9th intermediate technical / scientific report Collaborative Research Project for Air Pollution Reduction in Lombardy Region(2006- 2010), pag 103-105

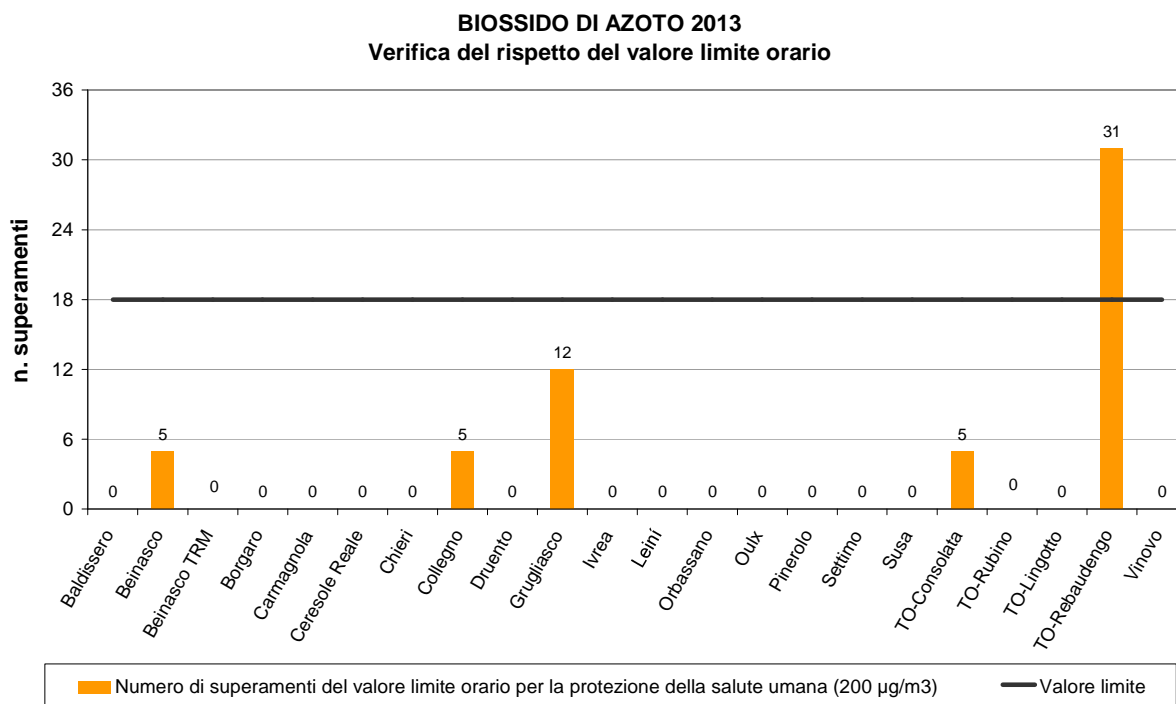


FIGURA 5: parametro NO<sub>2</sub>, distribuzione spaziale del numero di superamenti del limite orario di 200µg/m<sup>3</sup>, nell'anno 2013.

La FIGURA 5 mostra la presenza e il numero di superamenti del valore limite orario per la protezione della salute umana (200 µg/m<sup>3</sup>) registrati in ogni stazione della provincia di Torino. Dal grafico è possibile evincere che il maggior numero di superamenti nel 2013 sono stati registrati presso la stazione di Grugliasco e quella di To-Rebaudengo.

Rispetto al 2012 (vedi TABELLA 6) aumentano i superamenti per le stazioni di Grugliasco e To-Rebaudengo (rispettivamente da 3 a 12 e da 13 a 31); quest'ultima stazione supera la soglia annuale imposta dalla normativa che prevede un numero massimo di superamenti pari a 18.

Presso la stazione di Grugliasco, pur migliorando la media annuale (da 45 a 38 µg/m<sup>3</sup>), sono stati registrati dodici superamenti del limite orario, concentrati nel mese di dicembre, in netto peggioramento rispetto all'anno precedente nel quale sono stati rilevati solo tre superamenti, ma in linea con quanto rilevato durante il 2011, anno nel quale si sono registrati 13 superamenti del limite normativo.

E' interessante notare come il maggior numero di superamenti del limite orario siano stati registrati presso la stazione di To-Rebaudengo sebbene la media annuale sia diminuita del 7% rispetto all'anno precedente.

Nel 2013 sono infatti stati registrati a To-Rebaudengo trentuno superamenti del limite orario, concentrati nel mese di dicembre, in netto peggioramento rispetto ai tre anni precedenti 2010-2012 nei quali sono stati rilevati rispettivamente 15, 10 e 13 superamenti.

Si può quindi affermare che il numero di superamenti del valore limite orario è, in definitiva, molto più sensibile alle variazioni meteorologiche, anche limitate a pochi episodi critici, rispetto alla media annuale. Questo aspetto assume un significato importante nella pianificazione degli interventi per la riduzione dell'inquinamento atmosferico dal momento che, nel caso di un inquinante come questo per il quale la normativa stabilisce anche un valore limite orario, possono essere sufficienti pochi giorni di stabilità meteorologica per limitare la diffusione atmosferica degli inquinanti e conseguentemente peggiorare l'indicatore per tutto l'anno.

**BIOSSIDO DI AZOTO 2013**  
**Numero di superamenti del valore limite orario per la protezione della salute umana (200 µg/m<sup>3</sup>)**

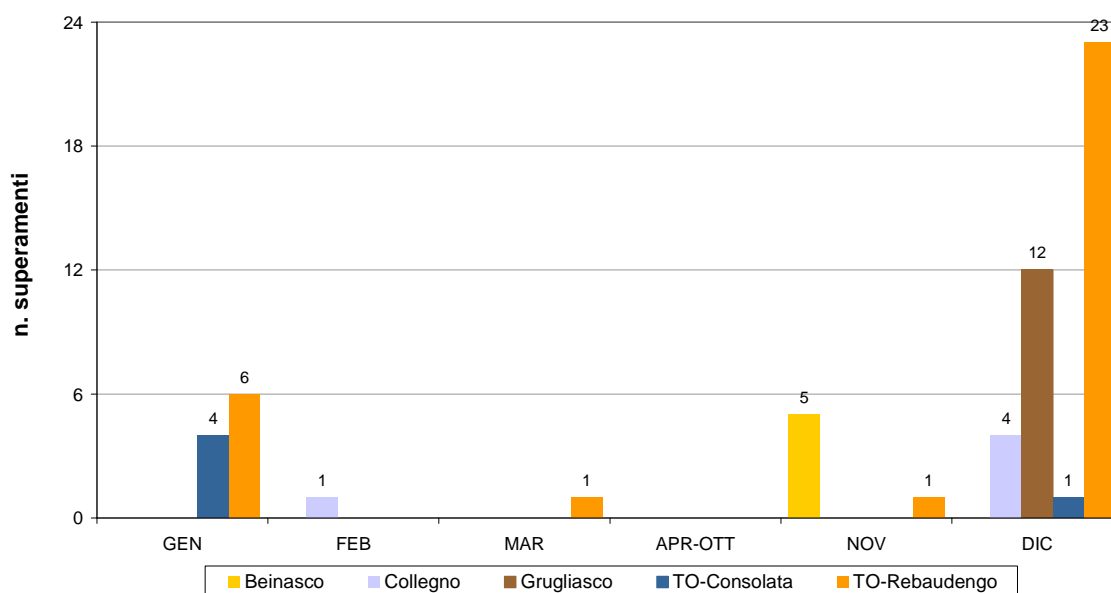


FIGURA 6: parametro NO<sub>2</sub>, distribuzione mensile del numero di superamenti del limite orario di 200 µg/m<sup>3</sup>, nell'anno 2013.

La FIGURA 6 evidenzia che la totalità dei superamenti avviene nel periodo invernale, concentrandosi soprattutto nei mesi di gennaio e dicembre, a seguito delle condizioni meteorologiche che caratterizzano la stagione fredda con fenomeni di inversione termica e conseguente stabilità atmosferica che non permette il rimescolamento degli inquinanti. In generale in condizioni di instabilità atmosferica la temperatura diminuisce al crescere della quota altimetrica, permettendo il rimescolamento delle masse d'aria e favorendo conseguentemente la dispersione degli inquinanti prodotti al suolo; viceversa in presenza di stabilità, si assiste a condizioni di inversione termica al suolo o in quota, che favoriscono l'accumulo degli inquinanti negli strati bassi dell'atmosfera peggiorando complessivamente la qualità dell'aria.

Nello specifico il mese di dicembre è stato caratterizzato nei primi venti giorni da assenza di precipitazioni e condizioni di elevata stabilità atmosferica; ciò ne ha determinato la particolare criticità, facendo registrare il maggior numero di superamenti del valore limite orario di biossido di azoto. Più precisamente nel mese di dicembre si è concentrato il 69 % di tutti i superamenti del limite dei 200 µg/m<sup>3</sup> registrati nell'anno 2013 in provincia di Torino.

Va sottolineato che nel caso delle medie annuali, invece, la presenza di episodi critici isolati non risulta determinante, tanto che, come già evidenziato, si è assistito nel corso del 2013 a una diminuzione o comunque a una sostanziale costanza di questo indicatore rispetto all'anno precedente, in accordo con il fatto che nel suo complesso il 2013 è risultato dal punto di vista meteorologico leggermente meno critico rispetto al 2012.



STAZIONE	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									
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Baldissero				22*	19	19	20	20	16	<b>12</b>				0	0	0	0	1	0	<b>0</b>
Beinasco	55	49	50	47	44	46	37	39	33	<b>35</b>	5	5	9	2	1	12	0	0	4	<b>5</b>
Beinasco TRM(6)										<b>41</b>										<b>0</b>
Borgaro	42	38	42	42	35	36	31	34	32	<b>31</b>	4	0	1	1	0	2	0	0	0	<b>0</b>
Carmagnola(1)									79	<b>**</b>									7	<b>**</b>
Ceresole reale(2)						8*	6	7	7	<b>6</b>					0*	0	0*	0	0	<b>0</b>
Chieri(3)	44	42	51	42	34	42	39	39	33	<b>28*</b>	0	1	0	0	1	7	0	0	0	<b>0*</b>
Collegno(1)									40*	<b>44</b>									0*	<b>5</b>
Druento	26*	20	19	19	15	18*	16	18	18	<b>12</b>	0	0	0	0	0	0*	0	0	0	<b>0</b>
Grugliasco(4)	49	53	54	59	50	51	45	46	45	<b>38</b>	11	9	64	39	28	87	0	13	3	<b>12</b>
Ivrea				32	27	28	26	29	25	<b>25*</b>	2	9	23	0	0	0	0	0	0	<b>0*</b>
Leinì				38	31	32	32	30	28	<b>33</b>				0	0	2	0	0	0	<b>0</b>
Orbassano	44	42	46	43	37	39	37	39	35	<b>32</b>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>0</b>
Oulx			22	22	22	20	21	20	21	<b>21</b>			0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
Pinerolo	31	30	35	35	35	34	34	31	31	<b>29</b>	0	2	0	0	0	0	0	1	0	<b>0</b>
Settimo	57	67	65	52	44	59	46	49	49*	<b>43</b>	13	35	68	27	4	125	2	3*	12*	<b>0</b>
Susa	34	25	29	24	21	22	24	23	22	<b>19</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
To-Consolata	72*	67	68		69*	68	65	65	59	<b>60</b>	8	11	38		19	13	5	5	3	<b>5</b>
To-Rubino(5)				51*	48	50	44	50	49	<b>42</b>				10	1	8	0	0	0	<b>0</b>
To-Lingotto	51	53	53	49	52	50	42	51	43*	<b>43</b>	0	2	39	4	2	18	0	4	0*	<b>0</b>
To-Rebaudengo	85	73	94	71	66	78	74	72	70	<b>65</b>	68	60	188	85	16	76	15	10	13	<b>31</b>
Vinovo	38	40	47	38	36	36	35	40	34	<b>31</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>

(1) stazioni attive dal 2012

(4) stazione spostata da via Roma a viale Radich a luglio 2011

(2) stazione attiva da febbraio 2009

(5) stazione attiva da aprile 2007

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

(6) stazione attiva da settembre 2012

\* La percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal DLgs 155/2010 (90%) (a partire dal 2002)

\*\* per problemi strumentali i valori di NO<sub>2</sub> non sono disponibili per il 2013

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:*

*D. Maria, Provincia di Torino, F. Lollobrigida, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.*

### DESCRIZIONE

Il biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ) 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	19 luglio 2001
SOGLIA DI ALLARME PER IL BIOSSIDO DI ZOLFO		
500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (293°K e 101,3 kPa) misurati su tre ore consecutive in località rappresentative della qualità dell'aria su almeno 100 $\text{km}^2$ 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 tre siti oggetto di monitoraggio 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 non si discosta dai valori dello scorso anno dopo il lieve incremento del 2011.

Anche se nel corso dei prossimi anni sarà consigliabile mantenere attivo il monitoraggio per controllare il mantenimento dei risultati raggiunti, si può affermare che il parametro  $\text{SO}_2$  non rappresenta una criticità per il territorio della provincia 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 provinciale costituiscono in media tra il 5 e il 10% della massa totale di  $\text{PM}_{10}$ . Per tale ragione occorre continuare a garantire un adeguato monitoraggio delle concentrazioni di  $\text{SO}_2$  e al mantenimento delle politiche che hanno ridotto la presenza in atmosfera.

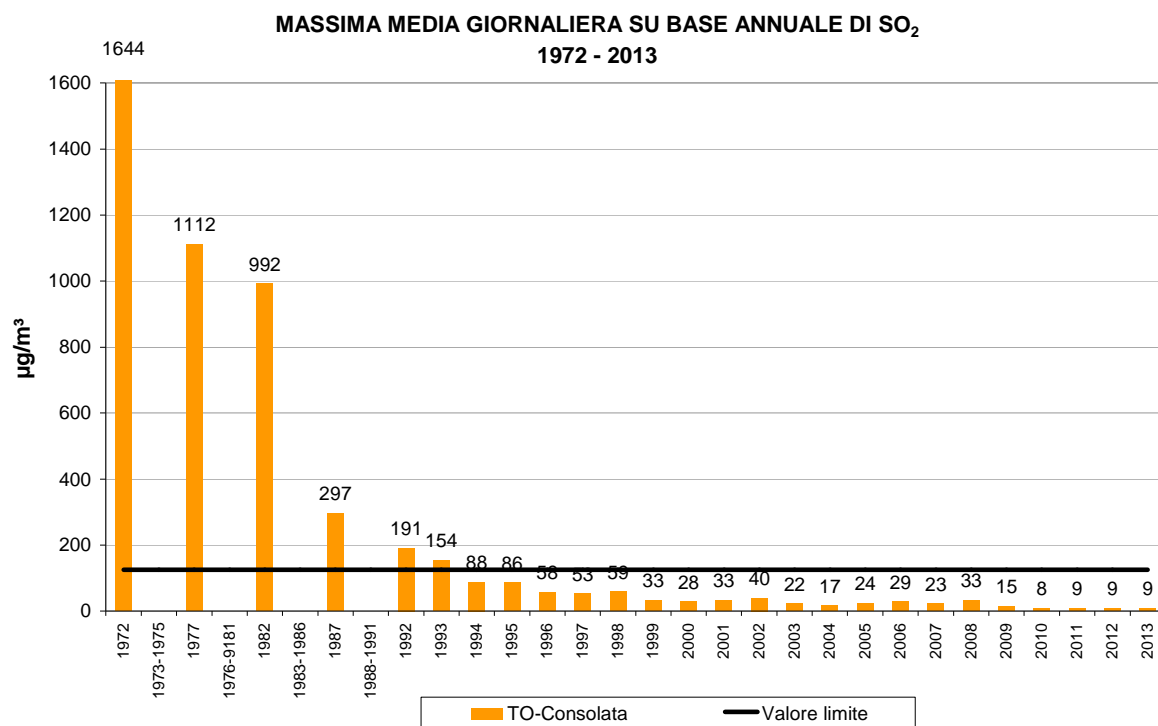


FIGURA 7: parametro SO<sub>2</sub>, massima media giornaliera su base annuale rilevata nell'ultimo trentennio nella stazione di To-Consolata.

STAZIONE	Rendimento strumentale 2013 (% dati validi)	Media Annuale $\mu\text{g}/\text{m}^3$											Valore limite orario per la protezione della salute umana 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 24 volte nell'anno civile Numero di superamenti							Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 3 volte nell'anno civile Numero di superamenti											
		'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13
		Grugliasco	100%	7*	7	8	5	5	6	5	5*	5*	<b>7</b>	0*	0	0	0	0	0	0	0	0*	<b>0</b>	0*	0	0	0	0	0	0	0
To-Consolata	97%	5	7	7	6	4*	6*	6	6	6	<b>6</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	0	0*	0*	0	0	0	<b>0</b>
To-Rebaudengo	96%	7	8	9	7	5	9	8*	7	7	<b>6</b>	0	0	0	0	0	0	0	0*	0	<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	0*	0	0	<b>0</b>

STAZIONE	Rendimento Strumentale 2013 (% dati validi)	Valore limite per la protezione degli ecosistemi 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Media calcolata sul periodo di riferimento 1 gen - 31 mar e 1 ott - 31dic											Soglia di allarme 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Numero di superamenti							Massimo orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$											
		'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13
		Grugliasco	100%	9*	10	13	7	6	8	6	10	7*	<b>7</b>	0*	0	0	0	0	0	0	0*	<b>0</b>	61*	42	69	37	32	46	31	24*	19*
To-Consolata	97%	7	9	12	9	6*	7	7	10	7	<b>7</b>	0	0	0	0	0*	0	0	0	0	<b>0</b>	38	48	57	49	33*	23*	23	19	23	<b>15</b>
To-Rebaudengo	96%	9	13	13	11	7	11	10*	14	9	<b>7</b>	0	0	0	0	0	0	0*	0	0	<b>0</b>	53	63	55	66	44	62	48*	34	33	<b>26</b>

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

TABELLA 8: dati delle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di zolfo.

## OZONO

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

Annalisa Bruno ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.

### 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 <sup>3</sup> 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©, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18000 µg/m <sup>3</sup> *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 <sup>3</sup> 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©, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6000 µg/m <sup>3</sup> *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 <sup>3</sup>	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 <sup>3</sup>	9 marzo 2002
<p>1 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.</p> <p>© 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</p> <p>(d) Per AOT40 (espresso in µg/m<sup>3</sup>*h) s'intende la somma della differenza fra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m<sup>3</sup> (= 40 ppb) e 80 µg/m<sup>3</sup> 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.  Per AOT40 (espresso in µg/m<sup>3</sup>*h) s'intende la somma della differenza fra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m<sup>3</sup> (= 40 ppb) e 80 µg/m<sup>3</sup> 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 comma1 del D.Lgs 155/2010, il superamento della soglia deve essere misurato o previsto per tre ore consecutive.</p>		

TABELLA 9: D. Lgs. 13/08/10 n. 155; ozono: valori obiettivo, obiettivo a lungo termine, e soglie

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 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 di 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.

### ESAME DEI DATI

L'ozono, insieme al PM<sub>10</sub> e al biossido di azoto, è uno degli inquinanti di maggiore rilevanza in Europa. Il nuovo rapporto dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA)<sup>2</sup> sui dati del semestre estivo (aprile – settembre) del 2013 evidenzia come i limiti comunitari siano stati superati nella maggior parte degli stati europei, nonostante sia possibile individuare per le concentrazioni di ozono un confortante trend in diminuzione negli ultimi 24 anni. In generale i livelli di ozono sono alti nelle regioni in cui l'emissione dei precursori - ossidi di azoto e composti organici volatili - si combina con condizioni meteorologiche stagnanti durante la stagione estiva. In tutta Europa infatti, il periodo più critico è stato dai primi di luglio ai primi di agosto mentre i superamenti dei valori limite sono stati riscontrati soprattutto negli stati dell'area mediterranea. In particolare l'Italia del nord, si legge nel rapporto, è una delle regioni più problematiche d'Europa, quella che registra il numero maggiore di superamenti della soglia di informazione per stazione e con il triste primato della concentrazione massima oraria più alta di tutto il continente (267 µg/m<sup>3</sup> a Bergamo il 2 agosto 2013).

In TABELLA 10 sono riportati i superamenti della soglia di informazione (180 µg/m<sup>3</sup>) degli ultimi 10 anni nella provincia di Torino. In generale nelle stazioni di fondo si registra un numero maggiore di superamenti rispetto alle altre stazioni di monitoraggio, urbane e suburbane. Nel 2013 in particolare si sono registrati superamenti della soglia di informazione solo tra le stazioni di fondo. La stazione di fondo rurale di Druento, nel parco della Mandria - è quella che ne presenta il numero maggiore - 42 - comunque in diminuzione di un terzo rispetto al 2012. Per le stazioni di Ceresole e Baldissero, il numero di superamenti rimane pressoché invariato rispetto all'anno precedente. Solamente altre due stazioni, Orbassano e Pinerolo presentano superamenti della soglia di informazione - 4 per Orbassano, 12 per Pinerolo - rispettivamente in diminuzione e in aumento di poche unità rispetto al 2012. Tutte le altre stazioni non presentano alcun superamento del valore di 180 µg/m<sup>3</sup>. Per quanto riguarda la stazione di Lingotto si evidenzia una percentuale di dati validi significativamente inferiore al 90%, per cui il numero di superamenti potrebbe risultare sottostimato.

La stazione di Ceresole, la più remota della rete di monitoraggio provinciale, ha fatto registrare 6 superamenti del livello di informazione, a dimostrazione del carattere ubiquitario dell'ozono, rilevabile anche in zone di montagna a basso impatto antropico, ma contraddistinte da forte irraggiamento solare e presenza di precursori e/o ozono trasportati in quota dai venti.

In definitiva il numero di superamenti della soglia oraria di 180 µg/m<sup>3</sup> rientra nell'ordine delle unità o delle poche decine nella provincia di Torino. Si fa comunque notare che, come si legge nel rapporto della EEA citato, solamente le stazioni dell'Italia del nord e poche altre località isolate, riportano superamenti della soglia di informazione in più di 5 giorni nel 2013, come avviene per Druento e Baldissero - rispettivamente 15 e 6 giorni.

<sup>2</sup> EEA Technical report No 3/2014: Air pollution by ozone across Europe during summer 2013.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2013 (% dati validi)	Soglia di informazione 180 µg/m <sup>3</sup> come media oraria Numero di superamenti									
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Baldissero	99			8 <sup>(1)</sup>	43	4	26	4	4	12	<b>16</b>
Borgaro	98	35	12	20	63	0	0	0	0	2	<b>0</b>
Ceresole	96							8 <sup>(3)</sup>	4	5	<b>6</b>
Chieri	92	5	4	4	1	0	0	0		0 <sup>(5)*</sup>	<b>0</b>
Druento	98	71*	72*	143	69	11*	45*	22	19	63	<b>42</b>
Ivrea	89							0 <sup>(4)</sup>	1	0	<b>0*</b>
Leini	96			1 <sup>(2)</sup>	14	7	1	1	4	0	<b>0</b>
Orbassano	96	63	18	30	54	0	2	0	6	14	<b>4</b>
Pinerolo	100	0*	11	28	54	1	0	0	5	3	<b>12</b>
Susa	99	62	14	52	11	9	1	0	0	0	<b>0</b>
To-Lingotto	79	32	56	20	43	26	2	0	1	3	<b>0*</b>
Vinovo	96	58	16	13	16	0	5	0	5	0	<b>0</b>

(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  
\* 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. 155/10

La soglia di allarme (240 µg/m<sup>3</sup> come media oraria per tre ore consecutive) non è stata superata in nessuna stazione di rilevamento, confermando così il trend positivo in atto dal 2008.

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 non sono rispettati.

In tutte le stazioni del territorio provinciale 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 al territorio provinciale: per alcune stazioni tale valore diminuisce rispetto al valore mediato sul triennio 2010-2012, per altre aumenta.

Tuttavia se si mettono a confronto solo i dati del 2012 e del 2013 si può notare un confortante trend in diminuzione del numero di giorni con superamenti del livello di protezione della salute di 120 µg/m<sup>3</sup> nella maggior parte delle stazioni provinciali, ad eccezione di Baldissero, Orbassano e Pinerolo. Inoltre per quattro stazioni – Borgaro, Ceresole, Ivrea e Leini – nel 2013 si è registrato il numero minimo di superamenti dall'inizio delle misurazioni.

La media degli ultimi cinque anni dell'AOT40 - valore obiettivo per la protezione della vegetazione -, invece, aumenta rispetto al quinquennio precedente: da 35374 a 36866 µg/m<sup>3</sup>\*h per Baldissero, da 29171 a 31940 per Druento. In ogni caso si tratta di valori notevolmente superiori (il doppio nel caso della stazione di Baldissero) al limite stabilito dalla normativa italiana ed europea - 18000 µg/m<sup>3</sup>\*h.

Per la stazione di Ceresole non è ancora possibile valutare il rispetto del valore bersaglio per la vegetazione poiché si hanno a disposizione solo quattro dei cinque anni di misure richiesti per l'elaborazione. Tuttavia la media provvisoria dei primi quattro anni di misurazione è di 34125 µg/m<sup>3</sup>\*h, anche in questo caso un dato notevolmente superiore al valore obiettivo previsto dalla legge.

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 non ha individuato sul proprio territorio dei siti in cui siano rispettati i criteri di ubicazione previsti dalla normativa per la valutazione della qualità ambientale al fine della protezione della vegetazione.

STAZIONE	Valore bersaglio per la protezione della salute umana										
	Numero di giorni con la media massima, calcolata su 8 ore, superiore a 120 µg/m <sup>3</sup>										
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	MEDIA 2011-2013
Baldissero	-	-	*(1)	95	72	116	97	94	74	88	<b>85</b>
Borgaro	52	47	44	93	31	35	52	46	41	27	<b>38</b>
Ceresole	-	-	-	-	-	-	82(3)	70	77	58	<b>68</b>
Chieri	37	43	28	37	14	27	0	-	53*(5)	36	-
Druento	84	71	78	95	29	52	59	93	87	72	<b>84</b>
Ivrea	-	-	-	-	-	-	53(4)	39	42	31*	<b>41</b>
Leini <sup>1</sup>	-	-	*(2)	63	56	61	62	70	37	34	<b>47</b>
Orbassano	54	79	55	89	30	68	36	60	65	66	<b>64</b>
Pinerolo	33	54	68	100	40	69	27	46	34	45	<b>42</b>
Susa	77	48	57	66	53	42	31	36	45	38	<b>40</b>
To-Lingotto	74	65	56	70	74	36	34	30	45	39*	<b>38</b>
Vinovo	85	50	54	74	44	86	37	71	64	47	<b>61</b>

(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  
\* 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 µg/m <sup>3</sup> *h)										
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	MEDIA 2009-2013
Baldissero			*	33360	31118	44921	40260	30317	30256	<b>38576</b>	<b>36866</b>
Druento	41738	41430	48015	38407	18936	25433	32365	31022	38098	<b>32780</b>	<b>31940</b>
Ceresole	-	-	-	-	-	-	43125	27976	35311	<b>30089</b>	<b>34125</b>

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

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

In FIGURA 8 è riportata, per l'anno 2013, la distribuzione mensile dei superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana per tre stazioni: To-Lingotto<sup>3</sup>, 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 µg/m<sup>3</sup> segue l'andamento della temperatura media mensile registrata nella stazione di To-Consolata: i superamenti aumentano nella stagione estiva fino a raggiungere il valore massimo a luglio, che nel 2013 è stato il mese più caldo dell'anno. Nella stazione di Baldissero a luglio si registrano ben 29 giorni di superamenti del limite di 120 µg/m<sup>3</sup> come media massima giornaliera su 8 ore. Il numero massimo di giorni di superamenti consentiti in un anno – 25 – viene quindi oltrepassato in un solo mese, sebbene il più critico di tutto il 2013.

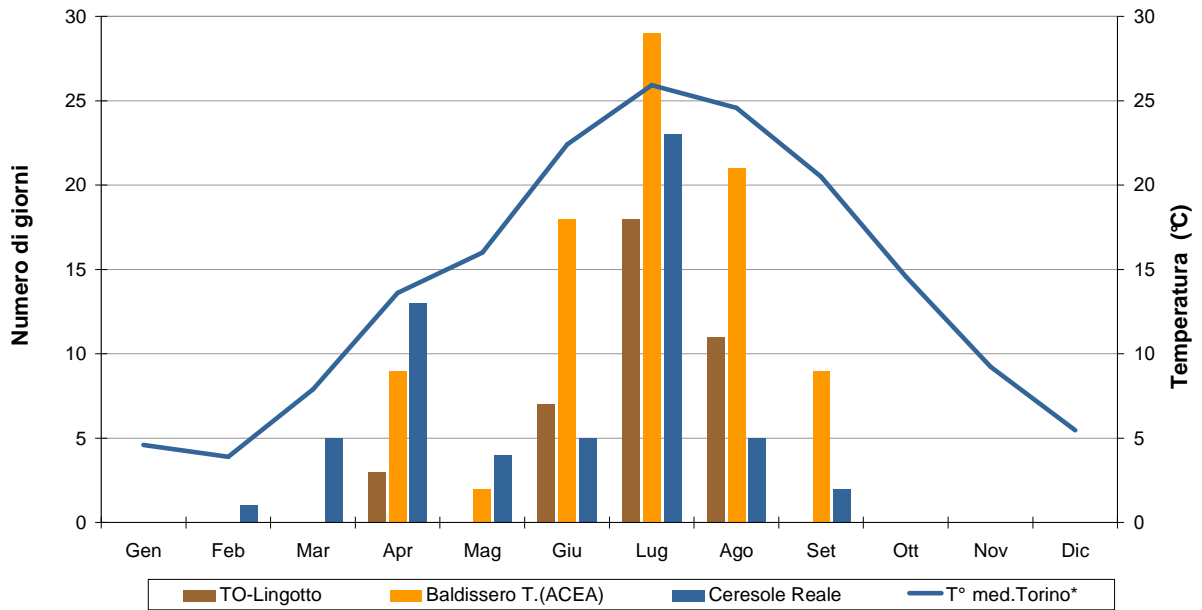
Tutte e tre le stazioni presentano inoltre dei picchi di superamenti già ad aprile quando l'aumento della temperatura è stato più repentino rispetto al mese precedente e successivo. Anche le concentrazioni medie di biossido di azoto, precursore dell'ozono troposferico, sono state notevolmente più elevate ad aprile che a maggio, per buona parte delle stazioni di misura – in alcuni casi di oltre il 50% in più come per la stazione di To-Lingotto. Il dato della provincia di Torino conferma d'altronde quello del territorio europeo dove complessivamente ad aprile il numero delle stazioni che presentano superamenti del limite di 120 µg/m<sup>3</sup> – come media massima giornaliera su 8 ore - è più che doppio rispetto a maggio (863 stazioni con superamenti ad aprile, 374 a maggio).

Nel periodo maggio-settembre del 2013 le concentrazioni medie di ozono non diminuiscono rispetto allo stesso arco di tempo del 2012, nonostante la diminuzione della temperatura media di quasi un grado e il leggero aumento delle precipitazioni annuali – da 414 a 471 mm. Nella stazione di To-Lingotto la concentrazione media di ozono da maggio a settembre è rimasta invariata rispetto al 2012 – 70 µg/m<sup>3</sup>; a Baldissero invece è leggermente aumentata, da 100 a 104 µg/m<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Si ricorda che il rendimento strumentale della stazione di Torino Lingotto nel 2013 è stato significativamente inferiore al 90%.



**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 µg/m<sup>3</sup>) - anno 2013**



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

FIGURA 8: distribuzione temporale dei superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana per le stazioni di To-Lingotto, Baldissero Torinese e Ceresole, anno 2013

**TEMPERATURA MEDIA E SOMMA DELLE PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE (periodo maggio-settembre) ANNI 2004-2013**

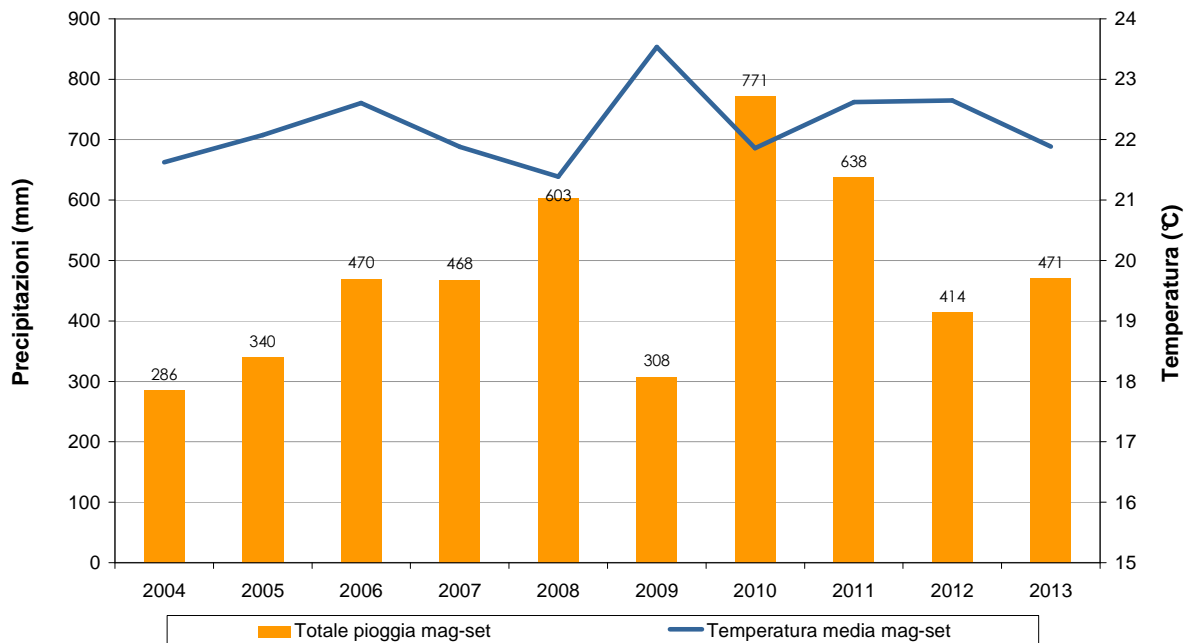


FIGURA 9: temperatura media e somma delle precipitazioni atmosferiche, nel periodo maggio-settembre, anni 2004-2013, stazione di To-Consolata

**CONCENTRAZIONI MEDIE ESTIVE (maggio - settembre) DI OZONO  
Stazioni di Pino/Baldissero Torinese e To-Lingotto (2004 - 2013)**

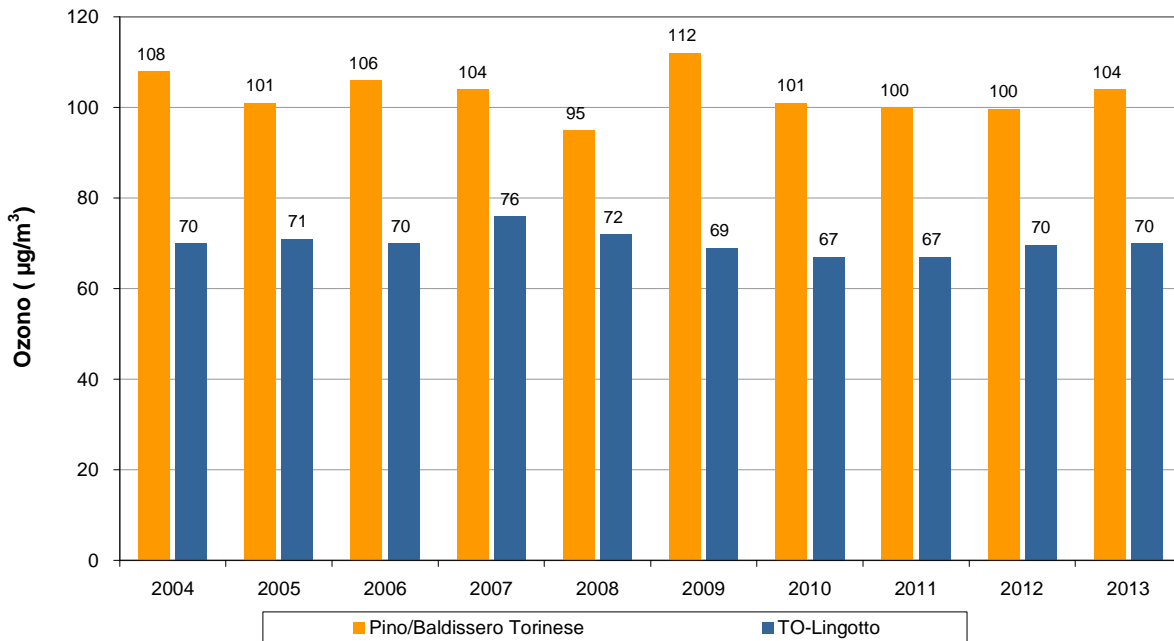


FIGURA 10: ozono, medie del periodo maggio-settembre degli ultimi 10 anni (dall'anno 2008 i valori considerati sono quelli registrati presso la stazione di Baldissero Torinese)

In generale l'analisi delle serie storiche delle concentrazioni di ozono rilevate nel corso degli ultimi 10 anni (FIGURA 10) mostra una sostanziale stabilità dei valori di questo inquinante, con una variabilità dovuta soprattutto alla situazione meteorologica del singolo anno. Si conferma quindi il ruolo fondamentale delle condizioni meteoroclimatiche nell'influencare le concentrazioni di ozono a livello della troposfera, sia per il verificarsi di condizioni che favoriscono episodi di accumulo (elevata insolazione, alte temperature, condizioni di alta pressione), sia per il ruolo che la radiazione solare ha nei meccanismi di reazione di formazione dell'O<sub>3</sub> in presenza di COV (composti organici volatili) e NO<sub>x</sub> (ossidi di azoto).

Il massimo del decennio in esame (FIGURA 9) si osserva nel 2009, caratterizzato da un'estate con scarse precipitazioni e temperature particolarmente elevate; mentre le concentrazioni medie minime si sono rilevate in anni nei quali le temperature medie sono state inferiori e le precipitazioni più significative, come nel 2008.

L'osservazione dei dati di concentrazione media, infine, evidenzia che negli ultimi tre anni l'ozono del periodo maggio - settembre ha oscillato sempre intorno agli stessi valori nella provincia di Torino. Nel triennio 2011-2013 alcune stazioni hanno registrato una lieve, ma costante diminuzione della concentrazione media di ozono nei cinque mesi più caldi - Borgaro, Chieri e Pinerolo -; per altre stazioni - Baldissero, Ivrea, Orbassano, Susa e To-Lingotto - le concentrazioni di ozono nel periodo estivo sono aumentate costantemente di alcuni microgrammi nell'ultimo triennio.

La criticità per l'ozono, inquinante ubiquitario e dalla genesi complessa, rimane quindi alta, per la provincia di Torino e per tutto il nord Italia in generale. Infatti, 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, Provincia di Torino, F. Lollobrigida, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.*

### DESCRIZIONE

Il benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) 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/m<sup>3</sup> 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 <sup>3</sup>	1 gennaio 2010

TABELLA13: D.lgs. 155/2010, valori limite per il benzene.

### ESAME DEI DATI

Fino al 1995 l'analisi del benzene veniva eseguita tramite prelievi a intervalli irregolari su fiale di carbone attivo, dopo tale anno fu introdotto l'utilizzo di strumentazione per il monitoraggio in continuo del parametro.

La FIGURA 11 mostra i livelli in atmosfera di questo inquinante a partire dal 1996.

Come si vede, dal 2004 il valore limite per la protezione della salute umana (pari a 5 µg/m<sup>3</sup> 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.

Dalla lettura dei dati riportati in

TABELLA 14, si osserva che le concentrazioni misurate in tutte le stazioni sono ampiamente sotto il limite di legge. Rispetto all'anno precedente si registra un lieve incremento delle concentrazioni nelle stazioni di To-Consolata, e Vinovo, le stazioni di To-Rebaudengo, To-Rubino e To-Lingotto mostrano invece sostanzialmente lo stesso valore del 2012.

**CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI BENZENE  
1996 - 2013**

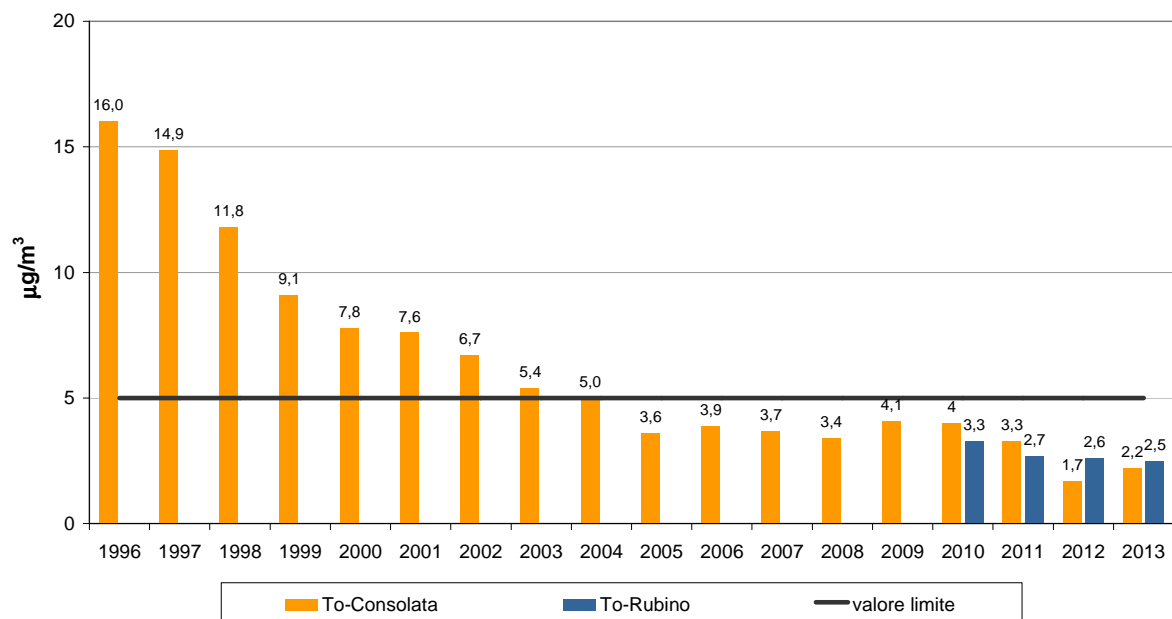


FIGURA 11: concentrazioni medie annue di benzene rilevate negli anni 1996-2013.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2013 (% dati validi)	VALORE MEDIO ANNUO Valore limite annuale: 5 µg/m³										
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
Beinasco (TRM)	76%											<b>2,2*</b>
Borgaro T.se	93%											<b>1,5</b>
Settimo T.se	95%											<b>2,0</b>
To-Consolata	95%	5,0	3,6	3,9	3,7	3,4	4,1	4	3,3	1,7		<b>2,2</b>
To-Lingotto	88%										1,3	<b>1,2*</b>
To-Rebaudengo	90%										2,0	<b>2,0</b>
To-Rubino	91%								3,3	2,7	2,6	<b>2,5</b>
Vinovo	86%										1,2	<b>1,7*</b>

\* 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:*

*Milena Sacco, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.*

### 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 bersaglio, obiettivo e le soglie di informazione e 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 <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> PM10	1 gennaio 2005
PM2,5 FASE 1 <sup>4</sup> - 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 <sup>3</sup> 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 2013 i valori medi annuali confermano l'andamento in decrescita nella totalità delle stazioni di monitoraggio, così anche il numero di superamenti del valore limite di 24 ore. Le precipitazioni cumulate medie dell'anno 2013 sono state al di sopra della norma 1971-2000, in particolare è stata molto piovosa la primavera e il mese di dicembre, che è stato il terzo mese più umido dell'anno 2013. Questo può avere contribuito al forte decremento dei valori medi rispetto al 2012. I dati di PM10 sul lungo periodo (dal 2000, FIGURA 12) presentano un andamento decrescente, con un decremento medio annuale di circa 2 µg/m<sup>3</sup>; attualmente i valori medi annuali oscillano intorno ai 40 µg/m<sup>3</sup> nelle stazioni di Torino e ai 30 µg/m<sup>3</sup> nelle stazioni esterne alla città di Torino.

<sup>4</sup> 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/m<sup>3</sup> 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 obiettivo negli Stati membri.

**PM10 - ANDAMENTO STORICO DEL VALORE MEDIO ANNUALE  
stazioni di TO-Consolata e TO-Grassi**

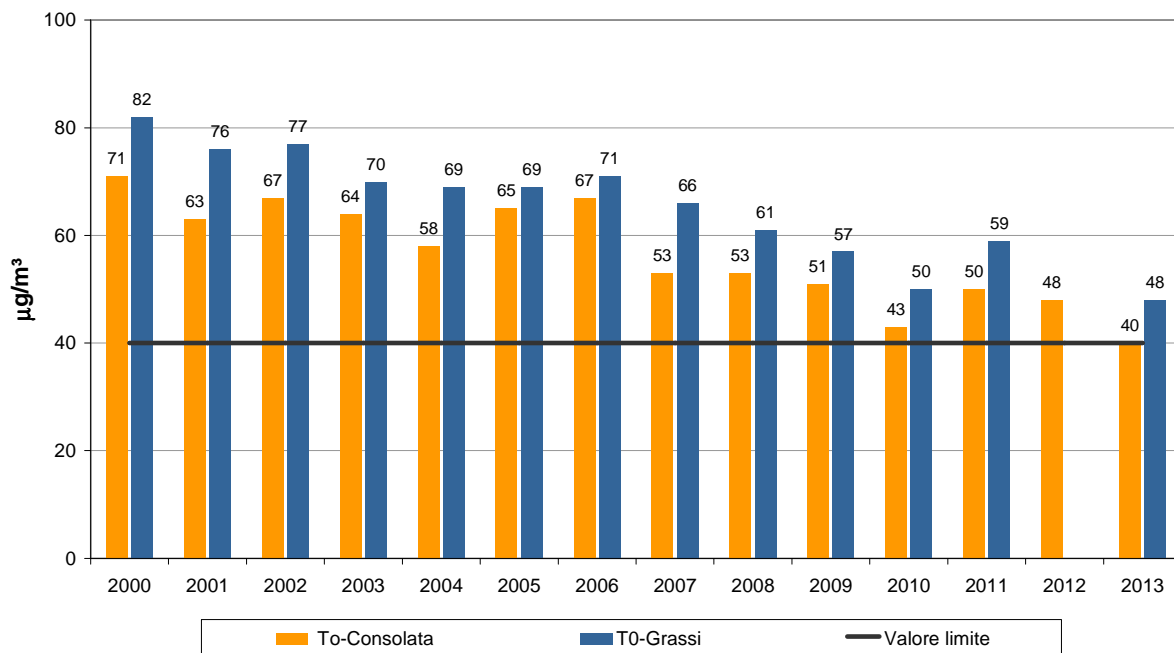


FIGURA 12: parametro PM10, concentrazioni medie annue rilevate nella città di Torino nel periodo 2000-2013.

In FIGURA 13 si osserva che il valore limite annuale di 40 µg/m³ non viene rispettato esclusivamente nelle stazioni di To-Grassi e Carmagnola, mentre negli anni passati il limite era stato superato anche nelle altre centraline da traffico della città di Torino, ed in due comuni dell'area metropolitana. Considerando l'insieme delle stazioni provinciali esistenti in entrambi gli anni 2012-2013, si osserva un decremento delle concentrazioni medie del 12% rispetto al 2012.

**PM10 2013  
Verifica del rispetto del valore limite annuale per la protezione della salute**

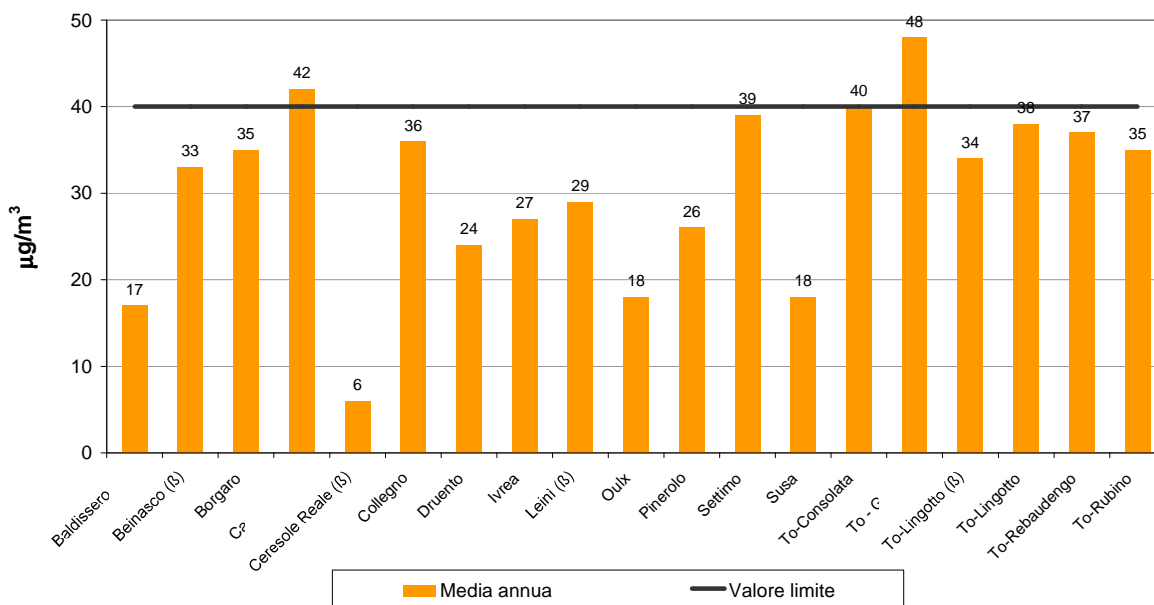


FIGURA 13: valore medio annuale misurato presso le stazioni di monitoraggio provinciali.

In FIGURA 14 sono riportate le medie mensili per tre stazioni rappresentative della rete provinciale; 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 2013 i mesi più critici sono stati gennaio, febbraio, e dicembre a causa della elevata stabilità atmosferica e le scarse precipitazioni. Il mese di dicembre è stato privo di precipitazioni nei primi venti giorni e le condizioni di stabilità atmosferica verificatesi hanno favorito la formazione di fenomeni nebbiosi superiori alla media. Questo ha determinato la particolare criticità del mese, che è stato caratterizzato anche da concentrazioni particolarmente elevate di idrocarburi policiclici aromatici (vedasi capitolo relativo). Un fenomeno analogo si è verificato nel mese di ottobre, nel quale si è registrato il massimo assoluto di PM10 e PM2,5 nella stazione di Torino – Lingotto (157  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e 126  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  rispettivamente) e PM10 di Carmagnola (169  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) nella giornata del 20 ottobre. In questo giorno ed in quello precedente si sono registrati valori anomali per il periodo nella maggior parte delle stazioni di monitoraggio piemontesi site in pianura, a causa della formazione secondaria di particolato, favorita dalla stabilità atmosferica ed in condizioni di persistente alta umidità relativa e bassa temperatura durante tutto il corso delle due giornate di picco. Per l'analisi di dettaglio di questo episodio si rimanda allo specifico capitolo.

Nei mesi da aprile a settembre, in cui prevalgono condizioni di instabilità atmosferica favorevoli alla dispersione degli inquinanti, anche nelle stazioni più critiche i valori medi mensili risultano al di sotto dei 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

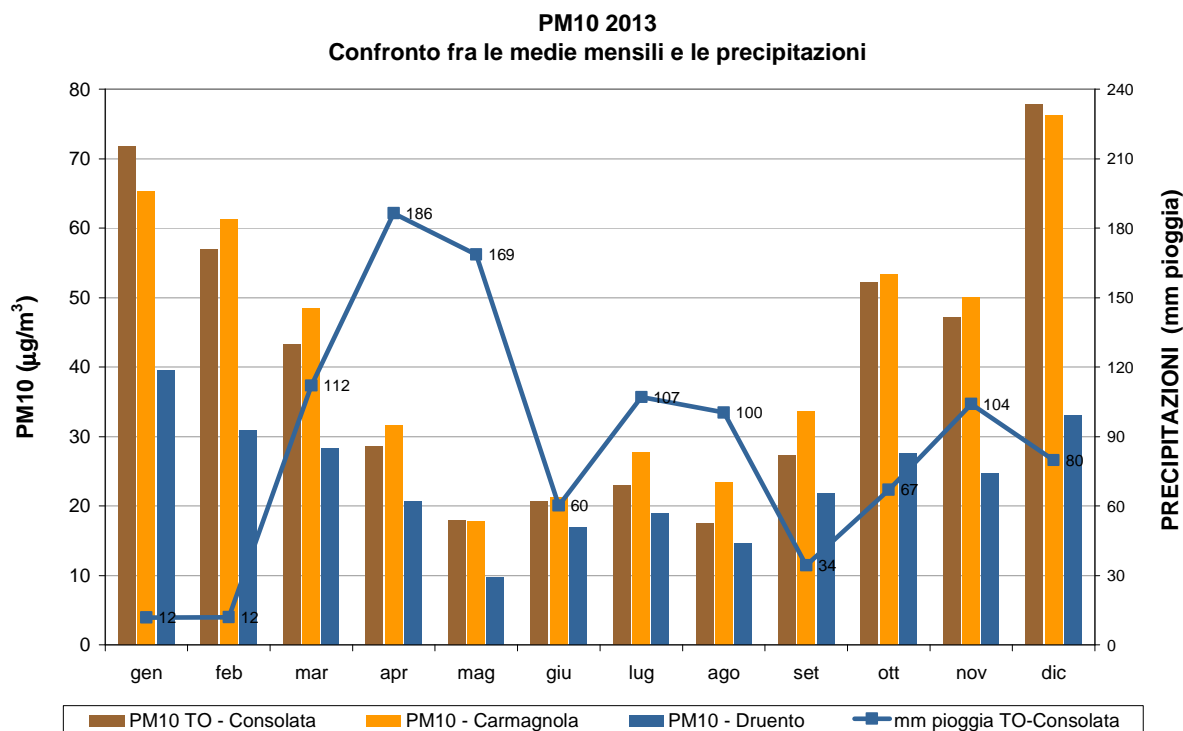


FIGURA 14: andamento delle precipitazioni atmosferiche e delle concentrazioni di PM10 in alcune stazioni della Provincia di Torino nell'anno 2013

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 annuale e pertanto nella maggior parte delle stazioni non è rispettato. Il numero maggiore di superamenti del limite giornaliero è stato di 126 a To-Grassi, ma anche nelle stazioni di fondo urbano di To-Lingotto e To-Rubino la situazione si mostra critica con 89 e 87 superamenti rispettivamente. Al di fuori di Torino la situazione più critica è rappresentata dai 109 superamenti di Carmagnola, che 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. Va sottolineato che, rispetto al 2012, vi sono due stazioni in più (Pinerolo e Druento) che rispettano il valore limite giornaliero (FIGURA 15).

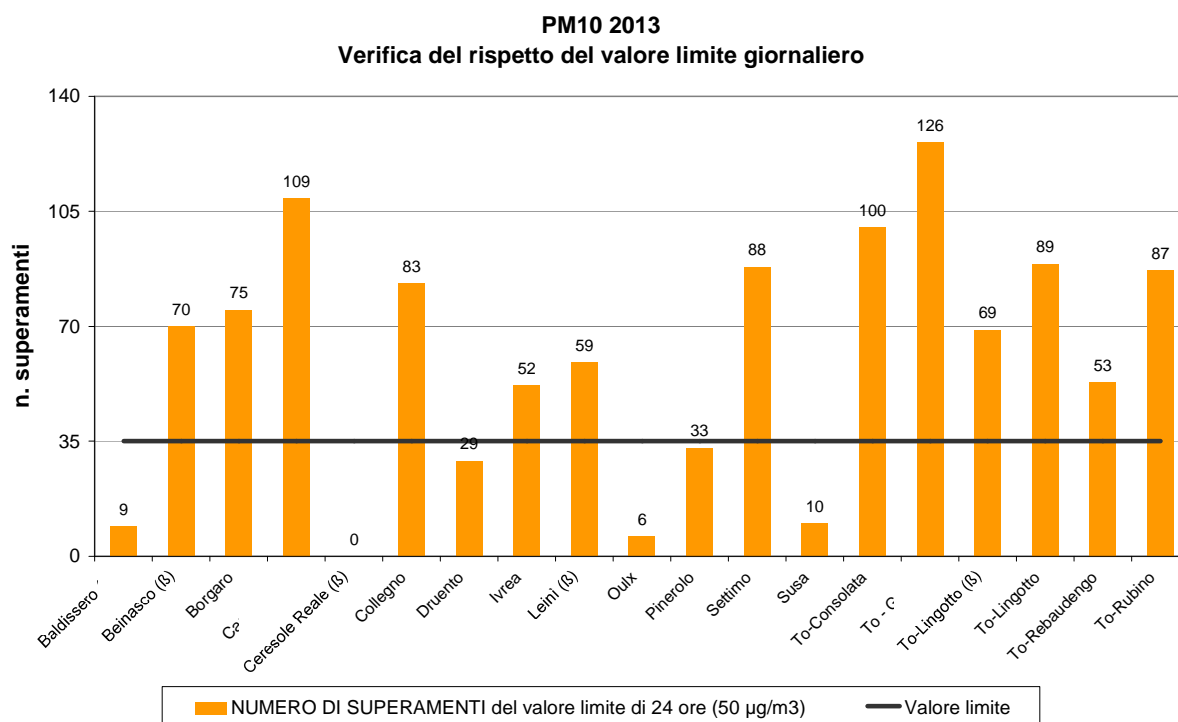


FIGURA 15: parametro PM10, numero di superamenti del limite di 24 ore per la protezione della salute ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come media giornaliera)

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 PM<sub>2,5</sub> (la cosiddetta frazione fine del particolato) pari a  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  da raggiungere entro il 1 gennaio 2015. La rete della Provincia 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 otto anni, ora il monitoraggio del PM<sub>2,5</sub> avviene in ulteriori sei siti, scelti per rappresentare varie situazioni emissive (TABELLA 16). Da settembre 2012 inoltre Arpa Piemonte gestisce la stazione di Beinasco-TRM, di proprietà TRM, installata per monitorare la zona di massima ricaduta dell'inceneritore.

Su base annuale la concentrazione media di PM<sub>2,5</sub> nella stazione di To-Lingotto e di Leini è di 29 e  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , quindi al di sopra del valore limite, con valori in diminuzione rispetto all'anno scorso, che conferma il trend decrescente dal 2006. I dati di Borgaro, Ivrea, Chieri e Beinasco-TRM sono analoghi a quelli di Leini essendo rappresentative di zone di fondo suburbano. La stazione di Ceresole invece rappresenta un'area rurale non soggetta ad emissioni antropiche e pertanto ha valori minimi. La stazione di Settimo T.se, come nel 2012, registra il massimo valore annuo ( $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), essendo posta in una zona coinvolta direttamente da traffico veicolare.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2012 (% giorni validi)	PM <sub>2,5</sub> - VALORE MEDIO ANNUO							
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Beinasco - TRM (β)	95%							38*	25
Borgaro	95%					25*	33	31	27
Ceresole Reale (β)	83%							5*	5*
Ceresole Reale						6*	7	9*	-
Chieri	95%							43*	28
Ivrea	89%						28*	27	24*
Leini (β)	99%	33*	40*	35*	34*	29*	29*	29*	26
Settimo	96%							37	33
To-Lingotto	94%	40	36*	35	33	29	35	33	29

(\*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 16: parametro PM<sub>2,5</sub>, valutazione statistica anni 2006-2013.



**PM10 E PM2,5 CONFRONTO DELLE MEDIE MENSILI**  
**Stazione di Torino Lingotto - anno 2013**

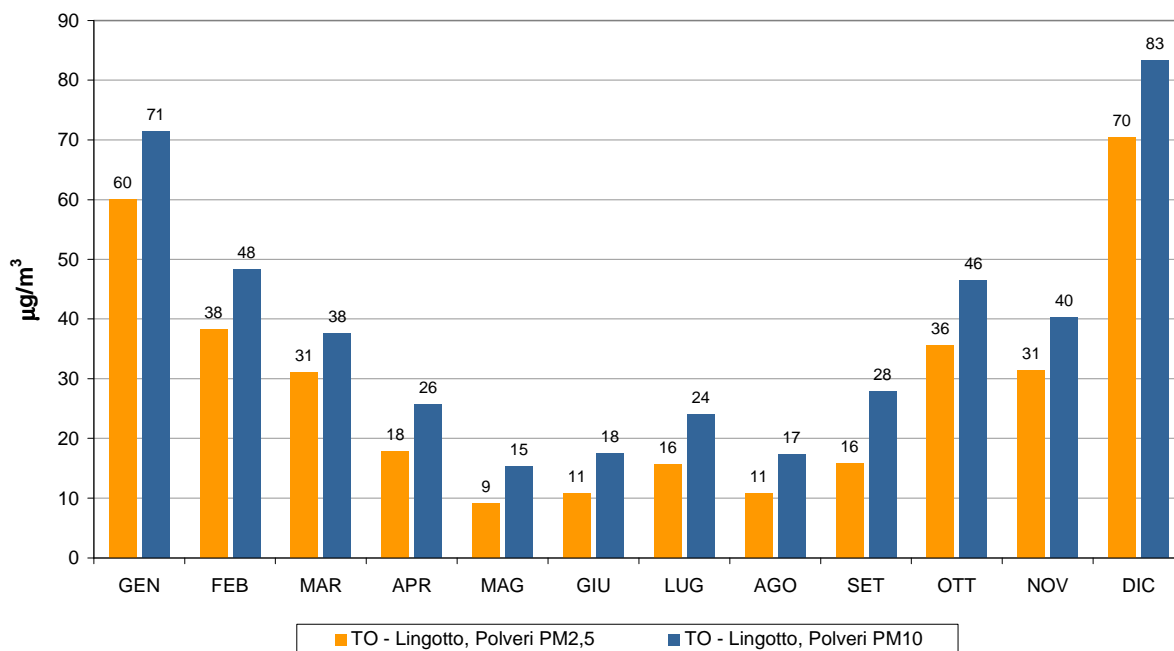


FIGURA 16: confronto tra PM2,5 e PM10 presso la stazione di Torino - Lingotto.

In FIGURA 16 sono riportati i valori mensili di PM2,5 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 2013 nella stazione di Torino Lingotto il PM2,5 costituisce in media circa l'80% del PM10 nel semestre freddo e il 60% 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 PM2,5.

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 particolato<sup>5</sup>. 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

<sup>5</sup> 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

urbani di pianura: mentre in queste ultime i valori massimi di PM<sub>2,5</sub> 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 17.

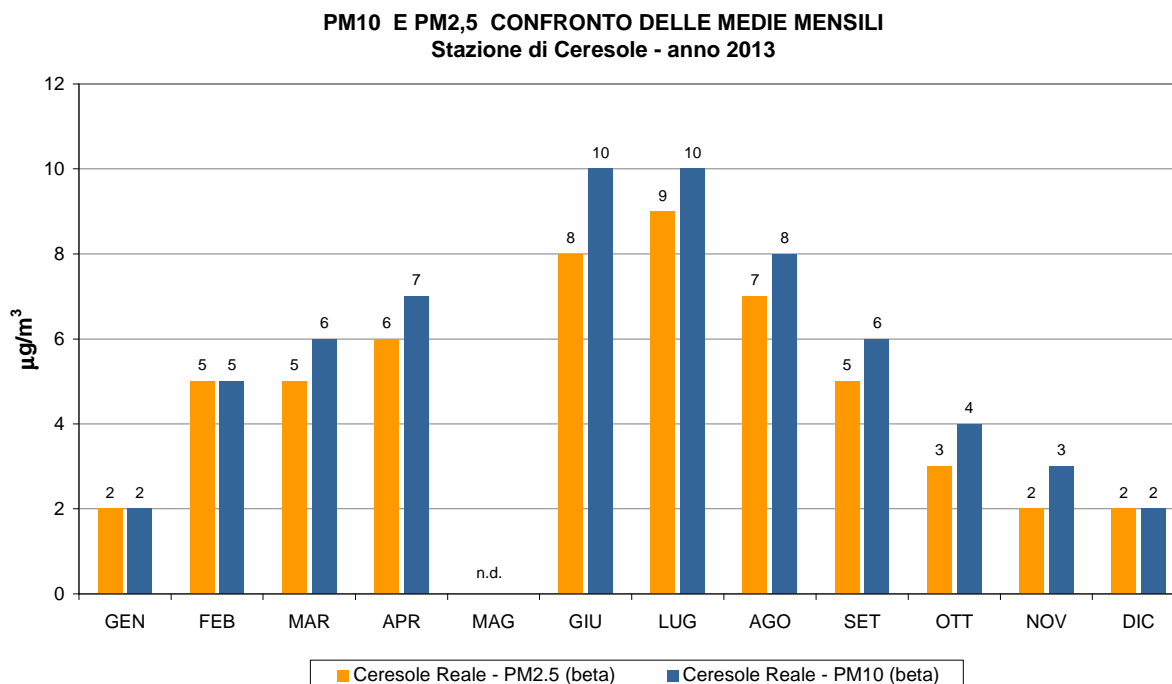


FIGURA 17: confronto tra PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub> presso la stazione di Ceresole Reale.

### Particelle sospese totali

L'attenzione normativa si è incentrata negli ultimi anni sulla frazione di particolato PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>, 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-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 PM<sub>10</sub> anche in periodi nei quali questo parametro non veniva misurato. Infatti come si osserva in FIGURA 18, in cui per la stazione di To-Consolata sono riportate le medie annuali di PTS e PM<sub>10</sub>, il PM<sub>10</sub> costituisce circa il 70% delle polveri totali.

In FIGURA 18 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 µg/m<sup>3</sup>, mentre negli ultimi quattro anni si sono registrati i valori più bassi mai misurati presso questa stazione, intorno ai 60 µg/m<sup>3</sup>, con un minimo nel 2010, data la eccezionale piovosità di quell'anno. Nel 2013 la media annuale è stata di 60 µg/m<sup>3</sup>, 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.

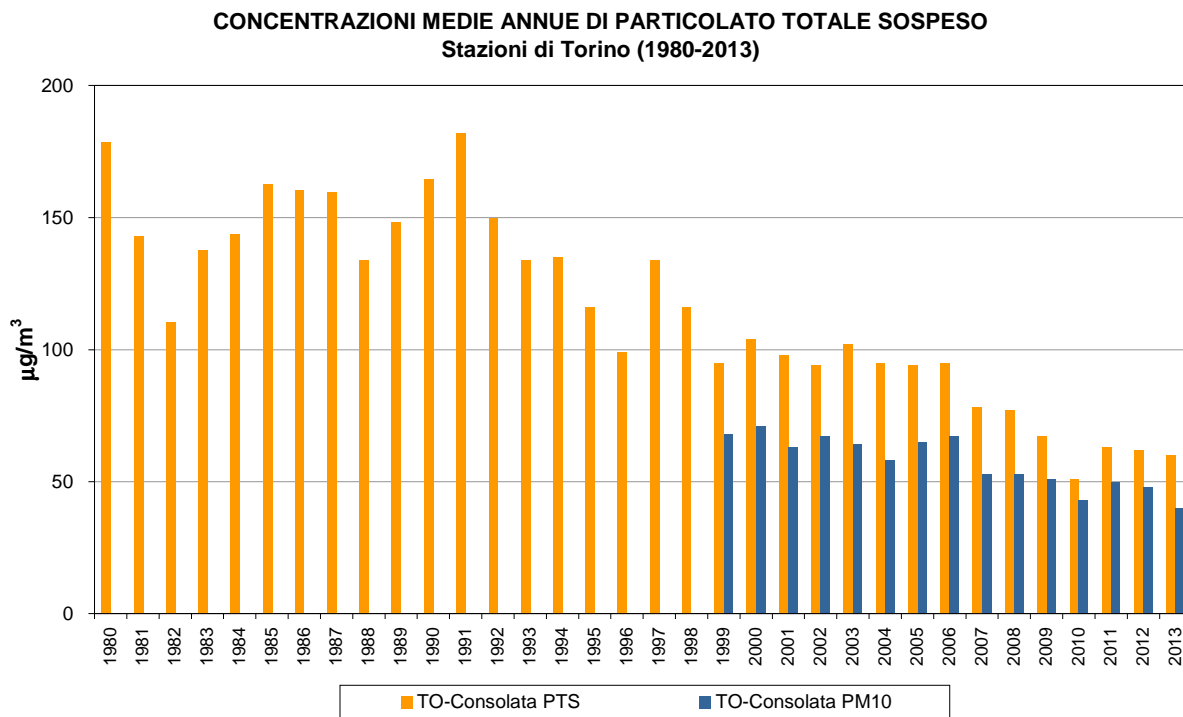


FIGURA 18: parametro PTS, medie annuali misurate nelle stazioni di Torino dal 1980 al 2013.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2013 (% giorni validi)	PM10 – VALORE MEDIO ANNUO Valore limite annuale: 40 µg/m³										PM10- NUMERO DI SUPERAMENTI del valore limite di 24 ore (50 µg/m³)									
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Baldissero (B)	98	-	-	23*	22	22	19	20	23	21	<b>17</b>	-	-	9*	16	31	16	13	33	17	<b>9</b>
Beinasco-TRM (B)	96	-	-	-	-	-	-	-	-	48*	<b>33</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	37*	<b>70</b>
Borgaro	89	46	51	56	46	43	41	37	43	42*	<b>35*</b>	130	143	161	118	93	101	83	107	90*	<b>75*</b>
Carmagnola	98	47	47	61	50*	48	50	44	49	50	<b>42</b>	107	125	171	130*	124	131	118	130	137	<b>109</b>
Ceresole Reale (B)	83	-	-	-	-	-	-	6*	7*	7	<b>6*</b>	-	-	-	-	-	-	0*	0*	0	<b>0*</b>
Collegno	96	-	-	-	-	-	-	-	-	33*	<b>36</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	50*	<b>83</b>
Druento	98	31*	36	38	32	32	32*	27	31	28	<b>24</b>	46*	83	77	63	56	52*	38	63	45	<b>29</b>
Ivrea	95	-	-	-	39*	34	33	28	35	34	<b>27</b>	-	-	-	89*	73	71	53	82	71	<b>52</b>
Leini (B)	100	-	-	43*	46*	44*	39*	35*	36*	33	<b>29</b>	-	-	52*	97*	94*	81*	61*	74*	66	<b>59</b>
Oulx	94	-	-	27	20	20*	18	19	20	17	<b>18</b>	-	-	31	6	18*	3	7	11	3	<b>6</b>
Pinerolo	95	38*	42	43	37	36	32*	28*	32	29	<b>26</b>	77*	102	96	74	66	61*	29*	57	54	<b>33</b>
Settimo	95	-	-	-	-	-	-	-	-	44	<b>39</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	111	<b>88</b>
Susa	93	30	29	30	22	25	21	22	23	21	<b>18</b>	42	43	40	27	39	16	21	24	15	<b>10</b>
To-Consolata	98	58	65	67	53	53	51	43	50	48	<b>40</b>	173	199	184	146	124	123	102	134	118	<b>100</b>
To-Grassi	92	69	70*	71	66	61	57	50	59	60*	<b>48</b>	213	197*	194	190	150	151	131	158	103*	<b>126</b>
To-Lingotto (B)	96	-	43	64	61*	43	41	34	48*	41*	<b>34</b>	-	98	172	147*	90	92	72	95*	90*	<b>69</b>
To-Lingotto	93	-	-	-	-	-	-	36	44	42	<b>38</b>	-	-	-	-	-	-	80	106	94	<b>89</b>
To-Rebaudengo	71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>37*</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>53*</b>
To-Rubino	98	-	-	-	47*	43	44*	39	47	40*	<b>35</b>	-	-	-	95*	90	96*	83	111	83*	<b>87</b>

(\*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 17: parametro PM10, valutazione statistica anni 2000-2013.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2013 (% giorni validi)	PTS – VALORE MEDIO ANNUO									
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
To-Consolata,	79%	95*	95*	95*	78*	77*	67*	51	63	62*	<b>60*</b>

(\*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 18: parametro polveri totali (PTS), valutazione statistica anni 2000-2013.

# STUDIO DELLA CONCENTRAZIONE NUMERICA DI PARTICELLE ULTRAFINI NELL'AREA METROPOLITANA TORINESE – RISULTATI ANNO 2013 E CONFRONTO CON MISURE IN QUOTA

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

*Milena Sacco, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.*

## 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 Provincia di Torino hanno promosso uno specifico progetto di indagine 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 Provincia 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 To-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.

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

## ESAME DEI DATI RELATIVI ALL'ANNO 2013

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. I dati relativi ai primi sei mesi di monitoraggio condotto ancora in quota sul grattacielo della Provincia sono esaminati nel paragrafo "Confronto tra le misure in quota e al suolo".

In TABELLA 19 sono riportati i valori medi del periodo 1 gennaio– 31 dicembre 2013, calcolati come media delle medie orarie.

Il valore medio del periodo è  $4200 \cdot 10^6$  particelle/m<sup>3</sup> con massimi di  $33000 \cdot 10^6$  particelle/m<sup>3</sup>. Come si può osservare in FIGURA 19 la frazione più rilevante di particelle è quella con diametro compreso tra i 200 e i 1000 nm (circa il 27%), mentre la classe numericamente inferiore è quella più fine (20-30 nm), che rappresenta circa il 10% del totale. Complessivamente le particelle ultrafini (al di sotto dei 100 nm) rappresentano il 51 % del totale.

	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200-1000 nm	Totale
Minima media giornaliera	160*10 <sup>6</sup>	200*10 <sup>6</sup>	87*10 <sup>6</sup>	63*10 <sup>6</sup>	64*10 <sup>6</sup>	120*10 <sup>6</sup>	700*10 <sup>6</sup>
Massima media giornaliera	1300*10 <sup>6</sup>	2900*10 <sup>6</sup>	5700*10 <sup>6</sup>	9800*10 <sup>6</sup>	8400*10 <sup>6</sup>	4400*10 <sup>6</sup>	33000*10 <sup>6</sup>
Media delle medie giornaliere	440*10 <sup>6</sup>	600*10 <sup>6</sup>	520*10 <sup>6</sup>	630*10 <sup>6</sup>	870*10 <sup>6</sup>	1100*10 <sup>6</sup>	4200*10 <sup>6</sup>
Giorni validi	354	354	354	354	354	354	
Percentuale giorni validi	97%	97%	97%	97%	97%	97%	
Media dei valori orari	440*10 <sup>6</sup>	600*10 <sup>6</sup>	520*10 <sup>6</sup>	630*10 <sup>6</sup>	870*10 <sup>6</sup>	1100*10 <sup>6</sup>	4200*10 <sup>6</sup>
Massima media oraria	12000*10 <sup>6</sup>	35000*10 <sup>6</sup>	75000*10 <sup>6</sup>	91000*10 <sup>6</sup>	61000*10 <sup>6</sup>	26000*10 <sup>6</sup>	
Ore valide	8543	8544	8544	8544	8545	8502	
Percentuale ore valide	98%	98%	98%	98%	97%	97%	
Distribuzione percentuale rispetto al totale	10%	14%	12%	15%	21%	27%	

TABELLA 19: elaborazioni statistiche anno 2013.

## DISTRIBUZIONE DIMENSIONALE - anno 2013

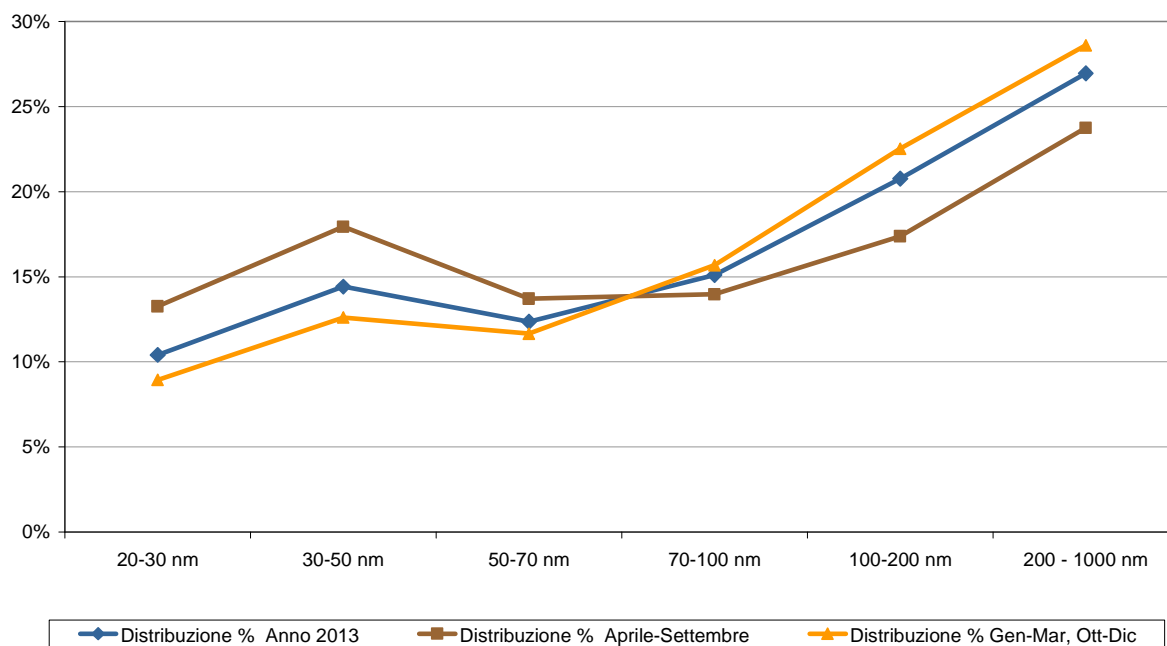


FIGURA 19: distribuzione dimensionale delle particelle – Anno 2013.

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):

- Barcellona<sup>6</sup> (5-1000 nm): 17000 \* 10<sup>6</sup> particelle/m<sup>3</sup>
- Lugano<sup>6</sup> (7-1000 nm): 15000 \* 10<sup>6</sup> particelle/m<sup>3</sup>
- Nord Kensington UK<sup>6</sup> (7-1000 nm): 12000 \* 10<sup>6</sup> particelle/m<sup>3</sup>
- Roma<sup>7</sup> (7-1000 nm): 25000 \* 10<sup>6</sup> particelle/m<sup>3</sup> (Marconi et al 2007)
- Bologna<sup>8</sup> (5.6 - 560 nm): 9000 \* 10<sup>6</sup> particelle/m<sup>3</sup>
- Piacenza<sup>9</sup> (7nm – 10 µm, strumento identico a quello in esame): 5000-11000 \* 10<sup>6</sup> particelle/m<sup>3</sup>

<sup>6</sup> 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

<sup>7</sup> Marconi et al, Two Years of fine and ultrafine particles measurements in Rome, Italy, J Toxicol Environ Health, 70, 213-21, 2007

<sup>8</sup> 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

<sup>9</sup> Ozgen S., Lonati G., Progetto UPUPA: i rilevamenti ambientali, Convegno Progetto UPUPA, Piacenza, 22/1/2014

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 Roma<sup>10</sup> 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 \*10<sup>6</sup> particelle/m<sup>3</sup> e quindi circa sette volte maggiore nel sito di viale Augusto Monti.

Analizzando le medie per classe dimensionale per i due periodi estivo (aprile-settembre) ed invernale (da gennaio a marzo e da ottobre a dicembre), osservabile in FIGURA 20, 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 invernali arrivano ad essere più di due volte quelli estivi per le particelle maggiori di 200 nm. Sembra pertanto che in periodo invernale sia favorita l'agglomerazione delle particelle in particelle più grandi e la condensazione di gas semivolatili; 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.

La variabilità del corso della giornata è più ampia per le classi dai 50 ai 200 nm rispetto alle classi con dimensioni maggiori di 200 nm ed inferiori ai 50 nm, che presentano un andamento più costante. Nel sito in quota si era evidenziato invece che le classi di dimensioni minori erano maggiormente variabili, in accordo con altri dati in letteratura<sup>11</sup>. Una possibile spiegazione è legata al fatto che il sito di Torino Lingotto è di fondo urbano e quindi meno influenzato del precedente da emissioni primarie dirette di particolato, di norma più ricche nella frazione ultrafine.

In estate si evidenzia un andamento con un massimo assoluto alle 8 del mattino ed un picco serale meno pronunciato intorno alle 22-23 (FIGURA 22), 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 alle ore 15 in periodo estivo per le particelle dai 20 a 50 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 Lazio<sup>12</sup>. La forte radiazione solare rende disponibile il radicale ossidrilico OH che ossida l'SO<sub>2</sub> disponibile ad acido solforico, che porta poi alla formazione di particolato. Tale incremento si ha in corrispondenza del minimo della umidità relativa dell'aria, mentre rispetto al picco della radiazione solare ci sono 3 ore di ritardo (FIGURA 21).

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 1.4 e 2, in inverno variano da 1.7 per le particelle maggiori di 200 nm a 3.6 per le particelle di dimensione 70-100 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 22).

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'ammonio<sup>13</sup>.

<sup>10</sup> 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

<sup>11</sup> 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.

<sup>12</sup> Buonanno, Fuoco, Stabile, Viola, La misura dell'esposizione alle polveri aerodisperse: dal PM10 alle nano particelle, 2011, Libellula Edizioni

<sup>13</sup> 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

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 maggio-settembre alle 21.00.

**MEDIA PER CLASSE DIMENSIONALE**

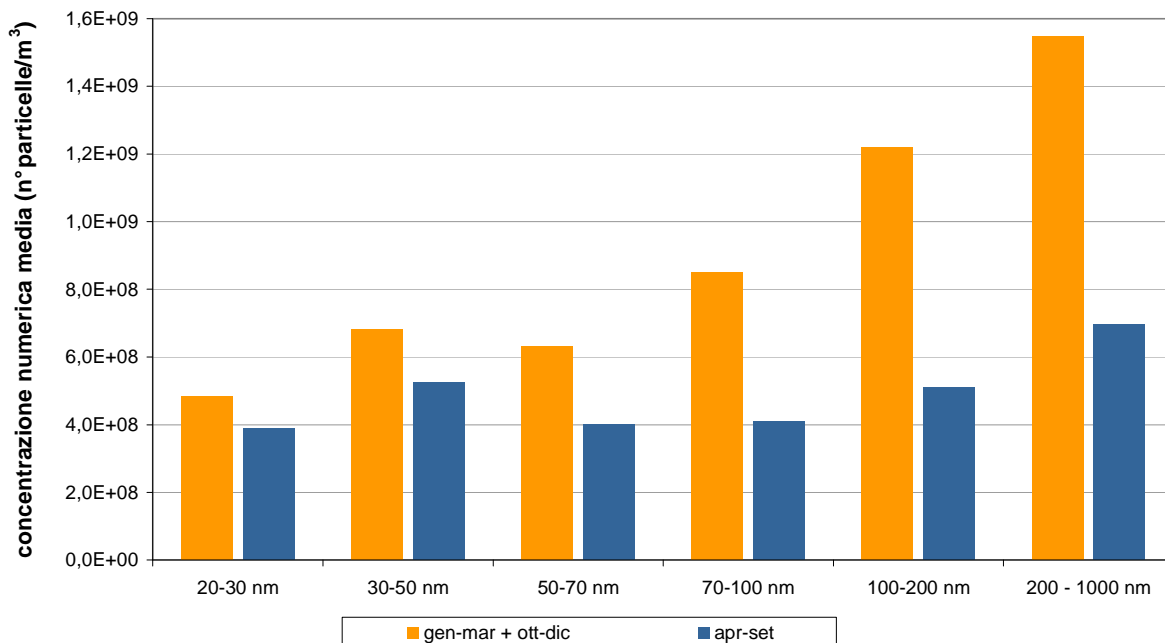


FIGURA 20: media per classe dimensionale.

**UMIDITA' - RADIAZIONE SOLARE GLOBALE Aprile-Settembre 2013**

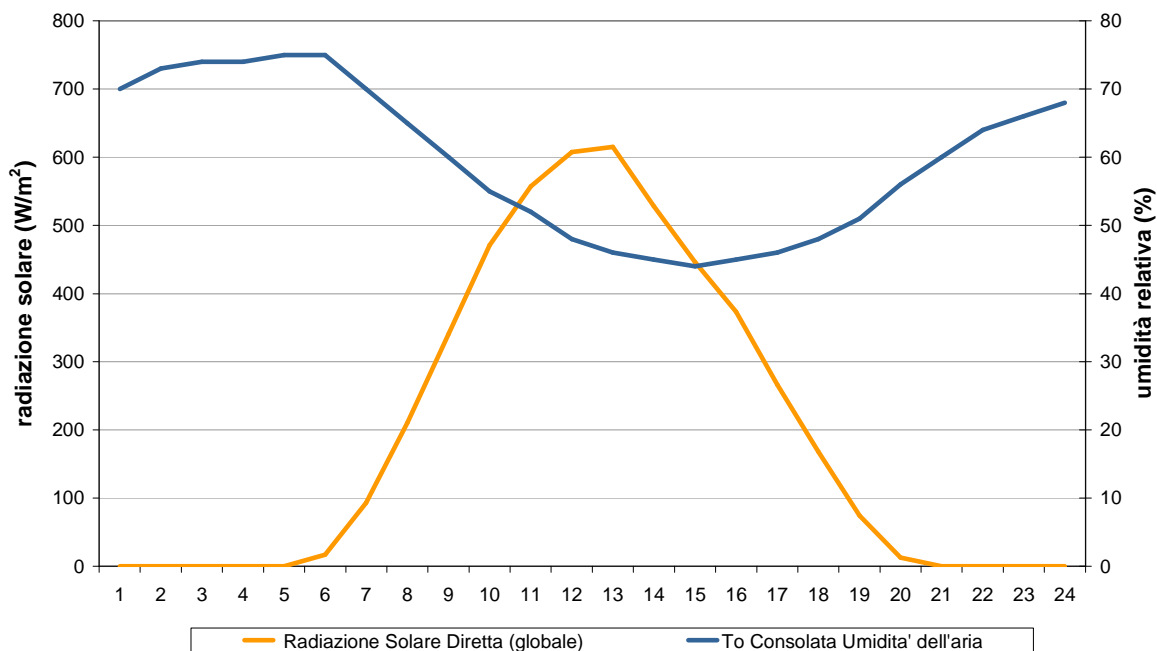


FIGURA 21: giorno medio Umidità relativa e radiazione solare – Aprile-Settembre 2013.



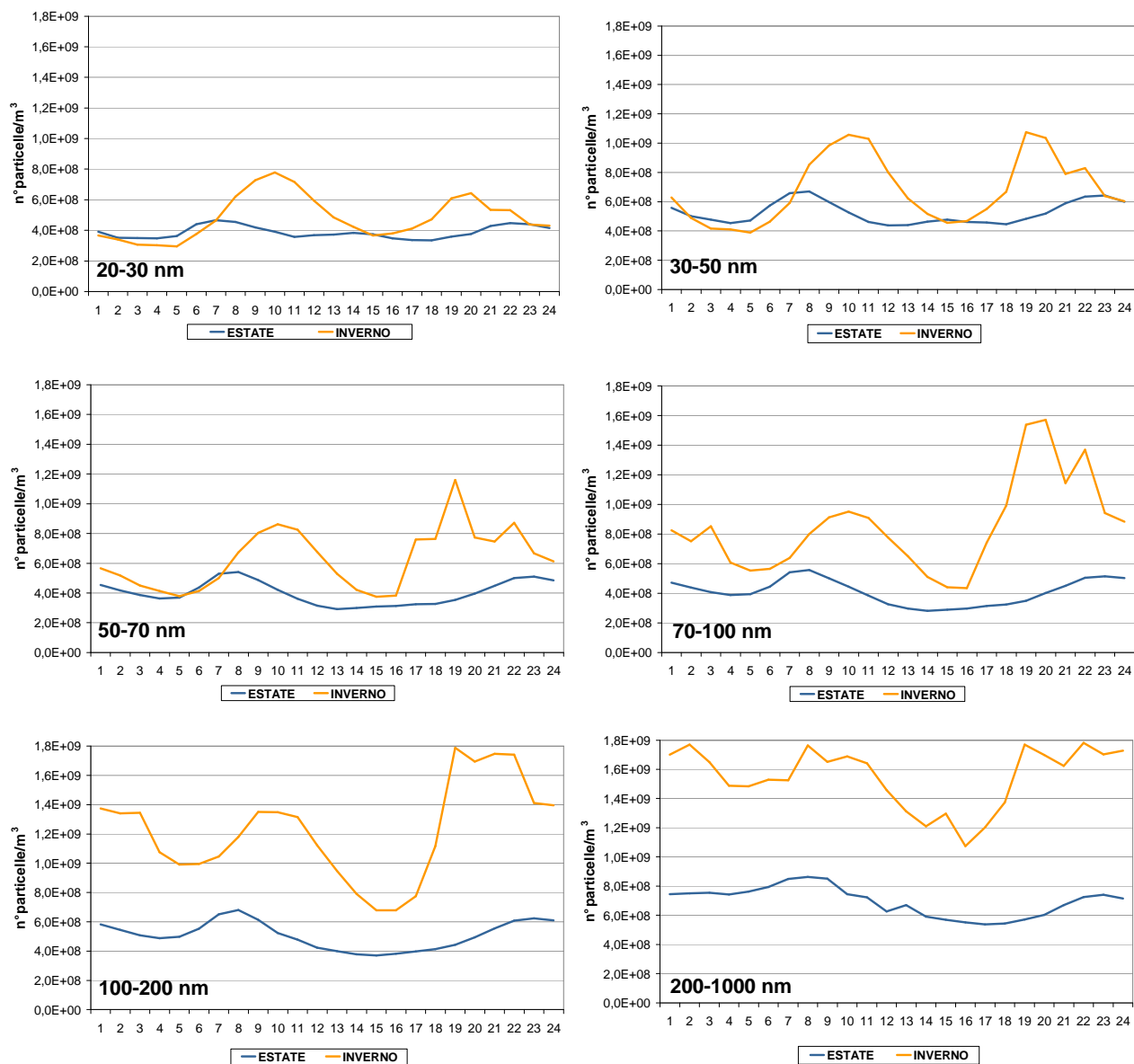


FIGURA 22: andamento giorno medio, confronto per classe dimensionale.

Per quanto riguarda gli andamenti di lungo periodo, in FIGURA 23 è rappresentato l'andamento delle concentrazioni medie mensili totali di particelle relative all'anno 2013.

Si osserva che, per le particelle al di sopra dei 200 nm, i massimi assoluti si collocano nel periodo invernale, come per le concentrazioni in massa di PM10 e PM2,5. L'incremento della frazione di dimensioni maggiori si può attribuire all'incremento delle emissioni ma anche all'aggregazione/condensazione delle frazioni più fini in frazioni più grossolane. Per le particelle di dimensione inferiore ai 200 nm non si riscontra l'aumento delle concentrazioni nel periodo ottobre-dicembre, anzi si verifica una costanza o una diminuzione rispetto al mese di settembre.

## ANDAMENTO MEDIE MENSILI - Anno 2013

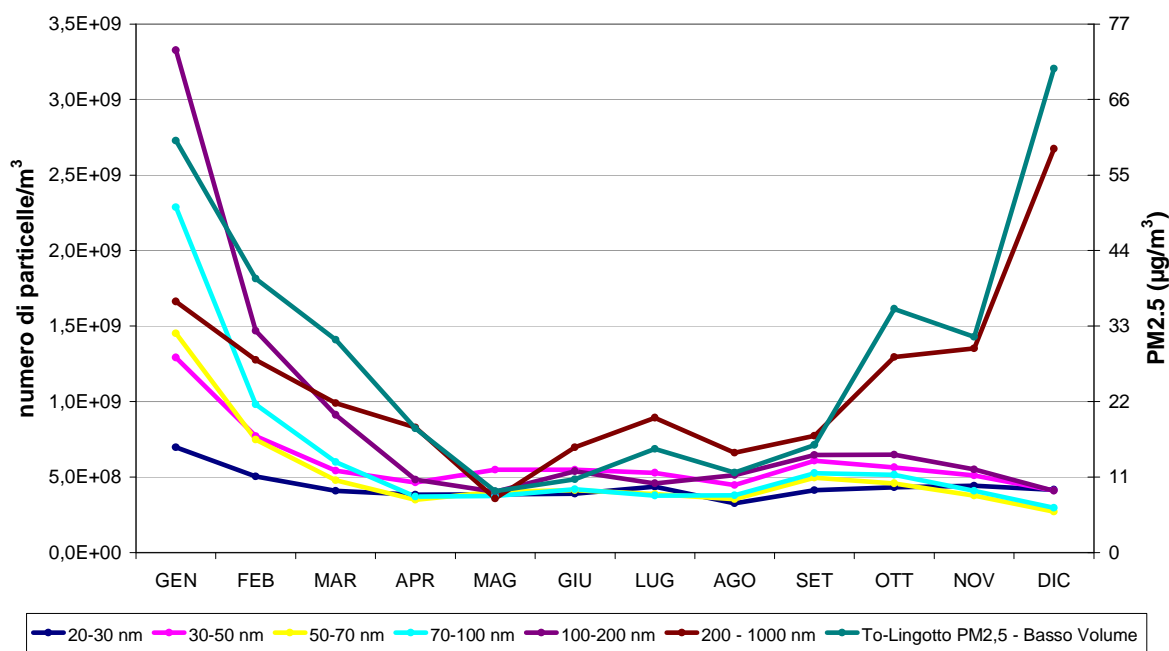


FIGURA 23: medie mensili del numero di particelle

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 maggio-settembre (periodo detto "estivo") e gennaio-marzo con 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 ipotizza pertanto che la formazione delle particelle ultrafini sia prevalentemente secondaria, confermata anche dalla maggiore correlazione 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 200 nm, che hanno una maggiore massa rispetto alle particelle più fini.

Nel periodo più freddo invece, come riportato in TABELLA 21, la correlazione delle particelle superiori ai 200 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. Un 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 200 nm è ottima, con coefficienti prossimi ad uno. Le particelle con dimensione inferiore ai 200 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
To-Lingotto, PM10 - Beta	0,18	0,01	0,14	0,30	0,48	0,84
To-Lingotto, PM10 - Basso Volume	0,24	0,06	0,17	0,32	0,53	0,87
To-Lingotto, PM2,5 - Basso Volume	0,19	-0,07	-0,02	0,12	0,34	0,89
To-Lingotto, O <sub>3</sub>	-0,05	-0,15	-0,14	-0,06	0,15	0,36
To-Lingotto, NO	0,11	0,18	0,29	0,35	0,35	0,21
To-Lingotto, NO <sub>2</sub>	0,30	0,33	0,47	0,56	0,58	0,50
To-Lingotto, Benzene	0,08	0,01	0,04	0,11	0,13	0,20

TABELLA 20: correlazioni con i principali parametri chimici nel periodo aprile-settembre 2013

R di Pearson	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200-1000 nm
To-Lingotto, PM10 - Beta	0,43	0,36	0,40	0,42	0,46	0,86
To-Lingotto, PM10 - Basso Volume	0,41	0,33	0,36	0,38	0,42	0,87
To-Lingotto, PM2,5 - Basso Volume	0,37	0,30	0,32	0,35	0,40	0,87
To-Lingotto, O <sub>3</sub>	-0,32	-0,23	-0,21	-0,21	-0,23	-0,45
To-Lingotto, NO	0,26	0,12	0,07	0,09	0,13	0,73
To-Lingotto, NO <sub>2</sub>	0,52	0,44	0,39	0,38	0,47	0,64
To-Lingotto, Benzene	0,26	0,19	0,17	0,19	0,25	0,74

TABELLA 21: correlazioni con i principali parametri chimici nel periodo gennaio-marzo + ottobre-dicembre 2013.

### CONFRONTO TRA LE MISURE IN QUOTA E AL SUOLO

Il monitoraggio è stato condotto in quota (a 50 m) da ottobre 2009 fino a luglio 2012. In FIGURA 24 si evidenzia l'andamento dal 2010 al 2013, escludendo il 2009 in quanto sono stati misurati solo dati invernali. Si può osservare che l'andamento medio annuale è decrescente, abbastanza in accordo con l'andamento del numero dei giorni favorevoli all'accumulo di PM10, stimati per l'agglomerato torinese, tranne che per il 2010, anno molto favorevole alla dispersione delle polveri PM10, ma nel quale invece il numero di particelle è stato superiore agli anni successivi.

#### MEDIA DEI VALORI ORARI DEL NUMERO TOTALE DI PARTICELLE 2010-2013

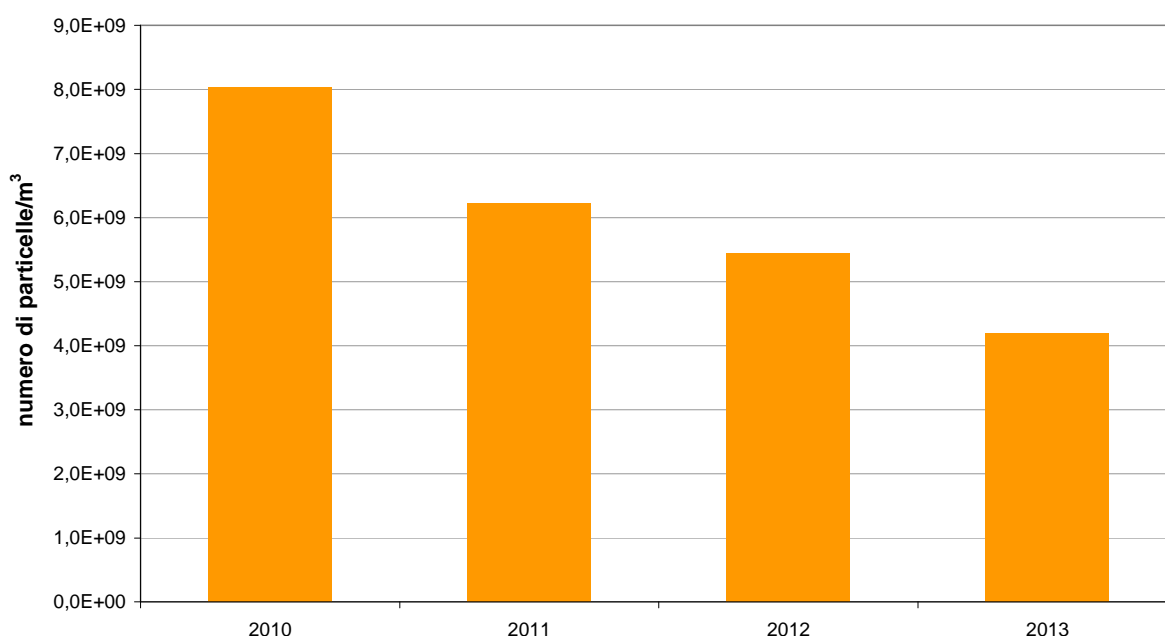


FIGURA 24: andamento dei valori medi annuali dal 2010 al 2013.

Scendendo però nel dettaglio della distribuzione del numero di particelle per classe dimensionale (FIGURA 25), si osserva che questo andamento decrescente è presente solo per le particelle inferiori ai 50 nm, mentre per le particelle più grandi, maggiori di 200 nm l'andamento è contrario e nel 2013 si sono registrati i valori più alti per questa classe dimensionale (FIGURA 26). Nel 2010 invece 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, che si attestano al 25% rispetto al totale delle particelle. 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, pertanto si può ipotizzare che queste altezze stiano all'interno dello strato rimescolato e quindi non ci siano notevoli differenze.

Il 2010 è stato caratterizzato da intense precipitazioni, in particolare a Torino si sono registrate precipitazioni superiori del 60% rispetto al periodo 1991-2005. Le precipitazioni sono state più abbondanti della norma a partire da metà giugno in poi. In particolare la pioggia dei mesi di

Novembre e Dicembre ha contribuito a determinare l'anomalia annuale. Come evidenziato nel prossimo paragrafo, la pioggia abbatte maggiormente le particelle di dimensioni maggiori pertanto questo può avere contribuito alla maggiore percentuale delle particelle più fini rispetto al totale delle particelle.

Nel grafico sulle particelle 200-1000 nm (FIGURA 26) si può notare come i mesi più critici per questa classe dimensionale siano stati febbraio 2012 e dicembre 2013, i quali hanno presentato peculiarità meteorologiche che hanno determinato questa criticità.

Il mese di Febbraio 2012 è stato un mese particolarmente freddo nei primi quindici giorni, con pochi precedenti nell'ultimo secolo (gennaio 1985, febbraio 1956); nelle giornate fredde, inoltre, si è registrata una umidità relativa media giornaliera superiore al 60%.

Il mese di Dicembre 2013 nei primi venti giorni del mese è stato caratterizzato da condizioni di stabilità notevoli causate dalla presenza di strutture anticicloniche sull'Europa centro-occidentale, l'anticiclone delle Azzorre nella prima decade e quello africano nella seconda. Le condizioni di stabilità atmosferica avute nelle prime due decadi hanno favorito la formazione dei fenomeni nebbiosi nel mese di Dicembre, risultati superiori alla media sia per quanto riguarda le nebbie ordinarie (visibilità inferiore ad 1 km, 24 giorni di nebbia rispetto ai 20 attesi) che per le nebbie fitte (visibilità inferiore a 100 m, 8 giorni di nebbia fitta rispetto ai 4 della norma).<sup>14</sup>

#### DISTRIBUZIONE PERCENTUALE RISPETTO AL TOTALE

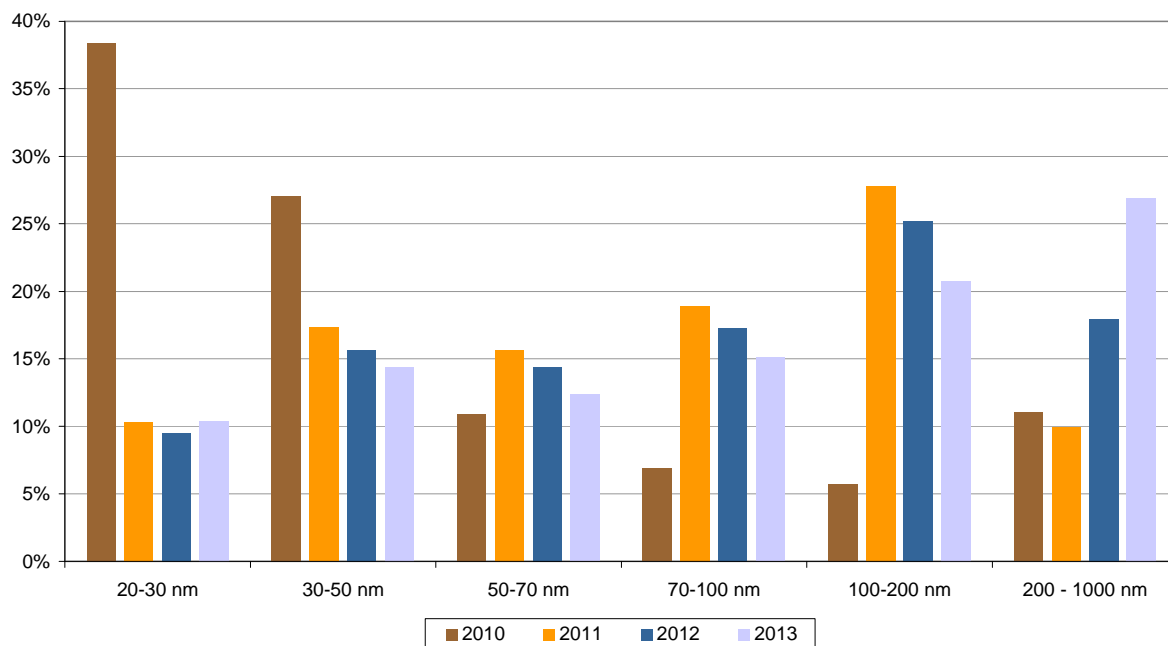


FIGURA 25: andamento della distribuzione percentuale nelle varie classi del numero di particelle.

<sup>14</sup> Arpa Piemonte Sistemi Previsionali, Il Clima in Piemonte - Dicembre 2013

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 (come quelle verificatesi in febbraio 2012 e dicembre 2013) 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 nm<sup>15</sup>. Si veda il confronto tra i parametri meteo e il numero di particelle in FIGURA 27.

Fenomeno analogo si è presentato in ottobre 2013, nei giorni 18-19-20, nei quali si è verificato un picco di concentrazioni nel particolato PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> in tutte le stazioni di pianura del Piemonte. Negli stessi giorni a To-Lingotto si è registrato un aumento notevole delle particelle con diametro 200-1000 nm, in contemporanea con una diminuzione delle particelle di dimensioni inferiori ai 200 nm (FIGURA 28). L'ipotesi è quindi che le particelle di più piccole dimensioni abbiano fatto da "nucleo" e si siano accresciute per le reazioni di formazione di nitrati e l'assorbimento di acqua (vedi capitolo "L'episodio di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> del 19-20 ottobre 2013"). Il giorno di picco del 20 ottobre è stato preceduto da due giorni di inversione termica al suolo dalle 0 alle 5 (il 17-18 ottobre) e il 19 ottobre la temperatura dalle 0 alle 5 è rimasta costante fino a 400m di altezza, pertanto si sono verificate condizioni favorevoli all'accumulo di inquinanti che hanno poi subito una trasformazione chimico-fisica nelle condizioni di alta umidità e bassa radiazione solare del 19-20 ottobre, pur in condizioni di stabilità atmosferica meno critiche.

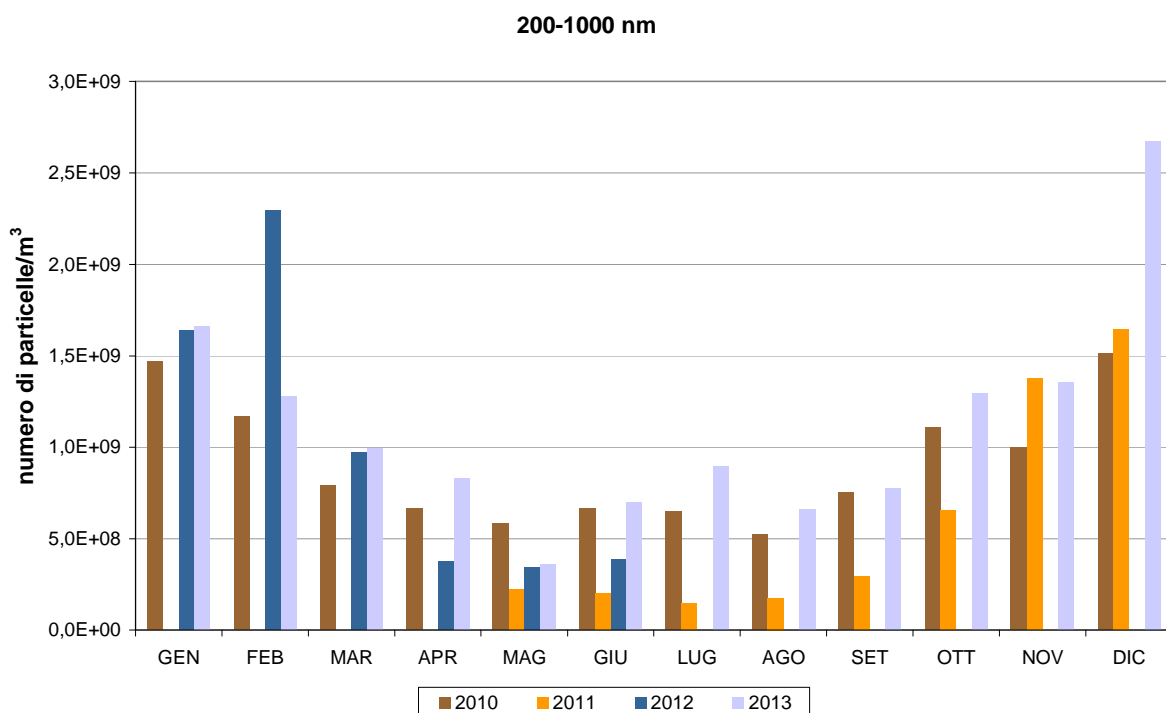


FIGURA 26: andamento della classe dimensionale maggiore di 200 nm.

<sup>15</sup> 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

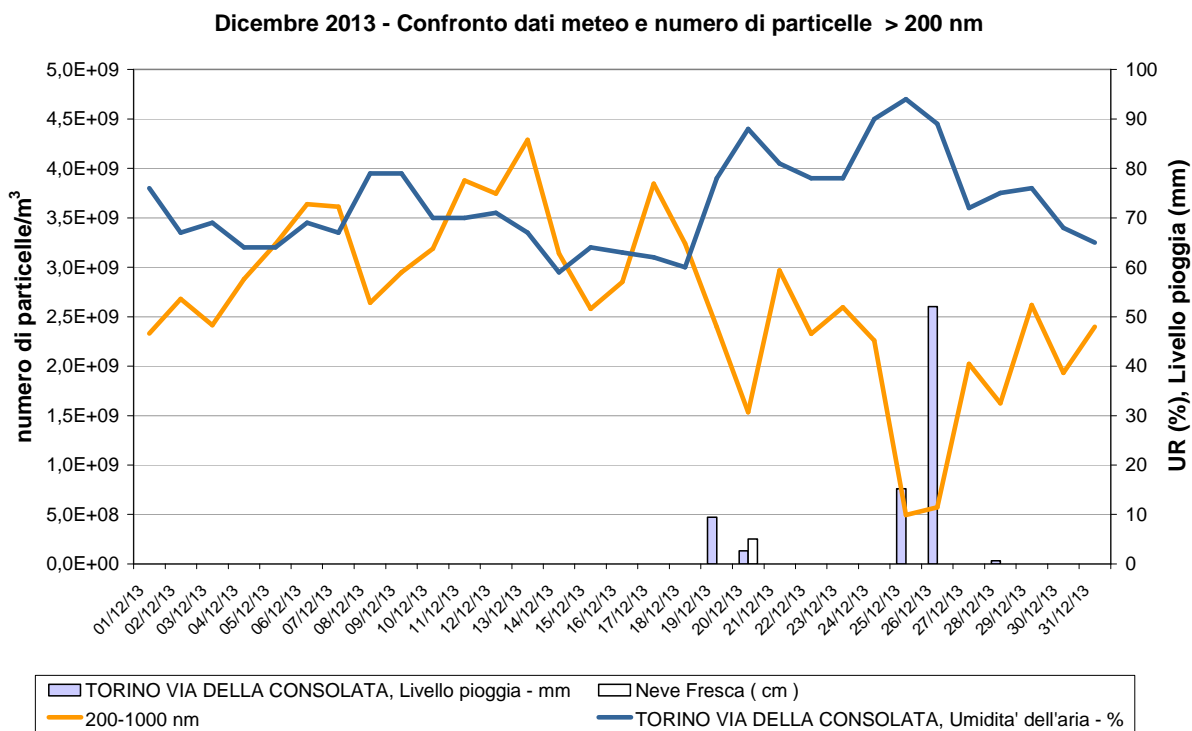


FIGURA 27: andamento numero di particelle 200-1000 nm e parametri meteorologici in dicembre 2013.

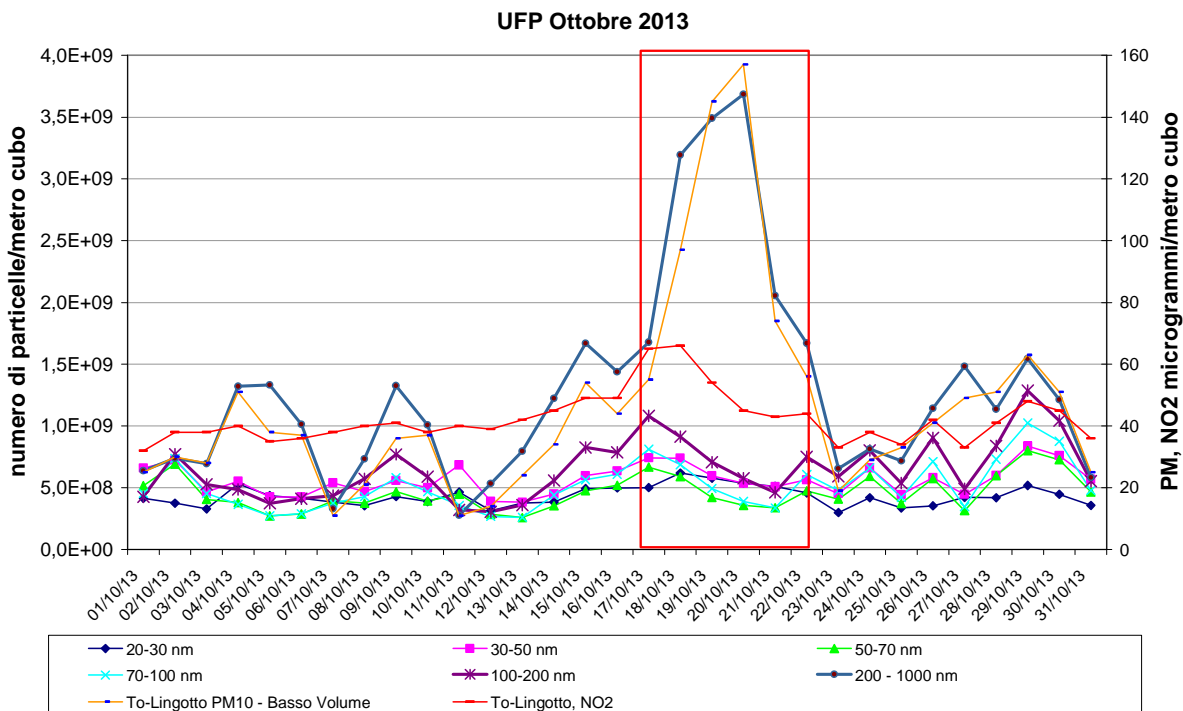


FIGURA 28: distribuzione del numero di particelle fini in funzione del diametro per il mese di ottobre 2013.

### INFLUENZA DELLA PIOGGIA SULLE CONCENTRAZIONI

Come si è visto nell'analisi annuale dei dati misurati, le precipitazioni meteorologiche influenzano notevolmente le concentrazioni numeriche delle particelle.

Al fine di evidenziare la sola influenza della pioggia nella modulazione delle concentrazioni rilevate sono state considerate come giornate piovose quelle in cui è caduta una quantità di pioggia superiore ai 5 mm, nelle quali non c'è stata contemporanea presenza di neve e sono state escluse dalle elaborazioni le giornate in cui la velocità del vento giornaliera è stata superiore a 1,5 m/s.

Nel corso del periodo in esame, sono state complessivamente 33 le giornate che rispettano tali criteri, prevalentemente in periodo primaverile ed autunnale. Complessivamente le precipitazioni

riducono le concentrazioni numeriche nelle proporzioni mostrate in TABELLA22, che evidenzia un effetto maggiore dell'abbattimento al crescere della classe dimensionale

	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200 1000 nm
Riduzione dovuta alle precipitazioni in totale	-22%	-30%	-37%	-46%	-48%	-51%

TABELLA22: riduzioni nella concentrazione numerica delle particelle dovuta alla pioggia.

## CONCLUSIONI

L'analisi dei dati raccolti nella stazione di fondo urbano di To-Lingotto mostrano che la concentrazione numerica di particelle ultrafini è confrontabile come ordine di grandezza con quella rilevata in altre aree italiane.

Complessivamente le particelle ultrafini (al di sotto dei 100 nm) rappresentano il 52 % del totale.

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 200 nm, mentre non si presenta una correlazione significativa con le particelle di dimensioni più fini. Anche l'andamento temporale di lungo periodo presenta analogie con l'andamento del PM10-PM2,5 solo per le particelle superiori ai 200 nm.

Incrementi notevoli nel numero 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 (200-1000 nm) per le reazioni acquose in fase eterogenea, che danno origine a nitrato e solfato d'ammonio.

## L'EPISODIO DI PM10 E PM2,5 DEL 19-20 OTTOBRE 2013

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

Francesco Lollobrigida - ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.

### PREMESSA

Nei giorni 19 e 20 ottobre 2013 sono stati rilevati sul territorio piemontese, ad esclusione delle zone montane di quota, valori sia di PM10 che di PM2,5 anormalmente elevati se confrontati con quelli tipici stagionali. Il fenomeno risulta ancora più eclatante se si considera che si è trattato di un sabato e di una domenica, giorni in cui di norma si assiste invece a una diminuzione delle concentrazioni dei due inquinanti originata dalle minori emissioni di una serie di sorgenti inquinanti, in primis il traffico auto-veicolare.

Sul sito web di Arpa Piemonte è disponibile la relazione tecnica riferita all'ambito regionale prodotta dall'Agenzia nei giorni immediatamente successivi all'evento<sup>16</sup>. Il presente capitolo costituisce invece un approfondimento relativo alla provincia di Torino, con una particolare attenzione alla variazione della composizione chimica del particolato atmosferico nel corso dell'episodio che, come vedremo, è una delle chiavi interpretative del fenomeno.

Nella FIGURA 29 si può osservare che sul territorio provinciale nel 2013 sono state misurate sia per il PM10 che per il PM2,5 le più alte medie giornaliere del mese di ottobre nell'ultimo quinquennio<sup>17</sup>. Rispetto ai quattro anni precedenti l'aumento della massima media giornaliera di ottobre è risultata in media del 28% per il PM10 e del 49% per il PM2,5. Per entrambi gli inquinanti nel 2013 il valore massimo del mese è stato misurato domenica 20 ottobre e quello immediatamente successivo sabato 19 ottobre, sempre nella stazione di fondo urbano di Torino Lingotto.

**MASSIMA MEDIA GIORNALIERA MESE DI OTTOBRE**  
Provincia di Torino (2009-2013)

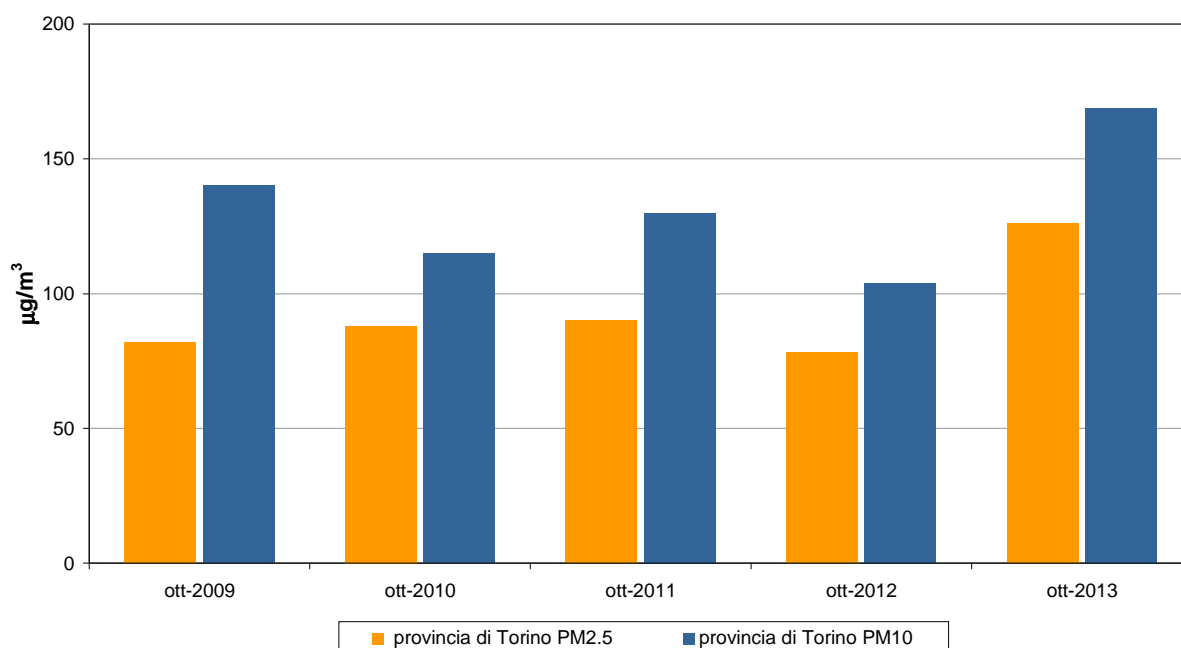


FIGURA 29: massima concentrazione media giornaliera del mese di ottobre nell'ultimo quinquennio.

### ANALISI DEI DATI DI COMPOSIZIONE DEL PARTICOLATO NEL CORSO DELL'EPISODIO

Come già sottolineato l'episodio del 19 e 20 ottobre non è stato a carattere puntuale ma al contrario ha interessato sostanzialmente tutte le aree non di quota. A titolo esemplificativo nella FIGURA 30 sono riportate le concentrazioni di PM10 del mese di ottobre in sei stazioni di diversa tipologia ubicate in aree diverse del territorio. Risulta evidente che nelle giornate in questione si è

<sup>16</sup> Il documento è disponibile all'indirizzo <http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/aria/aria/cartella-approfondimenti/analisi-episodio-di-inquinamento-da-particolato>

<sup>17</sup> Per un confronto corretto sono stati considerati solo i punti di misura dotati di campionatori gravimetrici gestiti da Arpa e attivi in tutti e cinque gli anni presi in considerazione (11 punti per il PM10 e 4 per il PM2,5). Sono stati quindi esclusi i punti di misura che sono state attivati dal 2010 in poi, in particolare quello di Carmagnola che ha registrato una media di PM10 di 169 µg/m³ il 20 ottobre e di 138 µg/m³ il 19 ottobre



verificato in tutti i siti un repentino incremento delle concentrazioni rispetto ai tipici valori stagionali con superamento del valore limite giornaliero.

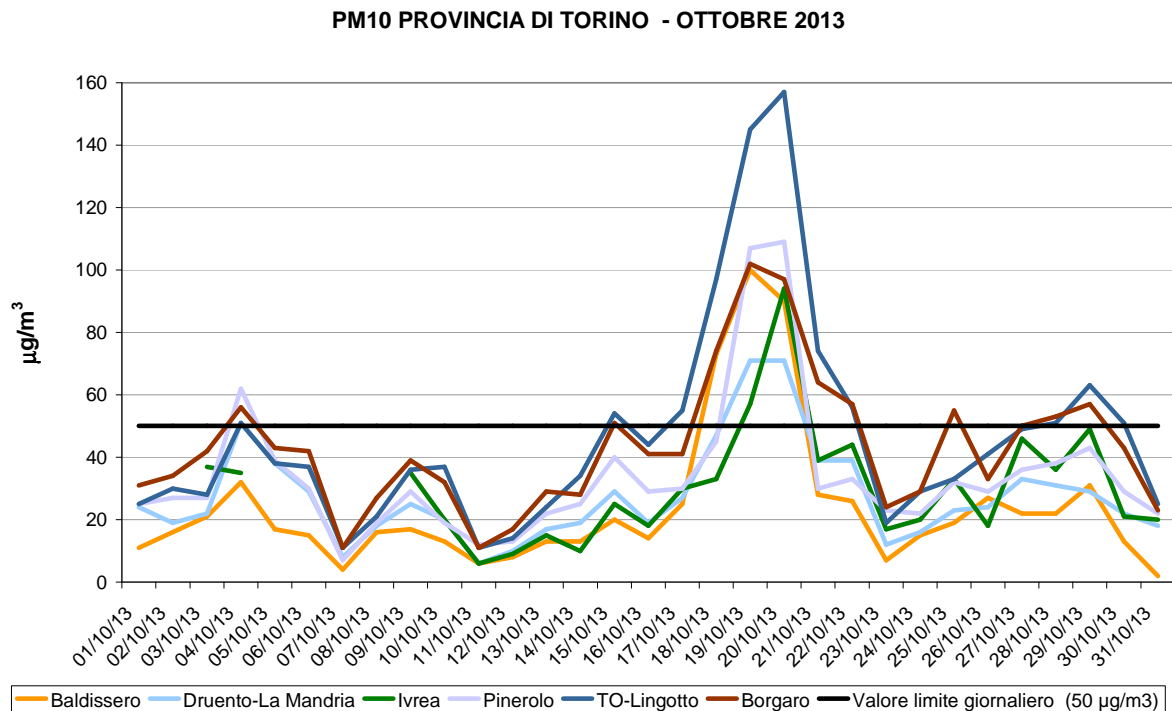


FIGURA 30: andamento del PM10 sul territorio provinciale nell'ottobre 2013.

Poiché l'ampio ambito territoriale interessato suggerisce che l'interpretazione dell'episodio sia attribuibile a fenomeni di formazione secondaria del particolato (che per loro natura avvengono appunto su grande scala spaziale) è stata effettuata la determinazione dei componenti secondari inorganici (ammonio, solfato e nitrato) e del carbonio organico (OC) e elementare (EC)<sup>18</sup> sui campioni di PM10 raccolti in due stazioni di fondo dell'area urbana torinese, vale a dire Beinasco-TRM e Torino Rubino<sup>19</sup>. Sono inoltre stati analizzati i dati prodotti nel corso dell'episodio dallo strumento (UFP monitor) che misura la concentrazione numerica delle particelle ultrafini e che è installato presso la stazione di Torino Lingotto (si veda il capitolo "Studio della concentrazione numerica di particelle ultrafini nell'area metropolitana torinese").

Le principali conclusioni che emergono dall'analisi dei dati disponibili sono le seguenti:

- l'aumento delle concentrazioni di PM10 nel corso dell'episodio è quasi totalmente ascrivibile alla frazione denominata "fine" (quella con dimensioni sino a 2.5 micron ovvero equivalente a PM2,5), la quale è prevalentemente di origine secondaria<sup>20</sup>; la frazione "coarse" (quella comprese tra 2.5 micron e 10 micron, di origine principalmente primaria<sup>21</sup>), rimane sostanzialmente costante nel corso dell'episodio (FIGURA 31);

nelle giornate in questione si assiste a un aumento repentino delle concentrazioni dei componenti secondari del PM10, sia inorganici (in particolare i nitrati, vedi FIGURA 32) che organici, come testimoniato dall'aumento del rapporto tra carbonio organico (OC) e carbonio elementare (EC) evidenziato in FIGURA 33;

anche nell'ipotesi conservativa che tutto il carbonio organico nelle due giornate del 19 e 20 ottobre sia di origine secondaria, il suo contributo alla concentrazione totale di PM10 è circa un

<sup>18</sup> In base a un'ampia letteratura scientifica l'aumentare del rapporto OC/EC è un buon indicatore di formazione di particolato organico secondario: a tale proposito valori maggiori di 2-3, sono già considerati significativi. Si veda ad esempio Vecchi et al., The role of atmospheric dispersion in the seasonal variation of PM1 and PM2,5 concentrations and composition in the urban area of Milan (Italy), *Atm. Env.* 38 (2004)

<sup>19</sup> Per la determinazione di OC e EC ci si è avvalsi della collaborazione del Centro Regionale Monitoraggio della Qualità dell'Aria di ARPA Lombardia, mentre le altre determinazioni sono state effettuate dal laboratorio del Dipartimento di Torino

<sup>20</sup> Per una sintetica descrizione delle caratteristiche del particolato secondario si veda il capitolo relativo nell'edizione 2009 di "Uno sguardo all'aria"

<sup>21</sup> La componente secondaria del particolato "coarse" è costituita principalmente da nitrati originati dalla reazione tra acido nitrico e cloruro di sodio o materiale cristallino presente negli aerosol (vedi Seinfeld-Pandis - *Atmospheric chemistry and physics*, 1998 pag. 441)

quarto di quello delle componenti secondarie inorganiche. Il calcolo dei microequivalenti indica che la componente secondaria inorganica è costituita principalmente da nitrato d'ammonio.;

i dati dell'UFP monitor (vedi FIGURA 28) evidenziano che dal 19 al 21 ottobre si assiste a un incremento della concentrazione della frazione di maggiori dimensioni tra quelle misurate dallo strumento (tra 0,2 e 1 micron) e a una contemporanea diminuzione di quelle delle classi di dimensioni inferiori, costituite dalle particelle ultrafini propriamente dette. E' quindi presumibile che nel corso dell'episodio siano avvenuti fenomeni - anch'essi di natura secondaria - di nucleazione (vale a dire di trasformazione di specie gassose primarie di tipo organico in particelle che agiscono come centri di aggregazione) e di coagulazione tra particelle. Va sottolineato a questo proposito che l'acido solforico - la cui presenza significativa è testimoniata dall'aumento nelle due giornate in questione della concentrazione di solfati sul particolato (FIGURA 32) - è individuato in letteratura come la sostanza aerodispersa più importante nel favorire i processi di nucleazione che coinvolgono gli inquinanti organici <sup>22</sup>.

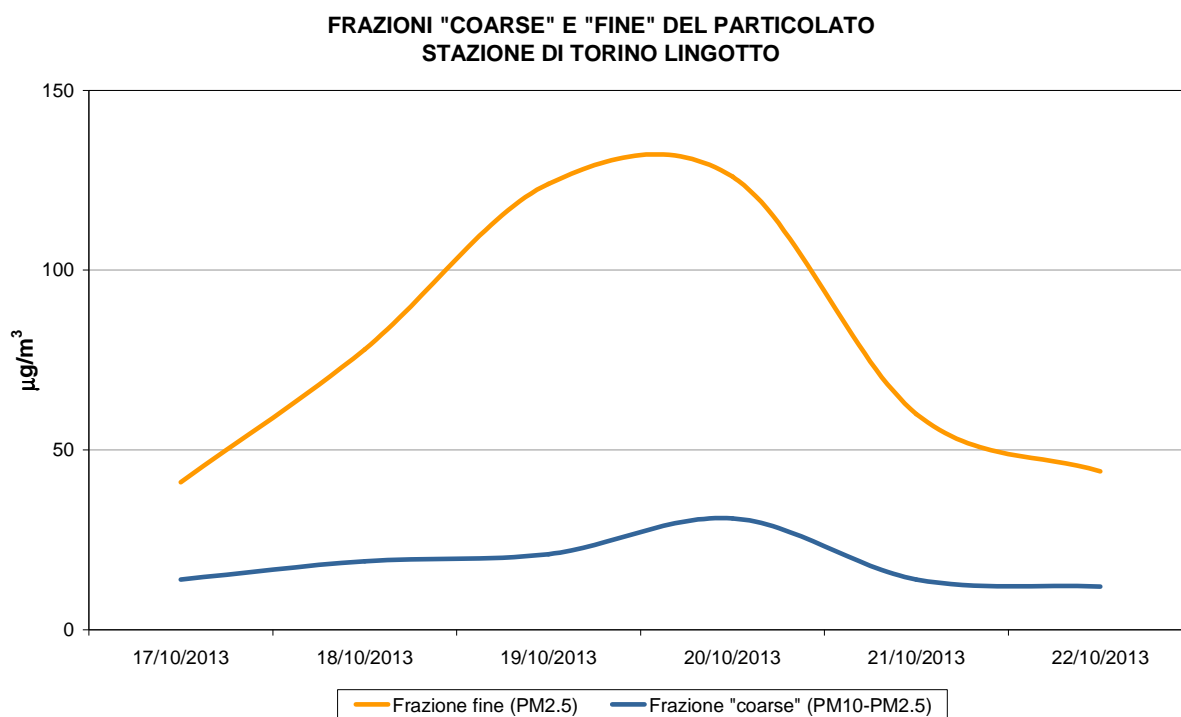


FIGURA 31: andamento della concentrazione delle frazioni "coarse" e "fine" durante l'episodio.

<sup>22</sup> Jenkin, Clemitshaw, Ozone and other secondary photochemical pollutants: chemical processes governing their formation in the planetary boundary layer, Atmospheric Environment 34 (2000) 2499- 2527

**CONCENTRAZIONI COMPONENTI SECONDARI INORGANICI DEL PM10**  
**Stazioni di To-Rubino e Beinasco-TRM**

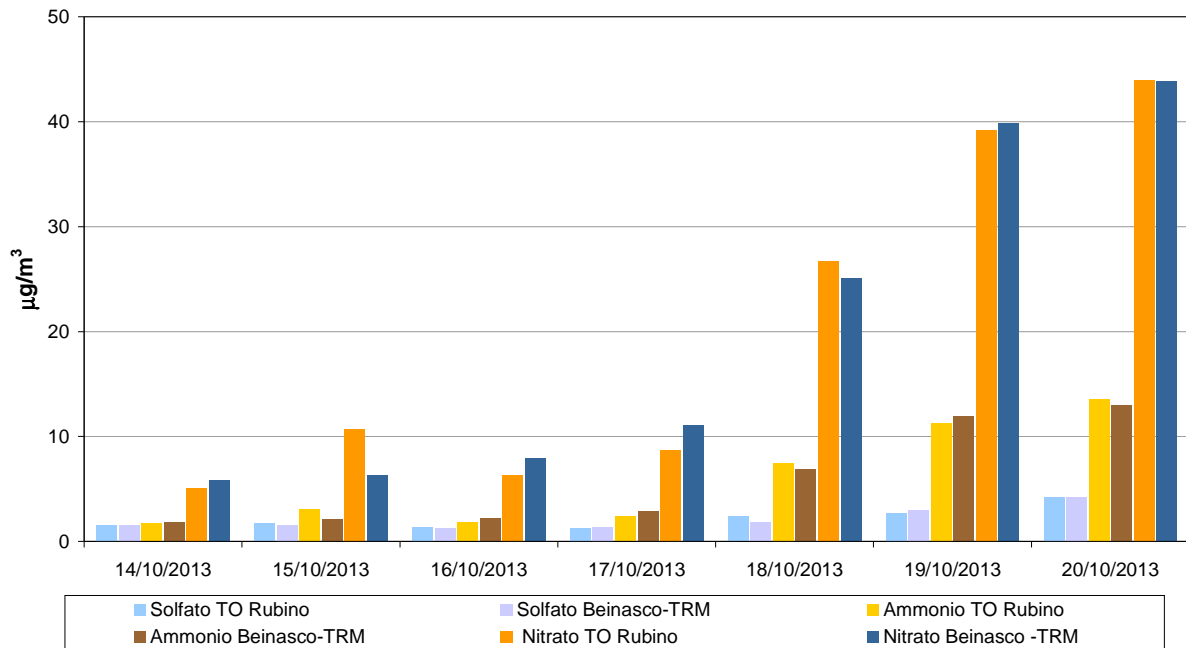


FIGURA 32: andamento della concentrazione in massa delle componenti inorganiche secondarie del PM10.

**RAPPORTO TRA CARBONIO ORGANICO E CARBONIO ELEMENTARE**  
**Stazioni di To-Rubino e Beinasco-TRM**

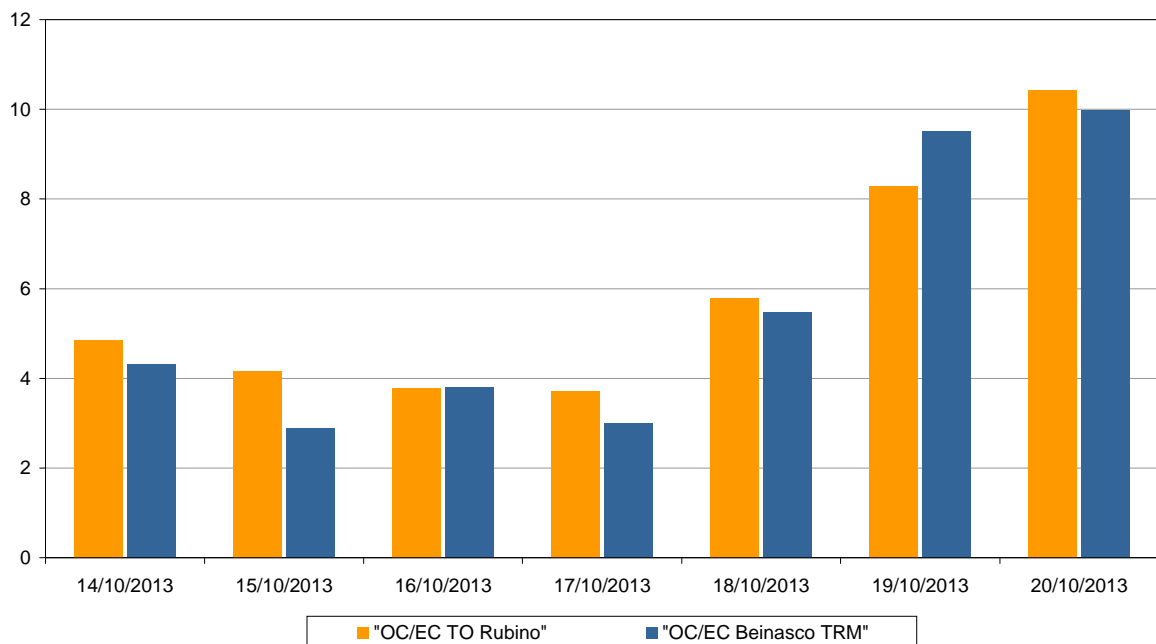


FIGURA 33: andamento del rapporto tra carbonio organico e carbonio elementare.

**INTERPRETAZIONE DELL'EPISODIO**

Tutti i dati disponibili confermano l'ipotesi che l'episodio di picco di PM10 e PM2,5 del 19 e 20 ottobre sia stato originato da un incremento dei fenomeni di formazione secondaria di particolato. E' un dato assodato nella letteratura scientifica che nell'area padana la componente secondaria del particolato riveste grande importanza, ma per una compiuta analisi dell'episodio in esame occorre formulare delle ipotesi sulle cause dell'incremento repentino di tale componente nelle due giornate del 19 e 20 ottobre.

Un aiuto in tal senso è costituito dall'analisi delle condizioni meteorologiche contenuta nella citata relazione tecnica prodotta dall'Agenzia e riferita all'ambito regionale. In sintesi tale analisi ha evidenziato che:

- Il periodo è stato caratterizzato da condizioni di prevalente stabilità atmosferica, ma i valori dell'altezza di rimescolamento sono comunque nella norma per il periodo autunnale. I fenomeni di formazione secondaria del particolato non sono quindi attribuibili a condizioni straordinarie di confinamento dei precursori in prossimità del suolo;
- fino al 18 ottobre si riscontrano condizioni tipicamente anticicloniche, con buon irraggiamento solare (per il periodo), bassa umidità nelle ore centrali della giornata e foschie e nebbie nelle ore più fredde; da sabato 19 si assiste ad un graduale aumento dell'umidità e della copertura nuvolosa.

Si nota in particolare che nelle giornate del 19 e 20 ottobre l'umidità relativa presenta, sia nell'area urbana del capoluogo (FIGURA 34) che nelle aree suburbane e rurali (FIGURA 35), una relativa costanza nell'arco delle 24 ore. Anche nel centro del capoluogo l'umidità relativa nel corso delle due giornate non scende mai al di sotto del 75%, tanto che la differenza tra massimo e minimo è a Torino dell'ordine del 15% contro una media del 40% nelle giornate precedenti. Un fenomeno analogo si osserva per la temperatura, per la quale nel centro di Torino i due valori sono rispettivamente pari a 4 °C e 10 °C. In altre parole durante le due giornate in esame anche nelle ore centrali della giornata e all'interno dell'isola di calore urbana la temperatura rimane relativamente bassa e l'umidità elevata, a differenza di quanto avviene di norma.

Queste condizioni meteorologiche particolari permettono di formulare alcune ipotesi sull'andamento temporale dei componenti secondari sia inorganici che organici.

Nel caso di quelli inorganici - che, come già ricordato, sono i principali responsabili dell'incremento delle concentrazioni di PM10 - è documentato in letteratura<sup>23</sup> che in condizioni di umidità elevata la presenza di acqua sulla superficie delle particelle favorisce da un punto di vista cinetico le reazioni di conversione in fase eterogenea gas-liquido di precursori gassosi (SO<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, NO<sub>x</sub> e NH<sub>3</sub>) in particelle. Più in particolare con l'aumentare dell'umidità si assiste:

- all'aumento della concentrazione di solfati, nitrati e ammonio nel cosiddetto "droplet mode"<sup>24</sup> - vale a dire l'intervallo dimensionale tra 0,5 e 2 µm. L'aumento avviene sia in termini assoluti che in percentuale rispetto al totale della concentrazione di queste specie nell'insieme delle frazioni dimensionali del particolato;
- allo spostamento della distribuzione dimensionale della massa di particolato verso il "droplet mode". È importante rilevare che il picco in massa del "droplet mode" si situa tra 0,7 e 1 µm e ricade quindi nell'intervallo dimensionale per il quale il 19 e 20 settembre l'UFP monitor ha mostrato un incremento repentino del numero di particelle (vedi FIGURA 28).

Per quanto riguarda in particolare il nitrato di ammonio - che come già illustrato è il principale costituente della componente inorganica del particolato nel corso delle due giornate - i dati di letteratura evidenziano che condizioni di umidità elevata limitano<sup>25</sup> la dissociazione in ammoniaca e acido nitrico gassosi, per cui è favorito l'accumulo di nitrato d'ammonio sul particolato<sup>26</sup>.

<sup>23</sup> Si veda ad esempio 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

<sup>24</sup> La distribuzione della massa di particelle aerodisperse può essere vista come suddivisa in tre "modi dimensionali"(Seinfeld-Pandis - Atmospheric chemistry and physics, 1998 par. 7.3 e Wang, cit, pag 68) :

- il modo di condensazione, (ca 0,1 e 0,5 µm, con un picco attorno a 0,2 µm ) che è il risultato del passaggio delle componenti secondarie dell'aerosol dalla fase gassosa a quella liquida;
- il modo "droplet" (ca 0,5 e 2 µm, con un picco attorno a 0,7 µm) originato da reazioni eterogenee - vale a dire in cui i reagenti sono presenti in fasi differenti - che avvengono sulla superficie di particelle preesistenti
- il modo "coarse" ( ca 2-50 µm.)

<sup>25</sup> Stelson and Seinfeld , Relative humidity and temperature dependence of the ammonium nitrate dissociation constant, Atm. Env: 41(2007) S126-S135

<sup>26</sup> Va considerato che , in base alla normativa vigente in tema di impianti termici degli edifici (DPR 412/93 e s.m.i) i comuni di pianura della provincia di Torino ricadono nella zona climatica "E" , per la quale l'esercizio è consentito a partire dal 15 ottobre . Si potrebbe quindi supporre che l'episodio del 19 e 20 ottobre sia originato, per quanto riguarda i nitrati, dal contributo aggiuntivo di tali impianti alle concentrazioni dei precursori gassosi. L'analisi delle concentrazioni nei giorni precedenti all'episodio mostra però che tale contributo non è in ogni caso quello decisivo, in quanto il biossido di azoto evidenzia un incremento nelle giornate del 17 e 18 ottobre solo nell'area urbana torinese mentre, come già ricordato, l'episodio ha interessato tutta l'area di pianura. Che il fattore determinante sia quello meteorologico e non l'accensione degli impianti termici degli edifici è d'altra parte testimoniato dal fatto che l'accensione stessa avviene ogni anno a metà del mese di ottobre senza che, nelle condizioni meteorologiche tipiche stagionali, si riscontrino fenomeni di incremento repentino del PM10 e del PM2,5 come quelli dell'episodio in esame.

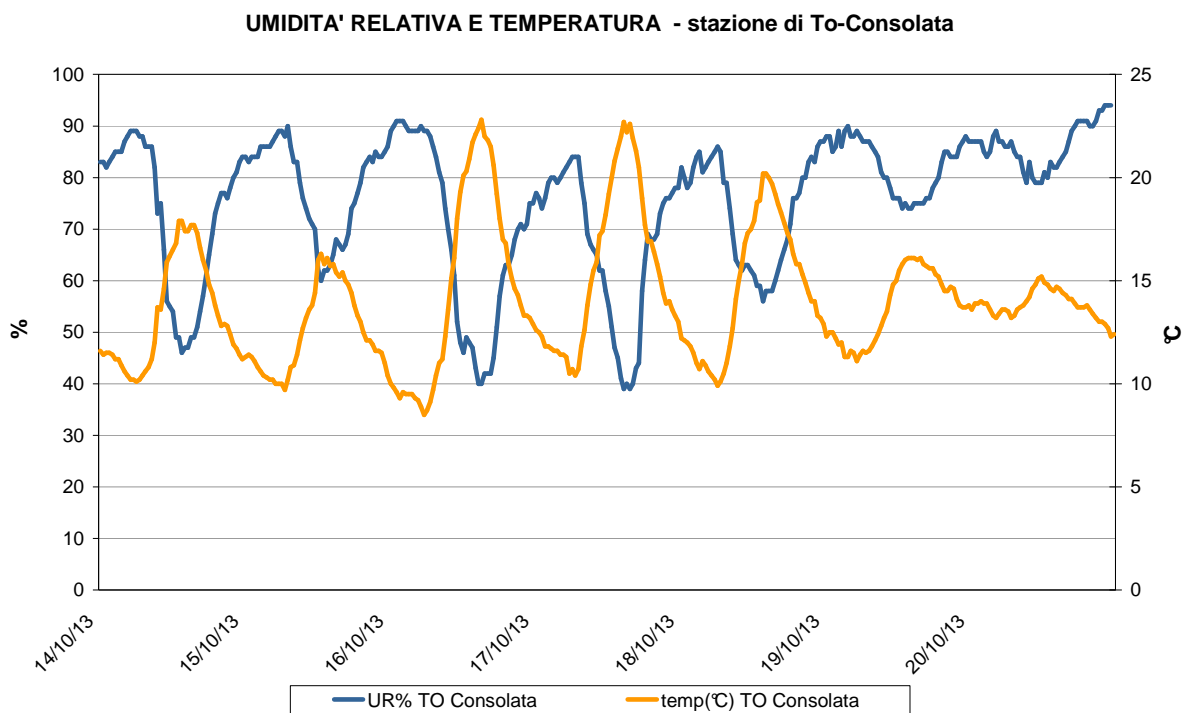


FIGURA 34: andamento dell'umidità relativa – stazione di Torino Consolata.

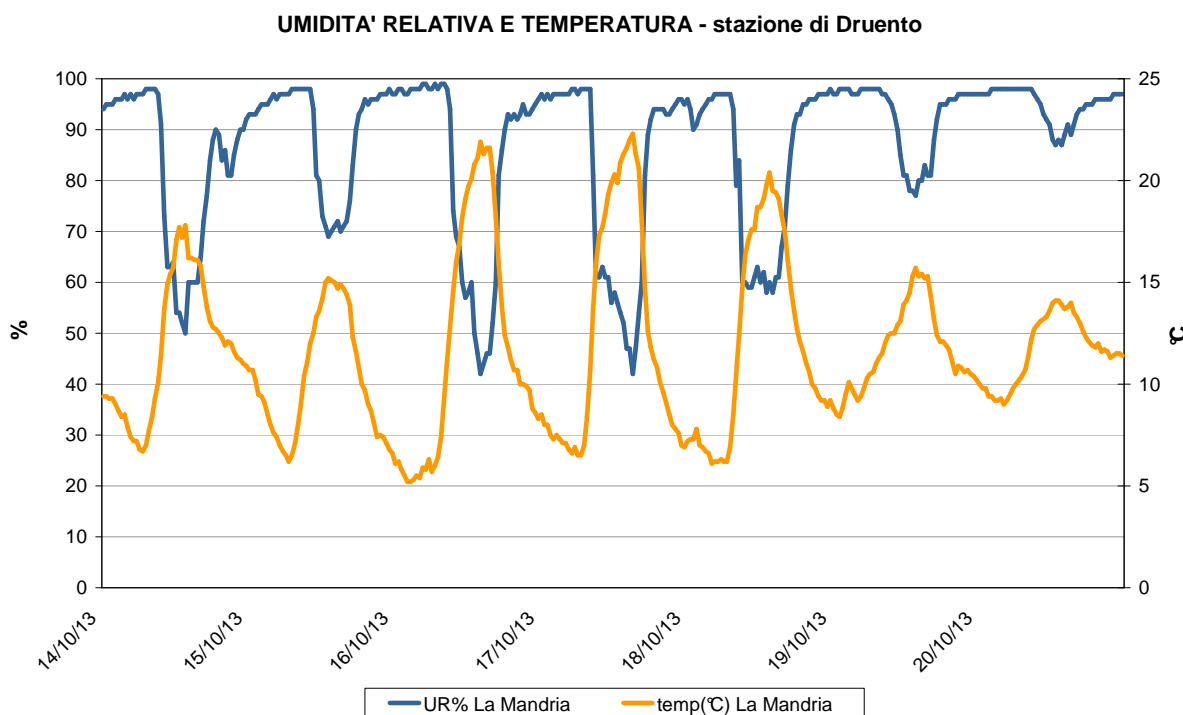


FIGURA 35: andamento dell'umidità relativa – stazione di Druento – Parco La Mandria.

Anche nel caso dei componenti secondari organici numerosi lavori di letteratura sia a livello teorico che sperimentale evidenziano un aumento delle concentrazioni in condizioni di elevata umidità dell'aria; l'assorbimento di acqua da parte della frazione "fine" del particolato, infatti, sposta l'equilibrio di ripartizione tra fase gassosa e fase particellare delle sostanze organiche idrosolubili - che costituiscono la parte nettamente preponderante del particolato organico secondario - a favore della seconda<sup>27</sup>. L'elevata umidità, inoltre, favorisce l'ossidazione di sostanze organiche aerodisperse che vengono trasformate in composti più polari i quali, se il processo non

<sup>27</sup> Hennigan et al(1)., Gas/particle partitioning of water-soluble organic aerosol in Atlanta , Atmos. Chem. Phys., 9, 3613–3628, 2009

Hennigan et al.(2) , Enhanced secondary organic aerosol formation due to water uptake by fine particles , Geophysical Research Letters , vol 35 L18801

produce frammentazioni della molecola, sono invariabilmente meno volatili di quelli originari. Questo fenomeno porta alla formazione di particolato organico secondario a seguito sia della condensazione di tali sostanze su particelle preesistenti sia di fenomeni di nucleazione con formazione di nuove particelle<sup>28</sup>.

Va infine considerato che l'assorbimento di acqua sulla superficie del particolato contribuisce di per sé all'aumento della massa. In condizioni di bassa umidità dell'aria il contributo della massa di acqua assorbita è relativamente piccolo,<sup>29</sup> ma quando si verificano condizioni come quelle descritte per l'episodio in esame tale contributo può diventare significativo, anche in conseguenza del fatto, anch'esso documentato in letteratura, che alcuni componenti del particolato secondario sia inorganico che organico hanno caratteristiche di spiccata igroscopicità<sup>30</sup>.

## CONCLUSIONI

Valori di PM10 e PM2,5 molto elevati – nel caso del PM10 pari anche al doppio o al triplo del valore limite giornaliero – sono comunemente rilevate in pianura padana nei mesi invernali, in conseguenza del confinamento degli inquinanti in prossimità del suolo dovuto alle condizioni meteorologiche di alta stabilità atmosferica persistente tipiche di quella parte dell'anno.

L'analisi dell'episodio del 19-20 ottobre mostra che concentrazioni di analoga entità possono essere rilevate anche in condizioni in cui tale confinamento non è particolarmente accentuato, come quelle dei mesi autunnali. Il fenomeno può verificarsi in concomitanza di episodi, come quello descritto, che seguono un periodo di stabilità atmosferica e durante i quali l'umidità dell'aria non presenta il tipico andamento con massimi notturni e minimi diurni ma si mantiene relativamente elevata in tutto il corso delle 24 ore. In queste condizioni nella letteratura scientifica è documentato l'aumento della velocità di formazione del particolato secondario nell'intervallo dimensionale corrispondente al cosiddetto "droplet mode" (0,5 - 2 µm). Il fenomeno riguarda sia la componente secondaria inorganica che quella organica; nell'episodio del 19 e 20 ottobre 2013 la prima, costituita principalmente da nitrato di ammonio, risulta nettamente preponderante poiché in termini di massa è circa quattro volte la seconda.

Poiché alcuni componenti secondari del particolato sono igroscopici non si può inoltre escludere che l'aumento delle concentrazioni di PM10 nelle condizioni descritte sia in parte attribuibile anche all'assorbimento di acqua sul particolato.

---

<sup>28</sup> Healy et al, Effect of relative humidity on gas/particle partitioning and aerosol mass yielded in the photooxidation of p-Xylene, Environ. Sci. Technol, 2009, 43, 1884-1889

Jenkin, Clemitshaw, cit, p 2516- 2519

Decesari et al., Water soluble organic compounds formed by oxidation of soot, Atm. Env. 36(2002) 1827-1832

Hennigan et al.(2), cit,

<sup>29</sup> Hennigan et al.(1), cit, pag. 1887

<sup>30</sup> Jenkin, Clemitshaw, cit, p 2518- 2519; Decesari et al., cit, pag. 1830

Perrino et al, Contributo dell'acqua alla chiusura del bilancio di massa del PM, in Atti del Sesto Convegno Nazionale sul Particolato Atmosferico, Genova 2014

## VALUTAZIONE DATI MUTAGENESI CAMPAGNA 2013

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

**M. Sacco, F. Lollobrigida, A. Mangiavillano - ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.**

Come "appendice" al progetto i-Monitraf! conclusosi nel 2012, si è voluto proseguire l'attività di campionamento finalizzata alle analisi di Mutagenesi anche nel 2013; ciò ha consentito di disporre di una serie di dati utili a verificare la presenza di eventuali composti mutageni nel particolato atmosferico raccolto, sebbene in una zona significativamente diversa dalla precedente, in quanto il punto di campionamento prescelto risulta situato nell'area urbana di Torino.

E' utile rammentare che il test di Mutagenesi utilizzato (test di Ames effettuato con ceppi di Salmonella typhimurium TA 98 e TA 100 con e senza S9) permette di evidenziare la presenza nel particolato atmosferico, di composti chimici che esplicano un potere mutageno sia direttamente, sia attraverso meccanismi di attivazione metabolica (S9). Lo scopo è quello di evidenziare l'eventuale azione genotossica di un composto chimico, che potrebbe successivamente manifestare potere cancerogeno (test a valore predittivo).

Come già nel caso del progetto i-Monitraf! si vuole nuovamente richiamare particolare attenzione ai dati forniti dall'analisi del particolato di frazione con diametro uguale o inferiore a 2,5 µm, in quanto ritenuto più pericoloso per le possibili conseguenze a carico del sistema respiratorio.

Come nelle precedenti campagne del 2010/2011, il tipo di campionatore utilizzato (Multistadio) ha permesso di raccogliere le frazioni di particolato atmosferico su sei differenti filtri, ognuno dei quali in grado di trattenere una particolare dimensione delle particelle; a ciascuno dei filtri corrisponde uno "stadio" del campionatore, la cui relazione con la raccolta delle diverse frazioni di particolato è dettagliata nell'elenco sottostante:

Stadio 1: particolato con dimensioni comprese tra 7,2 ÷ 10 µm.

Stadio 2: particolato con dimensioni comprese tra 3,0 ÷ 7,2 µm.

Stadio 3: particolato con dimensioni comprese tra 1,5 ÷ 3,0 µm.

Stadio 4: particolato con dimensioni comprese tra 0,95 ÷ 1,5 µm.

Stadio 5: particolato con dimensioni comprese tra 0,49 ÷ 0,95 µm.

Stadio 6: particolato con dimensioni comprese tra 0,0 ÷ 0,49 µm.

I campionamenti pertinenti allo studio in questione sono stati effettuati presso la Stazione Torino Lingotto; nella tabella 1 si riportano, per una prima lettura sintetica d'insieme, le date di campionamento, le condizioni climatiche e la corrispondenza tra l'effetto mutageno prodotto (positivo o negativo) e gli stadi che lo hanno evidenziato.

Data campionamento	Condizioni climatiche	Effetto mutageno POS/stadio	Effetto mutageno NEG/stadio
15-16 febbraio 2013	Assenza precipitazioni Vento sostenuto Temperatura nella media	Stadio 3 Stadio 4 Stadio 5 Stadio 6	Stadio 1 Stadio 2
23-24 febbraio 2013	Precipitazioni nevose intense Temperatura nella media	Stadio 2 Stadio 3 Stadio 4 Stadio 5 Stadio 6	Stadio 1
02-03 marzo 2013	Assenza precipitazioni Temperatura nella media	Stadio 2 Stadio 3 Stadio 4 Stadio 5 Stadio 6	Stadio 1

TABELLA 23: elenco campionamenti.

Di seguito si riportano alcune osservazioni di dettaglio, relative ai campionamenti di cui alla TABELLA 23.

Per quanto riguarda il primo campionamento, è stata evidenziata una significativa mutagenicità a partire dal materiale particellare corrispondente allo stadio 3 dell'autocampionatore avente dimensioni comprese tra 1.5 ÷ 3.0 µm; l'effetto mutageno si mantiene su livelli simili anche per dimensioni di particolato inferiori, corrispondenti agli stadi 4, 5, 6, comprese complessivamente tra 0 ÷ 1.5 µm, deponendo presumibilmente per una discreta presenza di sostanze a medio-elevato potere mutageno che viene evidenziato soprattutto nei test condotti con ceppi di Salmonella Typhimurium TA 98 con e senza S9; si nota comunque che la positività viene riscontrata anche con i

ceppi TA 100 sebbene con valori più contenuti, ma comunque rappresentativi per un andamento che si potrebbe definire "costante".

Le condizioni climatiche nell'arco di tempo del prelievo sono state caratterizzate da temperature nella norma rispetto al periodo, pressione costante, assenza di precipitazioni e vento mediamente sostenuto il giorno 15.

Durante il secondo campionamento le condizioni meteorologiche sono state invece piuttosto sfavorevoli in quanto caratterizzate da precipitazioni nevose, più intense il giorno 24, che hanno determinato la pressoché assenza (presumibilmente per trascinamento e caduta) del particolato con dimensioni maggiori corrispondente agli stadi 1 e 2 e la scarsa rappresentatività di quello relativo allo stadio 3. Il particolato con dimensioni minori ( $0 \div 1.5 \mu\text{m}$ ) appare invece abbastanza ben rappresentato ed i corrispondenti campioni presentano una mutagenicità in alcuni casi sovrapponibile a quella riscontrata nel campionamento precedente per le stesse frazioni. In tal caso si osserva che il maggior potere mutageno viene manifestato nei test condotti con ceppi di Salmonella Typhimurium TA 98 senza S9, ma come nella campagna precedente, la positività è confermata anche per gli altri ceppi. Le misure gravimetriche dei vari stadi risultano mediamente corrispondenti a circa la metà rispetto a quelle del primo campionamento mentre i valori di mutagenicità appaiono all'incirca sovrapponibili, escludendo lo stadio 2 che evidenzia una notevole mutagenicità con il ceppo TA 98 senza S9.

Per quanto riguarda il terzo ed ultimo campionamento si nota una moderata diminuzione dell'effetto mutageno su quasi tutti gli stadi rispetto al primo e al secondo campionamento, nonostante i valori gravimetrici siano nettamente superiori rispetto al secondo campionamento e leggermente inferiori rispetto al primo campionamento. Nel corso della campagna è stata effettuata anche la determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici i quali, tra le sostanze prese in considerazione dalla normativa di qualità dell'aria, possono presentare caratteristiche mutagene. I risultati confermano che, come documentato in letteratura ed in particolare dalle conclusioni del progetto i-Monitraf! (si veda l'edizione 2011 di Uno sguardo all'aria) questi composti sono presenti quasi esclusivamente nelle frazioni submicrometriche (FIGURA 36).

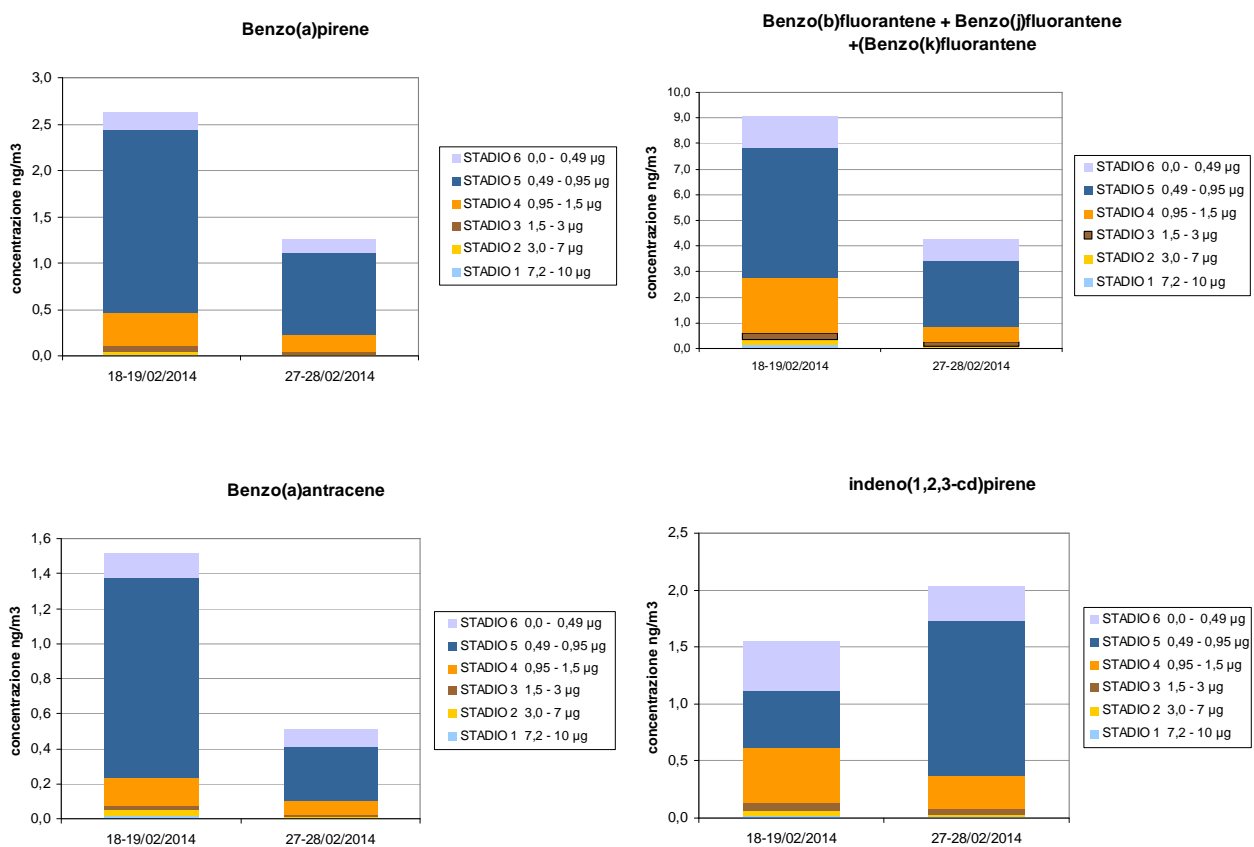


FIGURA 36: distribuzione degli I.P.A. nelle diverse frazioni granulometriche.



## CONSIDERAZIONI FINALI

E' interessante notare che provando a mettere in relazione il peso del particolato di ogni stadio e l'effetto mutageno che ne deriva, non si evidenzia una significativa correlazione. Ad esempio nello stadio 3 a fronte di poco materiale raccolto, si osserva generalmente un discreto effetto mutageno relativamente a tutti i campionamenti. Nello stadio 4 si osserva una diminuzione nell'effetto mutageno dal 1° al 3° campionamento, mentre negli stadi 5 e 6 l'effetto mutageno risulta pressoché costante pur riscontrando notevoli variazioni di peso del materiale raccolto. Nel caso degli I.P.A. – come già evidenziato dai risultati delle campagne del progetto i-Monitraf! (si veda l'edizione 2011 di Uno sguardo all'aria) - vi è una migliore correlazione, almeno in termini qualitativi.

Risulta di indubbia difficoltà dare una spiegazione a questi "andamenti", tuttavia occorre considerare che l'effetto mutageno è ampiamente condizionato dalla presenza di componenti chimiche diverse: nonostante i campionamenti siano stati effettuati in periodi ravvicinati e siano rappresentativi di una singola stagionalità e di una stessa location, le diverse "raccolte" possono comunque aver catturato mutageni molto diversificati tra loro; a tale proposito sarebbe perciò sicuramente interessante poter disporre – anche in considerazione dei risultati citati per quanto riguarda gli I.P.A. - di analisi comparative di tipo chimico, che presuppongono quindi l'effettuazione in contemporanea di campionamenti finalizzati sia alle analisi di mutagenesi che alle analisi chimiche; queste ultime infatti permetterebbero di capire se, come e quanto cambiano le componenti del particolato stesso, consentendo di formulare indispensabili correlazioni. A tal proposito occorre tenere in considerazione che ciò sarebbe più facilmente attuabile se le indagini chimiche fossero mirate alla messa in evidenza di un più ampio ventaglio di inquinanti rispetto a quelli routinariamente ricercati.

In ogni caso, nonostante le limitazioni sin qui rappresentate, è innegabile e non di poco conto che i dati derivanti dall'applicazione dei test di mutagenesi assumono comunque importanza assai rilevante, quando venga evidenziato un valore di mutagenicità che supera il limite di attenzione e nel contempo invece l'indagine chimica non permetta di evidenziare la presenza di una qualche "sostanza pericolosa". Si può quindi asserire che, nonostante non si riesca a disporre sempre di una correlazione con il dato chimico e/o gravimetrico, l'effettuazione del test di Ames può in alcuni casi consentire in autonomia di valutare una situazione di possibile rischio per la popolazione residente o per una specifica utenza, a seconda delle situazioni analizzate.

Di seguito si riportano i grafici relativi all'analisi gravimetrica e ai valori di mutagenicità ottenuti per ciascuno degli stadi considerati nelle differenti giornate di campionamento (la linea rossa corrisponde al valore di attenzione per il Rapporto di Mutagenicità MR = 1).

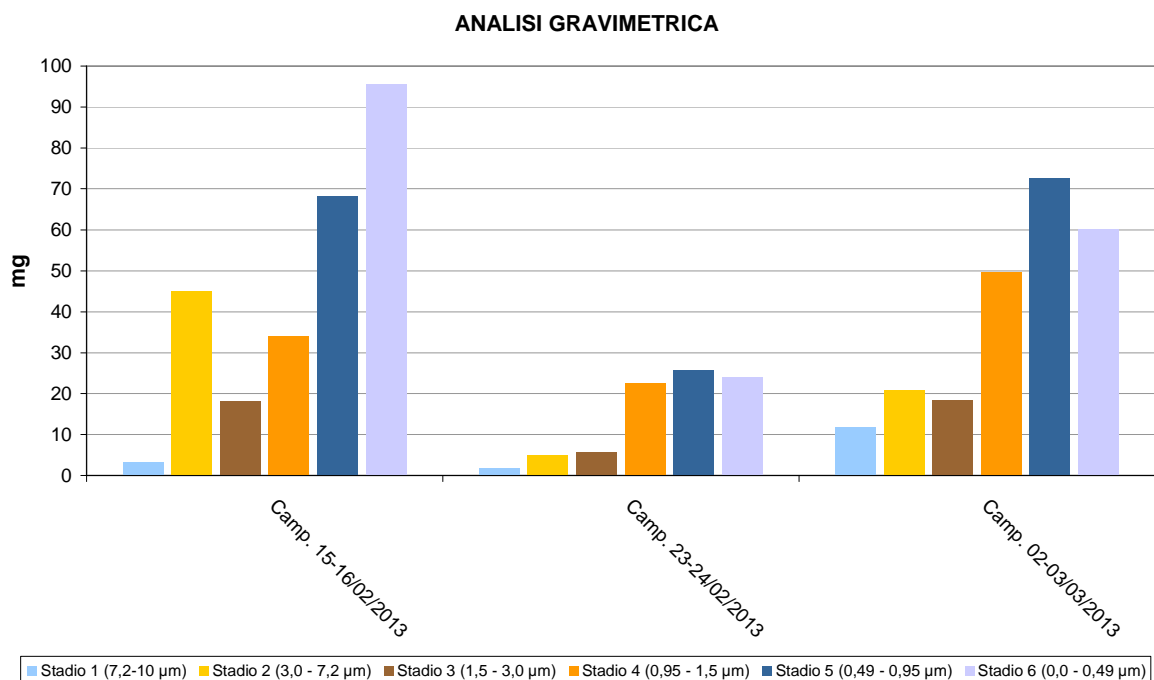
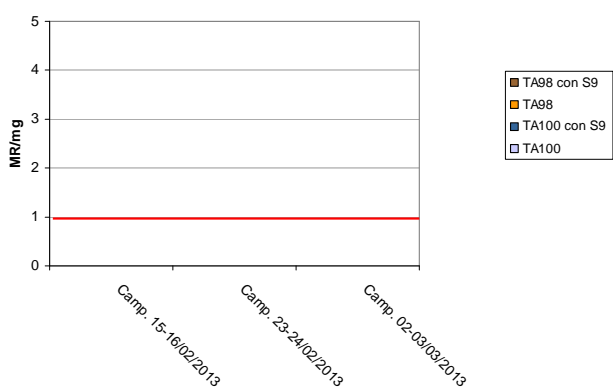
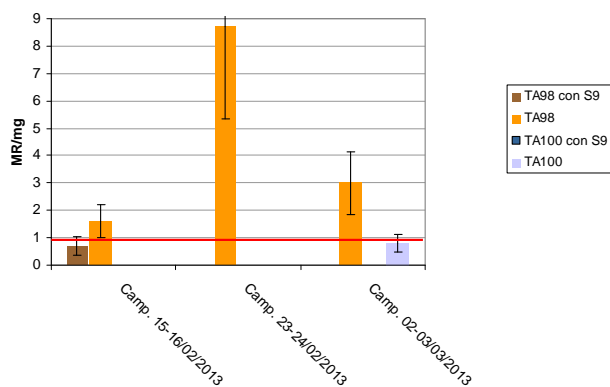


FIGURA 37: analisi gravimetrica.

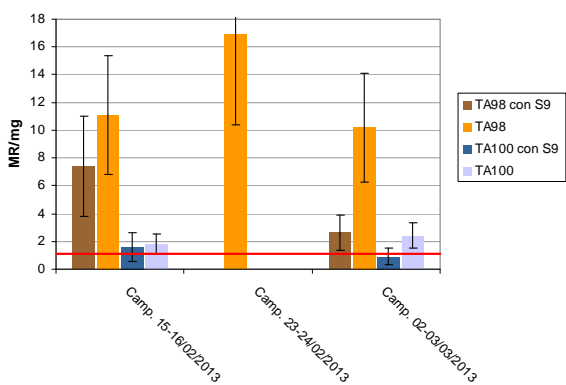
Test di Ames sullo stadio 1



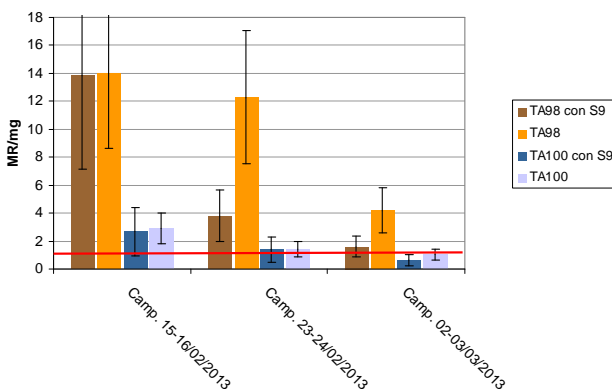
Test di Ames sullo stadio 2



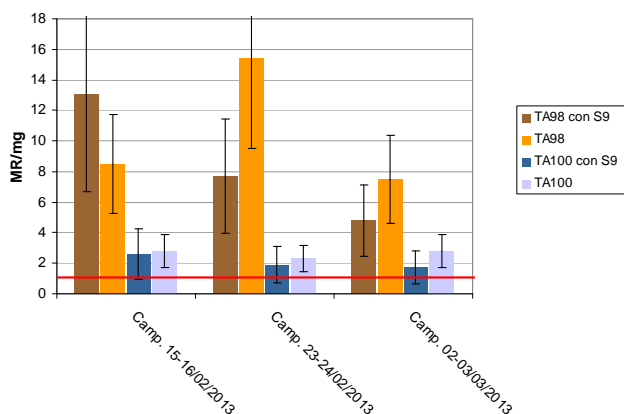
Test di Ames sullo stadio 3



Test di Ames sullo stadio 4



Test di Ames sullo stadio 5



Test di Ames sullo stadio 6

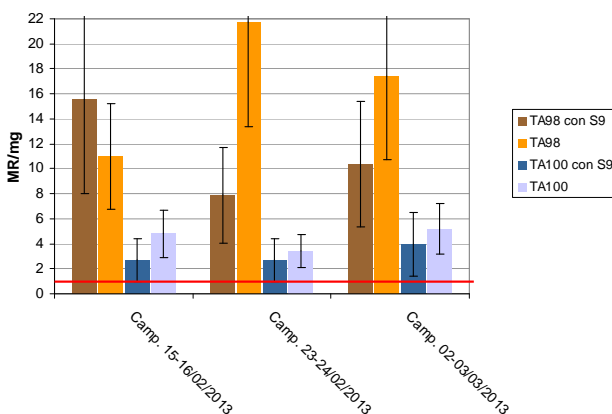


FIGURA 38: valori di mutagenicità ottenuti per ciascuno degli stadi considerati nelle differenti giornate di campionamento.

## METALLI

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

*M. Maringo ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.*

### 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 da tutte le attività antropiche.

Riguardo l'inquinamento atmosferico i metalli che maggiormente preoccupano sono generalmente As (arsenico), Cd (cadmio), Co (cobalto), Cr (cromo), Mn (manganese), Ni ( nichel) e Pb (piombo), che sono veicolati dal particolato atmosferico.

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  $\alpha_1$  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 (saturismo), 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 24 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 µg/m <sup>3</sup>	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 ng/m <sup>3</sup>	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 ng/m <sup>3</sup>	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 ng/m <sup>3</sup>	31 dicembre 2012

TABELLA 24: D.Lgs. 13/8/2010 n. 155, valori limite e valori obiettivo per i metalli.

## ESAME DEI DATI

I dati riportati nelle tabelle poste a conclusione del capitolo 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 12 stazioni ubicate in provincia di Torino. 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 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/m<sup>3</sup>, quelle relative al piombo in µg/m<sup>3</sup>.

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 trend in costante diminuzione nel corso degli anni, ad esclusione del 2011, in cui a causa delle condizioni climatiche si era registrato un incremento delle concentrazioni.

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.

Pur mostrando una concentrazione di cadmio significativamente inferiore rispetto al valore obiettivo di 5 ng/m<sup>3</sup>, la stazione con la concentrazione più elevata risulta To-Rebaudengo con un valore pari a 0,33 ng/m<sup>3</sup>, la cui determinazione è iniziata solo nel 2012 (TABELLA 26) . Come la stazione di To-Grassi, si trova in una zona ad elevato traffico, per cui per i vari inquinanti si raggiungono i valori più elevati del territorio provinciale. I livelli di cadmio più bassi sono stati rilevati presso le stazioni di Susa, Ceresole e Druento, analogamente agli anni precedenti di osservazione a cui si aggiunge la stazione di Oulx in cui la determinazione dei metalli è iniziata ad ottobre 2012. Nelle altre stazioni del territorio comunale e provinciale i livelli di cadmio risultano piuttosto uniformi con valori per il 2013 di circa 0,2 ng/m<sup>3</sup>. Anche a livello di composizione percentuale si osserva, relativamente a questo metallo, un impoverimento in tutti i siti rispetto all'anno precedente (TABELLA 29) ; 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 il nichel mostra un decremento dei valori risultando i più bassi finora registrati sul territorio provinciale (TABELLA 27) . 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 0,7 ng/m<sup>3</sup>; anche Susa e Oulx sono caratterizzati da valori particolarmente bassi, mentre i valori maggiori, pari a circa 5 ng/m<sup>3</sup>, vengono registrati nelle stazioni di traffico dell'area metropolitana di To-Grassi, To-Consolata e To-Rebaudengo. Negli altri siti i valori sono piuttosto uniformi tra 2 e 5 ng/m<sup>3</sup>, quindi ampiamente inferiori al valore obiettivo previsto dal D.Lgs. n. 155/2010. Anche a livello di presenza percentuale di nichel nelle polveri PM10, per tutti i siti si registrano per il 2013 i valori più bassi finora determinati.

Per quanto riguarda il piombo in FIGURA 39 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/m<sup>3</sup>). Anche per il piombo, si osservano gli

andamenti descritti per gli altri metalli: ulteriore diminuzione rispetto al 2012 e livelli particolarmente bassi per le stazioni di Ceresole, Susa e Oulx. Valori leggermente superiori per i siti urbani caratterizzati da maggiore traffico veicolare, in particolare presso la stazione di P.zza Regaudengo dove si è rilevata una concentrazione di piombo pari a  $0,019 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ed una presenza a livello di composizione percentuale doppia rispetto alle stazioni di To-Consolata e To-Grassi.

I dati relativi alle percentuali in massa di cadmio, nichel e piombo nelle polveri campionate riportati in TABELLA 29 relativi alla stazione di To-Lingotto in cui la determinazione dei metalli è effettuata sia su PM10 sia su PM2,5 si osserva che il cadmio ed il piombo risultano maggiormente presenti nella frazione più sottile, mentre il nichel in quella più grossolana.

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, con valori che mostrano in generale un trend in diminuzione.

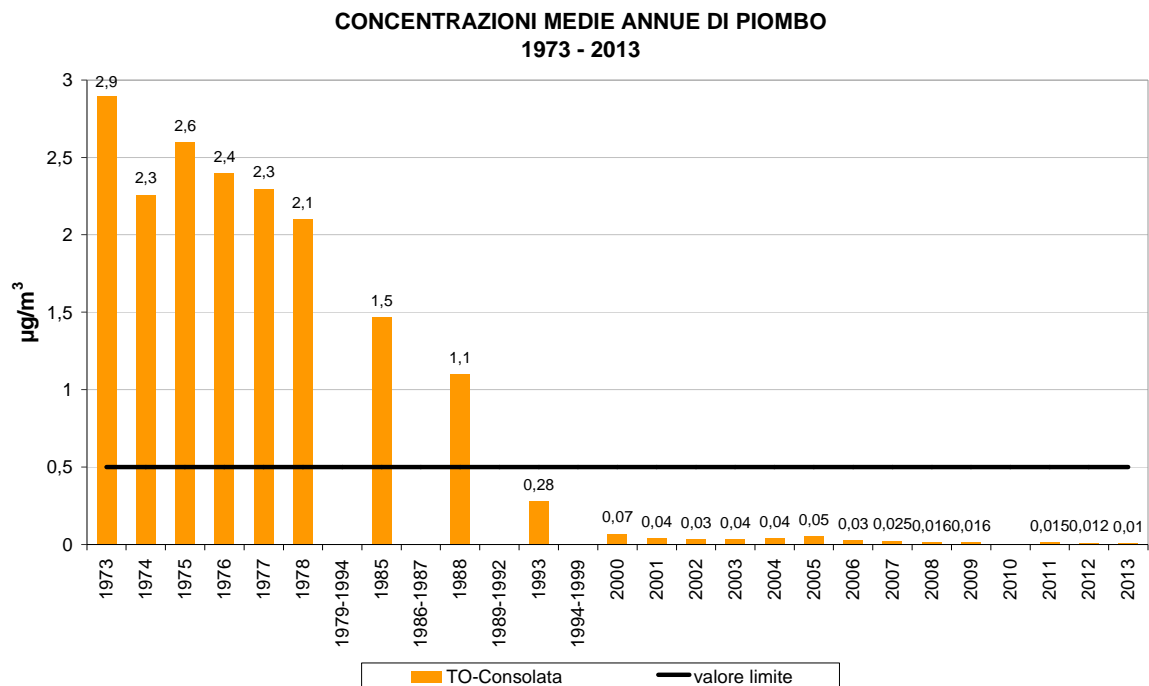


FIGURA 39: parametro piombo, medie annuali presso la stazione di To-Consolata nel periodo 1973 – 2013.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2013 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di ARSENICO nel materiale particolato aerodisperso (ng/m³)							
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Beinasco-TRM	96%								<b>0,7</b>
Borgaro	89%	1,34	0,73	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72*	<b>0,7*</b>
Carmagnola	98%	1,21	0,74*	0,71	0,71	0,72	0,72**	0,71	<b>0,7</b>
Ceresole Reale	90%				0,72*	0,73*	0,73*	0,72*	<b>0,7</b>
Druento	98%	0,85	0,73	0,71	0,72*	0,72	0,72	0,71	<b>0,7</b>
Ivrea	94%		0,73*	0,71	0,72	0,72	0,71	0,72	<b>0,7</b>
Oulx	94%								<b>0,7</b>
Susa	93%	0,87	0,73	0,71	0,72	0,72	0,72	0,72	<b>0,7</b>
To-Consolata	98%	1,27	0,81	0,71	0,72	0,71	0,72	0,72	<b>0,7</b>
To-Grassi	89%	1,27	0,86	0,71	0,71	0,72	0,78	0,73*	<b>0,7*</b>
To-Lingotto PM10	93%	2,11*	0,74*	0,72*	0,72	0,72	0,73	0,72	<b>0,7</b>
To-Lingotto PM2,5	94%	0,84	0,77*	0,72	0,72	0,72	0,73	0,72	<b>0,7</b>
To-Rebaudengo	96%							0,71	<b>0,7</b>
To-Rubino	98%		0,75*	0,86	0,72*	0,72	1,19	0,72	<b>0,7</b>

\* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 25: concentrazioni medie annuali di arsenico determinate su PM10 e PM2,5 2006-2013.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2013 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di CADMIO nel materiale particolato aerodisperso (ng/m <sup>3</sup> )							
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Beinasco-TRM	96%								<b>0,2</b>
Borgaro	89%	0,57	0,40	0,25	0,19	0,17	0,3	0,21*	<b>0,17*</b>
Carmagnola	98%	0,54	0,49*	0,33	0,22	0,18	0,27	0,19	<b>0,15</b>
Ceresole Reale	90%				0,12*	0,07*	0,07*	0,07*	<b>0,07</b>
Druento	98%	0,35	0,28	0,21	0,14*	0,10	0,19	0,11	<b>0,1</b>
Ivrea	94%		0,36*	0,28	0,17	0,16	0,29	0,18	<b>0,12</b>
Oulx	94%								<b>0,1</b>
Susa	93%	0,29	0,25	0,11	0,10	0,07	0,12	0,1	<b>0,07</b>
To-Consolata	98%	0,60	0,53*	0,38	0,25	0,19	0,32	0,28	<b>0,24</b>
To-Grassi	89%	0,75	0,69	0,38	0,31	0,23	0,52	0,39*	<b>0,28*</b>
To-Lingotto PM10	93%	0,67*	0,36*	0,30*	0,25	0,19	0,31	0,26	<b>0,19</b>
To-Lingotto PM2,5	94%	0,51	0,40*	0,25	0,24	0,16	0,27	0,21	<b>0,2</b>
To-Rebaudengo	96%							0,42	<b>0,33</b>
To-Rubino	98%		0,41*	0,29*	0,23*	0,17	0,27	0,23	<b>0,19</b>

\* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 26: concentrazioni medie annuali di cadmio determinate su PM10 e PM2,5 2006-2013.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2013 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di NICHEL nel materiale particolato aerodisperso (ng/m <sup>3</sup> )							
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Beinasco-TRM	96%								<b>2,9</b>
Borgaro	89%	17,47	8,20	6,11	6,17	4,27	5,18	4,73*	<b>3,4*</b>
Carmagnola	98%	18,71	7,18*	4,21	4,98	3,98	5,10*	3,89	<b>3,2</b>
Ceresole Reale	90%				1,92*	1,25*	1,61*	1,02*	<b>0,7</b>
Druento	98%	15,09*	7,26	4,15	4,35*	3,54	3,97	3,16	<b>1,6</b>
Ivrea	94%		6,29*	4,48	5,07	3,65	4,39	3,17	<b>2,4</b>
Oulx	94%								<b>1,4</b>
Susa	93%	17,64	3,84	2,45	2,79	2,46	3,38	2,21	<b>1,1</b>
To-Consolata	98%	22,97*	12,20	8,19	9,33	8,34	8,28	7,31	<b>4,9</b>
To-Grassi	89%	21,18*	11,02	8,22	9,42	7,59	8,65	7,89*	<b>5,8*</b>
To-Lingotto PM10	93%	19,96*	11,47*	4,13*	5,72	5,08	5,6	4,78	<b>3,5</b>
To-Lingotto PM2,5	94%	12,07	6,16*	3,43	2,77	2,43	3,28	2,56	<b>1,4</b>
To-Rebaudengo	96%							7,2	<b>5,2</b>
To-Rubino	98%		8,93*	5,56	6,09*	4,68	5,22	4,79	<b>3</b>

\* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 27: concentrazioni medie annuali di nichel determinate su PM10 e PM2,5 – 2006-2013.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2013 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di PIOMBO nel materiale particolato aerodisperso (ng/m <sup>3</sup> )							
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Beinasco-TRM	96%								<b>0,009</b>
Borgaro	89%	0,025	0,015	0,013	0,011	0,010	0,013	0,009*	<b>0,009*</b>
Carmagnola	98%	0,019	0,014*	0,011	0,010	0,009	0,011**	0,008	<b>0,007</b>
Ceresole Reale	90%				0,002*	0,002*	0,002*	0,001*	<b>0,001</b>
Druento	98%	0,014	0,011	0,007	0,008*	0,007	0,008	0,006	<b>0,004</b>
Ivrea	94%		0,014*	0,010	0,010	0,010	0,010	0,006	<b>0,006</b>
Oulx	94%								<b>0,002</b>
Susa	93%	0,019	0,014	0,009	0,008	0,007	0,006	0,005	<b>0,004</b>
To-Consolata	98%	0,030	0,025	0,016	0,016	0,013	0,015	0,013	<b>0,01</b>
To-Grassi	89%	0,042*	0,028*	0,020	0,018	0,017	0,020	0,018*	<b>0,012*</b>
To-Lingotto PM10	93%	0,025*	0,020*	0,010*	0,012	0,011	0,012	0,009	<b>0,007</b>
To-Lingotto PM2,5	94%	0,019	0,017*	0,011	0,010	0,009	0,010	0,010	<b>0,009</b>
To-Rebaudengo	96%							0,020	<b>0,019</b>
To-Rubino	98%		0,017*	0,011	0,012*	0,011	0,011	0,010	<b>0,009</b>

\* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 28: concentrazioni medie annuali di piombo determinate su PM10 e PM2,5 – 2006-2013.

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

\* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 29: percentuale in massa di cadmio, nichel e piombo nel PM10 e nel PM2,5 – confronto anni 2007-2013.

## IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

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

*M. Maringo, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.*

### DESCRIZIONE

Gli idrocarburi policiclici aromatici, noti come IPA, sono un importante 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%<sup>31</sup>. 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 indubbio 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 5 -10 volte maggiore di quella emessa da un impianto alimentato con combustibile liquido (kerosene, gasolio da riscaldamento, ecc.)<sup>32</sup>.

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)<sup>33</sup> 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 30.

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

TABELLA 30: benzo(a)pirene, valori di riferimento e normativa in vigore.

### ESAME DEI DATI

La TABELLA 31 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 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

<sup>31</sup> European Commission Ambient air pollution by PAH –Position Paper , pag 8

<sup>32</sup> EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007 pag. B216-29 tab 8.1a e B216-.32 tab 8.2 b

<sup>33</sup> International Agency for Research on Cancer (IARC) –Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A last updated 2 april 2009



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. 2013 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di Benzo(a)pirene nel materiale particolato aerodisperso (ng/m <sup>3</sup> )							
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Beinasco-TRM	96%								<b>0,8</b>
Borgaro	89%	1,0	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8*	<b>0,7*</b>
Carmagnola	98%	1,0	0,8*	0,7	0,7	0,7	0,9	0,8	<b>0,8</b>
Ceresole Reale	90%	-	-	-	0,2*	0,1*	0,1*	0,1*	<b>0,0</b>
Druento	98%	0,4	0,4	0,4	0,5*	0,4	0,4	0,3	<b>0,3</b>
Ivrea	94%	-	0,9*	0,7	0,8	0,7	0,8	0,8	<b>0,9</b>
Oulx	94%								<b>0,5</b>
Settimo	95%						1,0		<b>1,2</b>
Susa	93%	1,0	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,5	<b>0,6</b>
To-Consolata	98%	1,1	0,6	0,6	0,7	0,6	0,7	0,7	<b>0,7</b>
To-Grassi	89%	0,9*	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	1,1*	<b>1,1*</b>
To-Lingotto PM10	93%	0,6 *	0,7	0,6*	0,6	0,6	0,8	0,7	<b>0,8</b>
To-Lingotto PM2,5	94%	0,8	0,6*	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	<b>0,8</b>
To-Rebaudengo	96%						0,9		<b>1,2</b>
To-Rubino	98%		0,4	0,5	0,6*	0,5	0,8	0,7	<b>0,8</b>

\* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 31: concentrazioni medie annuali di benzo(a)pirene rilevate su PM10 e PM2,5 – 2006-2013 (ng/m<sup>3</sup>).

Dai dati si osserva che nel corso del 2013 nelle stazioni di Settimo T.se, To-Grassi e To-Rebaudengo è stato, seppure di poco, superato il valore obiettivo (1 ng/m<sup>3</sup>) per il Benzo(a)Pirene, situazione che non si era più verificata dopo il 2006. Nel caso di To-Grassi il valore annuale è stato calcolato su una base dati inferiore al 90%, come era accaduto nel 2012, a causa di diversi malfunzionamenti strumentali, mentre per le altre due stazioni il dato è da considerarsi pienamente attendibile. Da un'analisi di dettaglio dei valori mensili determinati presso tutte le stazioni, emergono valori anomali relativi ai campioni di dicembre: per alcune stazioni i valori sono due o tre volte quelli normalmente osservati nei mesi invernali, che hanno comportato un'innalzamento del valore medio annuale. Tale episodio può essere ricondotto ad una situazione meteorologica particolarmente critica che ha determinato valori elevati anche di PM10 (vedasi capitolo relativo). Infatti, il mese di dicembre è stato privo di precipitazioni nei primi venti giorni e le condizioni di stabilità atmosferica verificatesi hanno favorito la formazione di fenomeni nebbiosi superiori alla media, con un innalzamento delle concentrazioni di diversi inquinanti. Le stazioni citate, caratterizzate dal superamento del limite annuale sono quelle che hanno mostrato nel mese di dicembre la concentrazione più elevata espressa in ng/m<sup>3</sup>, ma se si va a considerare la presenza come percentuale di Benzo(a)Pirene sul PM10 campionato, si osserva che le polveri raccolte presso Susa e Oulx sono quelle maggiormente arricchite di idrocarburi. Probabilmente le temperature rigide hanno determinato un maggiore utilizzo degli impianti di riscaldamento che in valle sono frequentemente alimentati a legna.<sup>34</sup>

In generale i valori di B(a)P riportati in TABELLA 31 mostrano per tutti i siti un lieve innalzamento dei valori rispetto all'anno precedente; per 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) non è disponibile il valore relativo al 2012 in quanto vi era stata una copertura pari solo al 29% dei dati in relazione al fatto che la stazione è stata installata nella seconda metà dell'anno; dalle determinazioni condotte nel corso del 2013, si osserva che i valori di B(a)P sono paragonabili a quelli rilevati in stazioni della rete di simile tipologia e risulta rispettato il valore di riferimento. Il livello della stazione di Oulx sono equivalenti a quelli osservati negli ultimi anni presso Susa. 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 40 sono riportate le medie annuali degli IPA totali determinate negli ultimi tre anni. Si nota in generale un innalzamento dei valori rispetto al 2012, ma come per il caso del Benzo(a)Pirene, il

<sup>34</sup> Si vedano anche i risultati ottenuti nel mese di dicembre 2013 nella città di Milano in I 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, iAtti del Sesto Convegno nazionale sul particolato atmosferico, Genova 2014

contributo fondamentale in questo incremento è dovuto ai campioni del mese di dicembre, infatti i valori degli altri mesi sono in linea con l'anno precedente. Come per il 2012 i livelli più elevati di IPA totali sono stati determinati nelle stazioni di Settimo T.se e Torino Rebaudengo trovandosi entrambe in zone caratterizzate da diverse fonti di inquinamento antropogenico.

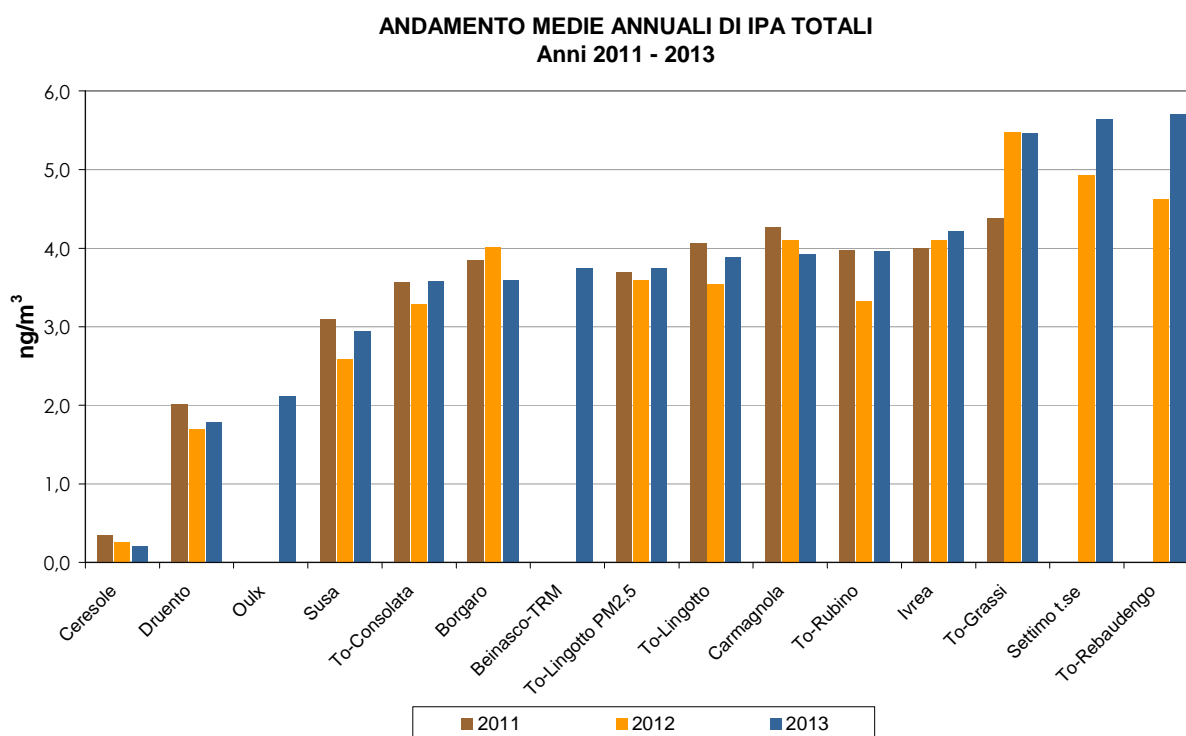


FIGURA 40: andamento medie annuali IPA totali periodo 2011-2013 – Benzo(a)Pirene + Benzo(a)Antracene + Benzo(b,j,k)Fluorantene + Indeno(1,2,3-cd)Pirene.

Oltre all'informazione relativa alla quantità totale di IPA rilevata nei vari siti, è interessante conoscere in quale percentuale essi sono presenti nelle polveri campionate<sup>35</sup>. Dalla FIGURA 41 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. Ivrea e Susa si confermano le stazioni con percentuali maggiori di IPA nelle polveri, a cui si aggiunge la stazione di Oulx anch'essa situata in una zona in cui è frequente la combustione della legna.

Tra le stazioni torinesi il livello percentuale di IPA 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 equivalente nelle due granulometrie (FIGURA 40) dall'altra le polveri più sottili risultano percentualmente più arricchite di composti policiclici aromatici (FIGURA 41). 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.

<sup>35</sup> 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).

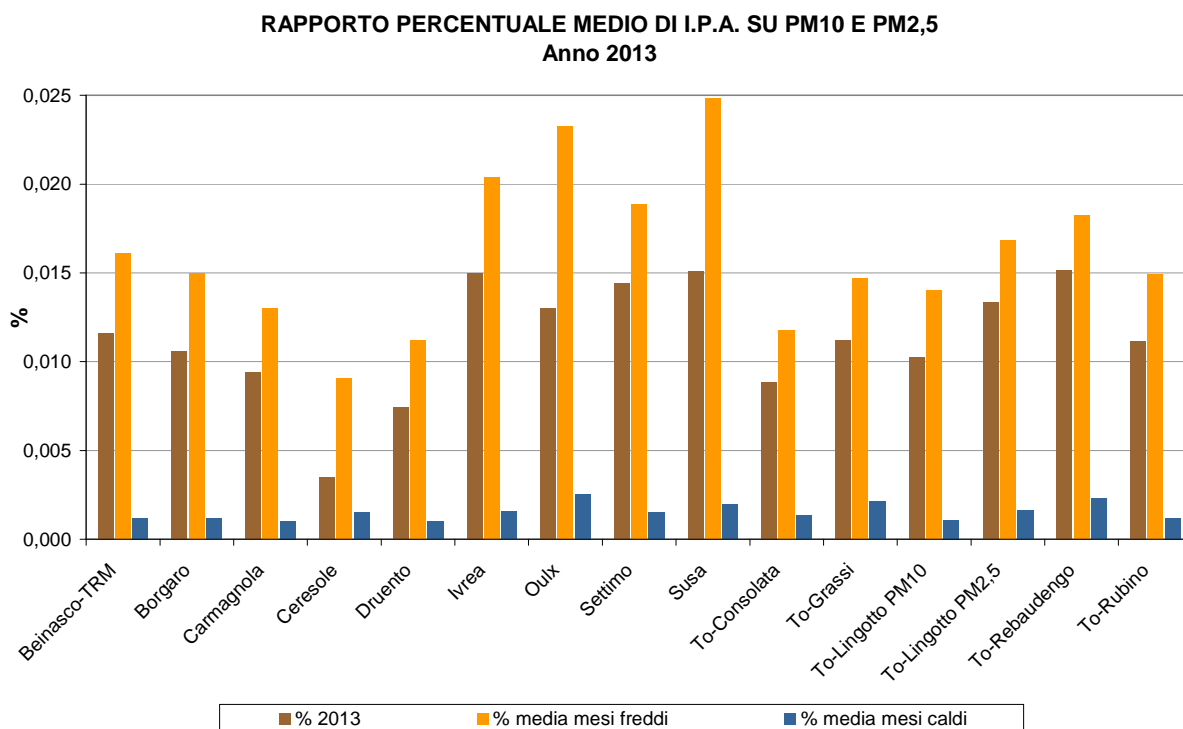


FIGURA 41: percentuale di IPA totali nel PM10, PM2,5 – anno 2013.

In FIGURA 42, 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 To-Consolata tra gennaio e marzo e triple nei mesi risultati critici di novembre e dicembre.

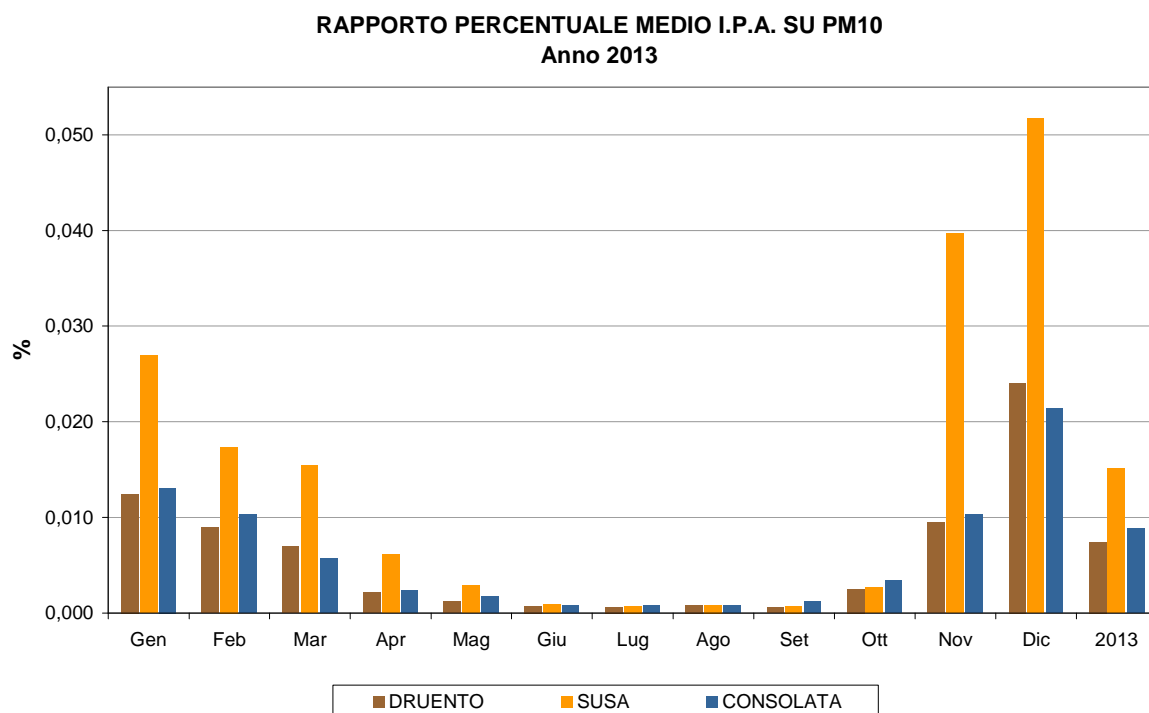


FIGURA 42: percentuale IPA totali nel PM10 – Andamento delle medie mensili – anno 2013.

## LA STAZIONE MOBILE DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

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

**G. Castrogiovanni - F. Lollobrigida Arpa Piemonte, Dipartimento di Torino.**

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 ozono, idrocarburi aromatici 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.

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 Provincia di Torino ed è scaricabile via internet agli indirizzi:

<http://www.provincia.torino.it/ambiente/inquinamento/aria/qualita/mezzo>

<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/torino/aria/relazioni-mezzo-mobile/elenco-relazioni-qualita-aria>

Nel corso del 2013 sono state effettuate su richiesta delle competenti amministrazioni comunali campagne nei comuni di Carmagnola, Nichelino, Chiomonte, None, Settimo T.se, Rivoli, Borgone di Susa, Sangano, Piossasco, Piobesi T.se, Airasca.

La campagna di monitoraggio condotta nel Comune di Carmagnola è stata effettuata per verificare se e in che misura i valori elevati degli inquinanti monossido di azoto, biossido d'azoto e PM10 misurati dalla stazione fissa sita in via Piscina/P.zza I Maggio fossero rappresentativi dell'intero territorio comunale.

A tale scopo, si è deciso di monitorare con l'uso del laboratorio mobile la qualità dell'aria in un sito di fondo urbano e confrontare i valori misurati con quelli ottenuti dalla centralina di via Piscina.

Contemporaneamente ai rilievi sulla qualità dell'aria si sono misurati i flussi di traffico veicolare relativi al sito di via Piscina, allo scopo di caratterizzare il sito della stazione fissa per quanto riguarda la principale fonte di inquinanti atmosferici.

La II° campagna di monitoraggio nel comune di Nichelino è stata proposta allo scopo di avere informazioni puntuali della concentrazione degli inquinanti in aria ambiente con particolare riferimento alle polveri fini PM10 e PM2,5.

La I° e La II° campagna di rilevamento nel Comune di Chiomonte sono state organizzate per verificare in parallelo le attività di monitoraggio condotte da Fenice S.p.A. per conto della Società Lyon Turin Ferroviarie S.A.S. (LTF). Nell'ambito della costruzione del T.A.V. Il sito scelto per il controllo si trova all'interno del cortile della scuola elementare di via Augusto Levis; il laboratorio mobile di Arpa è stato posizionato di fianco a quello utilizzato da Fenice.

La campagna di monitoraggio condotta nel comune di None, finalizzata al controllo della qualità dell'aria, è stata effettuata a seguito dell'installazione dell'impianto a biogas nel comune di None da parte della società Agri-Energia.

La campagna di monitoraggio condotta nel Comune di Settimo T.se è stata effettuata in seguito alla richiesta dell'Amministrazione Comunale per avere informazioni puntuali della concentrazione degli inquinanti in aria ambiente con particolare riferimento a composti organici volatili e

odorigeni; infatti permane elevato il numero di segnalazioni inoltrate dalla cittadinanza relativamente ai disagi causati dagli odori percepiti in orario serale e pre-serale nell'area di Settimo T.se.

In relazione alla segnalazione di molestie odorigene va considerato che le stazioni di rilevamento della qualità dell'aria sia mobili che fisse sono attrezzate per rilevare, tra le molte sostanze presenti in atmosfera, solo quelle previste dalla normativa (PM10, PM2,5, ozono, ossidi di azoto, anidride solforosa, monossido di carbonio, benzene, toluene ecc.). Queste sostanze sono caratterizzate sia da una significativa e accertata tossicità sia da un'ampia diffusione territoriale nelle zone antropizzate ma non da particolari caratteristiche odorigene. In casi come questo l'obiettivo della campagna va quindi inteso come verifica del fatto che le molestie olfattive segnalate siano o meno accompagnate da concentrazioni di inquinanti atmosferici normati significative sotto il profilo della protezione della salute.

La campagna di monitoraggio condotta nel comune di Rivoli, finalizzata al controllo della qualità dell'aria, è stata effettuata a seguito della richiesta inoltrata dalla Città di Rivoli ad Arpa Piemonte. Tale richiesta nasce dalla necessità di rispondere ad un disagio manifestato da alcuni cittadini Rivolesi in merito ai livelli percepiti di inquinamento atmosferico lungo corso Susa. Tra gli anni 2008 e 2009 Arpa Piemonte aveva provveduto ad effettuare due campagne di misura della qualità dell'aria dalle quali era emersa una situazione ambientale critica ma di fatto confrontabile con altre realtà provinciali. Al termine di questo nuovo ciclo di campagne di monitoraggio sono stati effettuati dei confronti con le precedenti misure.

La campagna di monitoraggio nel Comune di Borgone Susa è stata promossa in seguito alle richieste dell'Amministrazione Comunale di effettuare una valutazione specifica della qualità dell'aria nel proprio territorio ed in particolare nella zona del centro urbano interessata dal passaggio di traffico pesante.

Per poter raccogliere una serie di dati rappresentativa Arpa Piemonte si è impegnata ad organizzare due campagne di monitoraggio con il Laboratorio Mobile della qualità dell'aria in momenti diversi dell'anno, in modo da acquisire informazioni ambientali in differenti condizioni meteo climatiche. Nello specifico, la prima campagna è stata effettuata nel periodo novembre-dicembre 2011, mentre la seconda nell'estate del 2013.

La campagna di monitoraggio condotta nel comune di Sangano, finalizzata al controllo della qualità dell'aria, è stata effettuata a seguito degli accordi tra Arpa Piemonte e il Comune di Sangano, che partecipa al progetto Europeo T.A.B. (*Take a breath – Fate un bel respiro*) che ha lo scopo di raccogliere e monitorare dati ambientali per fornire informazioni sulle principali fonti di inquinamento dell'aria.

La campagna di monitoraggio nel comune di Piossasco è stata richiesta per valutare l'impatto del traffico veicolare leggero e pesante sulla strada provinciale 589. Il sito di rilevamento era già stato oggetto di due campagne effettuate nel 2007 e nel 2008 anche con l'ausilio di un contatraffico; dai rilevamenti effettuati nella primavera del 2007 la strada provinciale 589 era stata classificata come "medio/alto volume di traffico" con una media giornaliera di veicolo di 8640 veic/giorno.

La campagna di monitoraggio condotta nel Comune di Piobesi T.se da Arpa Piemonte - Dipartimento di Torino, è stata effettuata in seguito alla richiesta dell'Amministrazione Comunale, in particolare tale campagna è stata proposta allo scopo di avere informazioni puntuali della concentrazione degli inquinanti in aria ambiente.

La III° campagna di monitoraggio nel comune di Airasca è stata effettuata per avere informazioni ulteriori dopo le campagne eseguite negli anni 2011 / 2012 in cui è emerso una criticità rispetto al particolato arodisperso; si è deciso di effettuare un approfondimento posizionando un contatraffico lungo l'arteria principale di viabilità - a qualche decina di metri dal sito individuato per il posizionamento del laboratorio mobile - al fine di monitorare il flusso di traffico insistente sul territorio comunale.

Nella TABELLA 32 è riportato il cronoprogramma delle campagne di monitoraggio con l'utilizzo del laboratorio mobile svolte nell'anno 2013.

Anno	Mese	Luogo	Data inizio	Data fine
2013	GENNAIO	CARMAGNOLA - Centro Sportivo Comunale Corso Roma, 24	15/01/2013	12/02/2013
2013	FEBBRAIO	NICHELINO - P.za Camandona, 11	14/02/2013	06/03/2013
2013	MARZO	CHIOMONTE - via Augusto Levis c/o scuola elementare	25/03/2013	10/04/2013
2013	APRILE	NONE - piazzale adiacente chiesa di S. Rocco	10/04/2013	10/05/2013
2013	MAGGIO	SETTIMO T.SE - via cascina Nuova, 34	10/05/2013	04/06/2013
2013	GIUGNO	RIVOLI - Corso Susa angolo viale Di Nanni	07/06/2013	01/07/2013
2013	LUGLIO	BORGONE DI SUSIA via Abegg 56	03/07/2013	25/07/2013
2013	LUGLIO / AGOSTO	SANGANO via San Lorenzo angolo via S. Giorgio	25/07/2013	22/08/2013
2013	AGOSTO	PIOSSASCO - via Susa 46	23/08/2013	17/09/2013
2013	SETTEMBRE	CARMAGNOLA - Centro Sportivo Comunale Corso Roma, 24	19/09/2013	08/10/2013
2013	OTTOBRE	PIOBESI Corso Italia, 9	10/10/2013	27/10/2013
2013	NOVEMBRE	CHIOMONTE - Via Augusto Levis c/o scuola elementare	18/11/2013	09/12/2013
2013	DICEMBRE	AIRASCA - piazza San Bartolomeo	09/12/2013	09/01/2014

TABELLA 32: cronoprogramma campagne laboratorio mobile – anno 2013.



FIGURA 43: la stazione mobile di rilevamento della qualità dell'aria.

## CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'ANNO 2013

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

**M. Nicoletta e G. Paesano, S. Bande, ARPA PIEMONTE, Sistemi Previsionali**

La relazione "Uno sguardo all'aria" costituisce un utile documento per la conoscenza e la comprensione dei fenomeni di inquinamento atmosferico. A tal fine, oltre alla consueta analisi dei dati chimici rilevati nel corso del 2013, 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. Sono stati analizzati i mesi singolarmente, perchè la variabilità del 2013 è stata sempre piuttosto spiccata tra un mese e l'altro e quindi ciascun mese è rimasto contrassegnato da caratteristiche peculiari.

Nella caratterizzazione dei vari periodi temporali del 2013 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 geopotenziale<sup>36</sup> 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 2003–2012; 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 2013.

Nel complesso si osserverà come il 2013 sia stato un anno mediamente caldo (il 14° più caldo degli ultimi 56 anni) e piovoso (+13% sulla media 1971–2000), ma con un andamento molto variabile (e non solo tra un mese e l'altro), che sommariamente si può dividere tra un primo semestre più "freddo" con prevalenti temperature sotto la media (con rilevanti picchi positivi qua e là) ed un secondo semestre "caldo" con un'anomalia termica generalmente positiva (tra isolati e poco rilevanti periodi sotto la norma).

### IL CLIMA DEL 2013

#### Gennaio

Il primo mese dell'anno, Gennaio 2013, ha già avuto un'evoluzione molto dinamica, direttamente riscontrabile ad esempio nell'andamento delle temperature osservate lungo il corso del mese, con un'alternanza di momenti caldi (favoriti da condizioni di foehn), nella prima decade e alla fine del mese, e più lunghi periodi freddi, tra la seconda decade e l'inizio della terza.

Dapprima c'è stata una prolungata presenza dell'alta pressione atlantica sull'Europa sud-occidentale nella prima decade del mese, che ha assicurato tempo stabile, anche con frequenti eventi di foehn, per l'interazione con la compresenza di una bassa pressione sull'Europa orientale (FIGURA 44) e conseguente gradiente barico a cavallo dell'arco alpino occidentale. Successivamente si è assistito ad un continuo susseguirsi di depressioni nord-atlantiche (a volte con un'origine parzialmente anche più polare), che transitavano sull'Italia portando tempo instabile soprattutto sul resto della Penisola e, ben più marginalmente, solo sulla parte meridionale e orientale del Piemonte, perché il flusso dominante sulla regione rimaneva spesso da nordovest, lasciando quindi più asciutte (protette sottovento) le zone nordoccidentali piemontesi, talvolta ancora con venti di foehn.

Solo il temporaneo riscaldamento di fine mese, a cavallo con l'inizio di Febbraio, è stato associato ad un anticiclone di componente parzialmente più africana, e ancora con locali venti di foehn

<sup>36</sup> 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 isoipse, 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 "isoipse"), muovendosi da ovest verso est.

che contribuivano ulteriormente al riscaldamento termico sulla fascia occidentale e settentrionale della regione.

Le mappe medie mensili della pressione in quota di FIGURA 44 raffigurano un'anomalia negativa sull'Europa centro-orientale e positiva sul lato atlantico europeo (mappa destra), con un conseguente flusso da nordovest sull'Italia nordoccidentale (nella mappa sinistra più accentuato, più settentrionale della climatologia della mappa centrale), che spiega il clima più asciutto e mite sul Piemonte nordoccidentale (protetto sottovento ai fronti perturbati in arrivo da nordovest, che provocavano frequenti episodi di foehn), più piovoso e freddo su quello sudorientale.

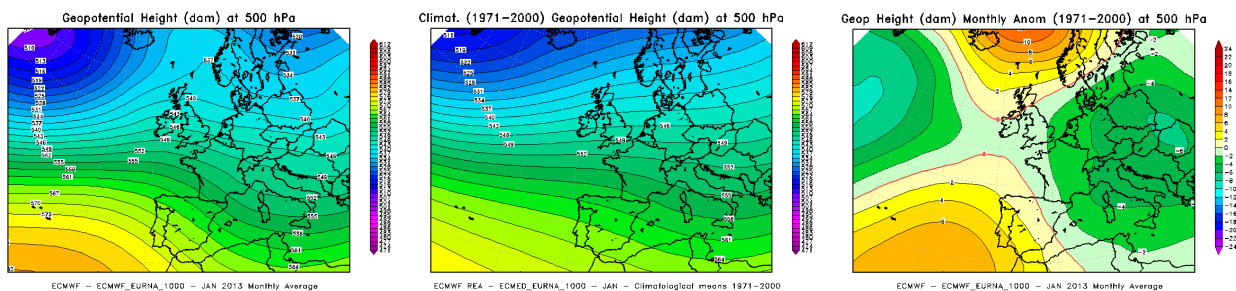


FIGURA 44: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Gennaio 2013 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra) - Nella mappa dell'anomalia (ultima figura a destra) la linea tratteggiata in rosso segna lo "0" e separa i valori di anomalia negativa (dal verde al blu-viola) da quelli positivi (dal giallo al rosso).].

Sia in quota (mappa destra di FIGURA 44) che al suolo (mappa sinistra di FIGURA 45), si può notare come la 'porta' atlantica sia rimasta aperta alle perturbazioni dall'Oceano verso il Mediterraneo e l'Europa centrale, ma –appunto– su latitudini troppo alte, tra il sud delle Isole Britanniche e la Francia, non sufficientemente meridionali per influenzare efficacemente anche il Piemonte.

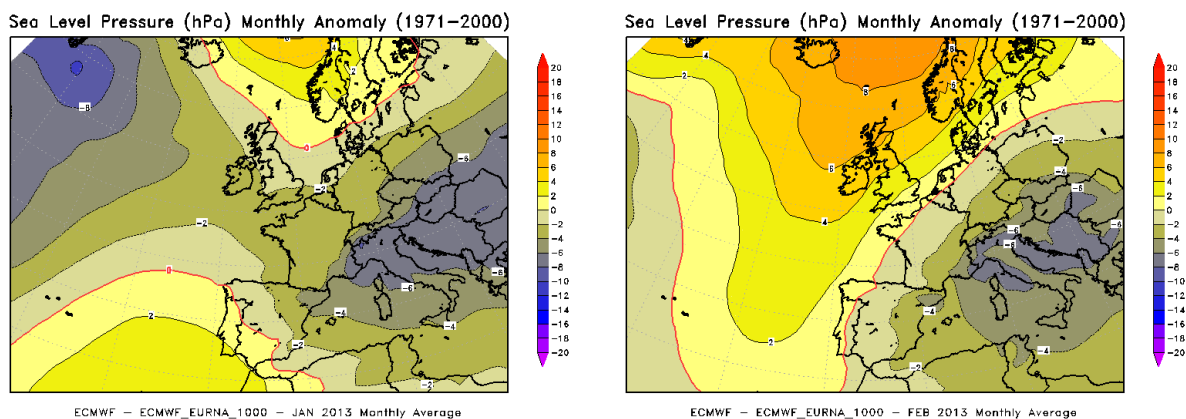


FIGURA 45: anomalia della pressione a livello del mare, rispetto al periodo climatico 1971-2000, di Gennaio (a sinistra) e Febbraio 2013 (a destra).

### Febbraio

A Febbraio il flusso prevalente nord-occidentale di Gennaio è diventato ancora più settentrionale (come visibile nella mappa sinistra di FIGURA 46), determinando un altro mese avaro di precipitazioni sul Piemonte, oltre che più generalmente freddo.

Un'anomalia negativa del geopotenziale in quota (mappa destra di FIGURA 46) mostra come una pressione inferiore alla media ha avuto il "minimo" centrato proprio sul nordovest italiano, che così è stato interessato dall'aria più fredda (FIGURA 47) e quindi più asciutta (di direzione settentrionale), rimanendo l'unica area d'Italia in deficit pluviometrico mensile.



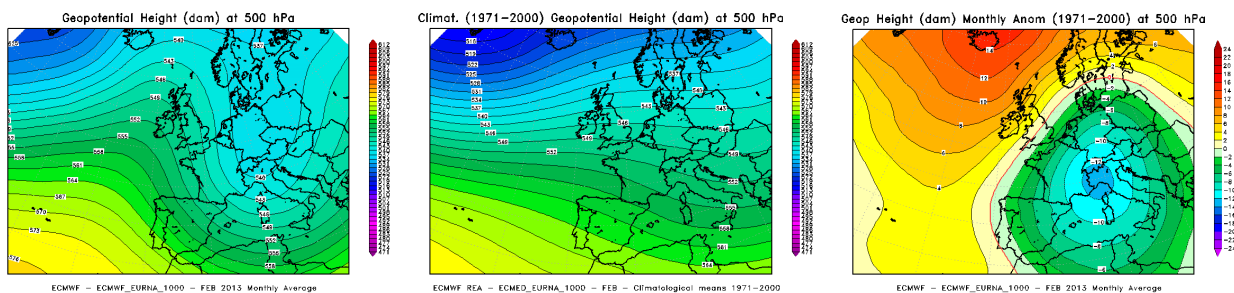


FIGURA 46: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Febbraio 2013 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Come si vede sia in quota (mappa destra di FIGURA 46) che al suolo (mappa destra di FIGURA 45), questa volta la 'porta' atlantica è rimasta più chiusa alle perturbazioni oceaniche, rispetto al mese prima, e i fronti perturbati sono arrivati sul Piemonte più da nord-nordest (mappa destra di FIGURA 45) che non dall'Atlantico (come in mappa sinistra di FIGURA 45 e mappa destra di FIGURA 44). Ad esempio la depressione più forte, giunta lungo la terza decade del mese, in risposta al blocco anticiclonico in formazione sull'alto nord-Atlantico, è originariamente scesa dal Baltico, per andare poi a formare una bassa pressione chiusa sul Mediterraneo occidentale.

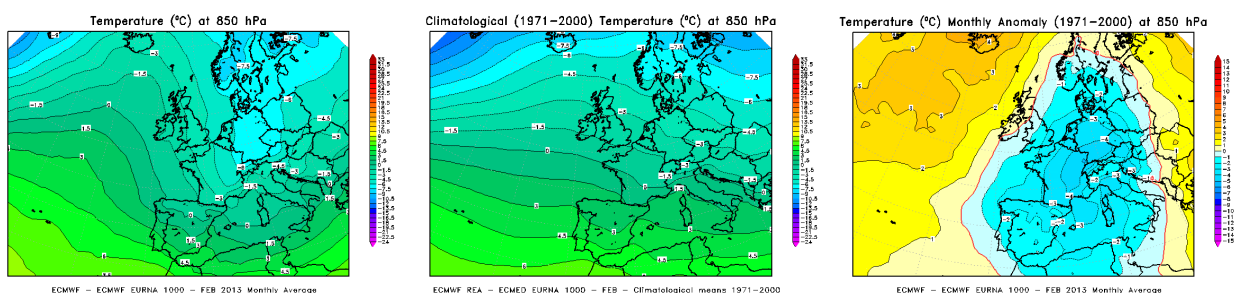


FIGURA 47: temperatura media a 850 hPa del mese di Febbraio 2013 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Il Piemonte sotto un prevalente flusso tra nord e nord-est, con frequenti discese di aria artica dalla Scandinavia (mappa sinistra di FIGURA 46 e FIGURA 47), ha risentito di temperature inferiori alla media quasi ininterrottamente nel mese (l'11 Febbraio è stato il giorno più freddo dell'anno 2013 per il Piemonte, quando neanche le temperature massime sono salite al disopra dello 0 °C), con saltuarie pause più miti solo in occasione dei venti di foehn, che, in misura minore di Gennaio, si innescavano in condizioni di flusso temporaneamente da nord-ovest nella prima metà del mese. Con temperature così basse, le poche precipitazioni cadute (soprattutto nell'ultima decade) sono spesso state a carattere nevoso fino in pianura.

La dinamicità di Gennaio e il freddo di Febbraio, insieme ai loro venti di foehn, hanno parzialmente attenuato (rispetto alla normale climatologia) la formazione delle nebbie in pianura, che rappresentano un segno della stagnazione prolungata dell'aria nei bassi strati dell'atmosfera.

**Marzo**

Dopo il clima asciutto dei primi due mesi dell'anno, Marzo è stato un mese sicuramente più piovoso, e ancora freddo come Febbraio.

Così quello che, per il calendario meteorologico rappresenta il primo mese della stagione primaverile, ha avuto caratteristiche talmente fredde e umide che l'hanno fatto percepire più sensibilmente vicino alla stagione invernale che non a quella primaverile.

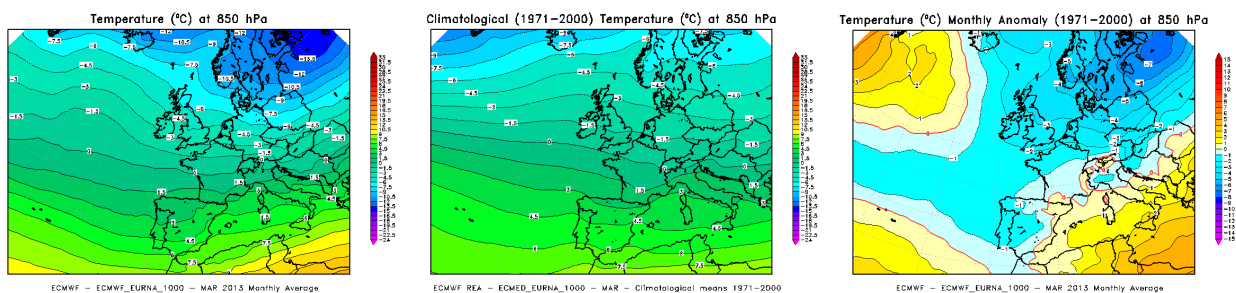


FIGURA 48: temperatura media a 850 hPa del mese di Marzo 2013 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

L'anomalia termica negativa è stata provocata dalla discesa di aria fredda dalle latitudini polari attraverso la Scandinavia e le repubbliche baltiche (FIGURA 48), a seguito della discesa di una porzione del vortice polare sulle latitudini più meridionali dell'Europa centro-settentrionale (FIGURA 49). Mentre l'alta pressione atlantica, con aria mite, si è definitivamente spinta alle alte latitudini settentrionali di Islanda e Groenlandia (come già iniziava ad avvenire a Febbraio: FIGURA 46 e FIGURA 47), il vortice polare si è diviso in parti più piccole, una delle quali è scesa di latitudine ed è rimasta stazionaria a lungo sull'Europa centro-settentrionale, proprio al di là dell'arco alpino (FIGURA 49 e FIGURA 48), facendo affluire aria fredda dai quadranti nord-orientali su buona parte dell'Europa e anche sul nord Italia. Tipicamente è stato il flusso orientale (da est e nord-est) a convogliare lungo la Pianura Padana l'aria fredda baltica e balcanica verso il Piemonte, influenzando in maniera più efficace le zone di pianura e il settore centro-meridionale della regione, rispetto ai rilievi alpini settentrionali ed occidentali piemontesi. Se a Febbraio e Gennaio l'aria fredda che raggiungeva il Piemonte aveva più spesso una matrice artica (con la componente da nord e nord-ovest di FIGURA 46 e FIGURA 44), a Marzo ha avuto caratteristica più siberiana, col flusso da est che colpiva meglio la pianura delle zone montane (FIGURA 48). Come anche a Febbraio, non è stato un freddo eccezionale, ma la caratteristica più rilevante è stata la persistenza.

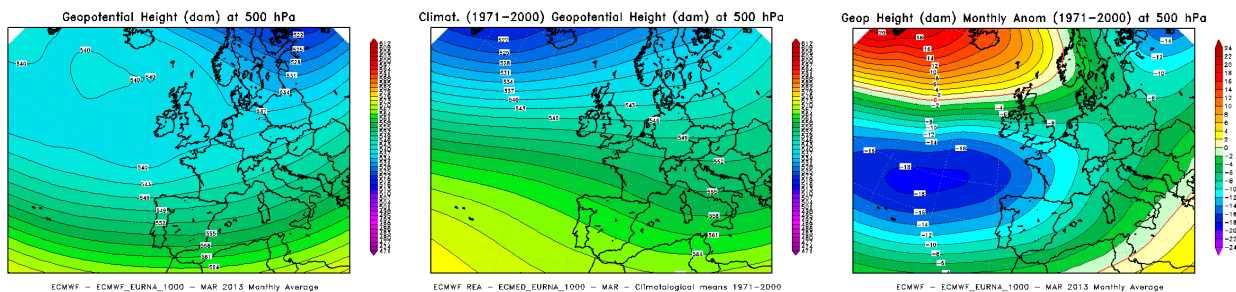


FIGURA 49: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Marzo 2013 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Allo stesso tempo la depressione polare, scesa sull'Europa centro-settentrionale, ha creato un'ampia fascia di bassa pressione dall'Atlantico al continente europeo, alle medie latitudini. Infatti in FIGURA 49 si nota bene come la pressione in quota è rimasta molto bassa (marcatamente inferiore alla media climatologica) anche (e soprattutto!) sul medio Atlantico, di contro all'anticiclone salito alle latitudini polari di Islanda e Groenlandia: questo ha lasciato del tutto aperta la 'porta' alle perturbazioni oceaniche verso il bacino del Mediterraneo, che così a più riprese hanno portato instabilità e precipitazioni su tutta l'Italia e sul Piemonte, praticamente durante tutto il mese di Marzo.

L'anomalia negativa sul medio-basso Atlantico è segno delle continue depressioni entrate dall'oceano nel Mediterraneo, stavolta con la direzione (sudoccidentale) più adatta ad influenzare anche il Piemonte (mappa sinistra di FIGURA 49).

Il flusso atlantico mediamente sudoccidentale (mappa sinistra di FIGURA 49) portava aria umida, carica di precipitazioni, sull'Italia e allo stesso tempo influenzava con aria oceanica più mite tutta l'area mediterranea e le sole zone alpine del nord-Italia, rispetto alla Pianura Padana (FIGURA 48).

Con tempo spesso perturbato, il grande numero di giorni nuvolosi ha contribuito molto all'anomalia termica negativa del Piemonte, determinando anche un'anomalia leggermente più marcata per le temperature massime che non per le minime. Allo stesso modo il maltempo spiega l'anomalia

termica negativa estesa anche all'Europa atlantica fino al Portogallo: zona che ha subito più l'aria fredda e perturbata nord-atlantica, che non quella siberiana dell'Europa centrale.

Naturalmente, sommando temperature basse e precipitazioni abbondanti, il risultato è stato di avere molte nevicate, anche sulle zone pianeggianti: da rimarcare la nevicata in pianura del 17-18 Marzo che a Torino è stata la più tardiva del nuovo millennio e, con buona probabilità, anche dal 18 Aprile 1991. Particolarmente copiose le nevicate sui rilievi della regione, soprattutto del Piemonte meridionale (Cuneese), dove sono state ben al di sopra della media climatologica: ad esempio fino a 3 metri di neve misurati al suolo a Limone Piemonte al 31 Marzo 2013, contro una media climatologica di meno di un metro e mezzo (cioè oltre il doppio della media).

Con le precipitazioni abbondanti e frequenti di Marzo si è progressivamente attenuato il deficit pluviometrico che si era accumulato nei primi due mesi dell'anno, riportando il totale pluviometrico regionale quasi vicino alla media climatologica annuale.

Inoltre la persistente instabilità di Marzo ha naturalmente ostacolato la formazione delle nebbie in pianura, che così state piuttosto poche rispetto alla climatologia, come pure nel successivo mese di Aprile.

## Aprile

La piovosità di Marzo è proseguita anche nel mese di Aprile, quando il flusso dominante in quota sull'Italia settentrionale è rimasto ancora dai quadranti sudoccidentali, grazie ad un'inflexione del geopotenziale in corrispondenza delle Isole Baleari e delle coste dell'Algeria (mappa sinistra della FIGURA 50), dove infatti si osserva una locale ma chiara attenuazione dell'anomalia generalmente positiva che ha più ampiamente interessato gran parte dell'area, dalle coste del Portogallo all'Europa orientale (mappa destra della FIGURA 50).

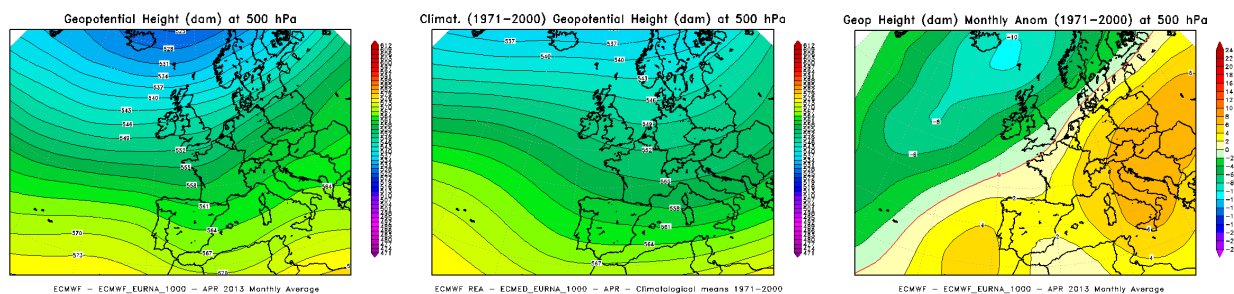


FIGURA 50: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Aprile 2013 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Può essere sottile ma è sicuramente incisiva la differenza di Aprile 2013 rispetto alla sua normale climatologia (della mappa centrale di FIGURA 50), con la marcata saccatura atlantica che è scesa più profondamente all'interno del Mediterraneo occidentale e ha creato sul Piemonte un flusso più nettamente da sudovest, e quindi più meridionale rispetto al flusso climatologico più prettamente da ovest. Infatti lungo il corso del mese dapprima è continuato, come a Marzo, il susseguirsi incessante di perturbazioni dall'Atlantico verso il Mediterraneo e l'Europa centrale (nella prima decade/metà del mese); poi dalla saccatura nord-atlantica si è staccata una bassa pressione chiusa sull'estremo Mediterraneo sud-occidentale (tra Baleari, Spagna e Algeria), che nell'ultima decade del mese ha provocato le precipitazioni più abbondanti, perché là aveva la posizione migliore per portarle sul Piemonte.

Una chiara conferma, che le perturbazioni atlantiche ad Aprile hanno seguito la strada giusta per giungere sul Piemonte con la direzione più adatta a portare instabilità, viene dalla FIGURA 51, che coi colori in verde-scuro rappresenta la traiettoria percorsa dai fronti più perturbati, dal medio Atlantico alla Spagna, le Baleari e il nordovest italiano. Questa è la prova più evidente che, pur all'interno di un'anomalia di geopotenziale non marcatamente negativa su quell'area (mappa destra di FIGURA 50), in realtà il geopotenziale là è stato profondamente perturbato durante il mese.

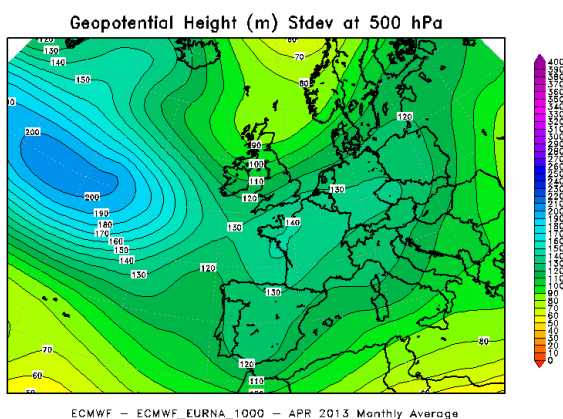


FIGURA 51: variazione media mensile del geopotenziale a 500 hPa (rappresentata dalla sua deviazione standard) nel mese di Aprile 2013.

Così, con una piovosità mensile pari a oltre una volta e mezzo la sua media 1971-2000 (+75%), a fine Aprile il deficit pluviometrico annuo era definitivamente colmato e, anzi, il totale pluviometrico regionale aveva anche iniziato ad oltrepassare leggermente la media climatologica annuale.

Rispetto al mese precedente (FIGURA 49), l'anomalo blocco anticiclonico sull'estremo nord-Atlantico è scomparso, col ritorno di una profonda depressione d'Islanda (FIGURA 50) che, insieme ad un anticiclone (discendente da quello africano) fermo ora sull'Europa orientale, ha favorito, con un dominante flusso oceanico sudoccidentale, aria mite (e umida) sul nord-Italia. Così, come su tutta l'Europa sud-orientale (FIGURA 52, mappa sinistra), le temperature di Aprile sono risultate prevalentemente superiori alla norma, in particolare a cavallo di metà mese (quando uno stabile anticiclone africano ha temporaneamente interessato anche il Piemonte) e alla fine della terza decade. Al contrario di Marzo (mappa destra di FIGURA 48 e di FIGURA 49), infatti, mancava il freddo flusso nord-orientale dalla Russia: freddo che si è sentito ancora solo nella prima decade di Aprile.

L'anomalia termica positiva di Aprile si è avvertita più diffusamente nei valori minimi, mentre il frequente maltempo (con cielo coperto e insolazione diurna ridotta) ha mantenuto le temperature massime in pianura relativamente più basse.

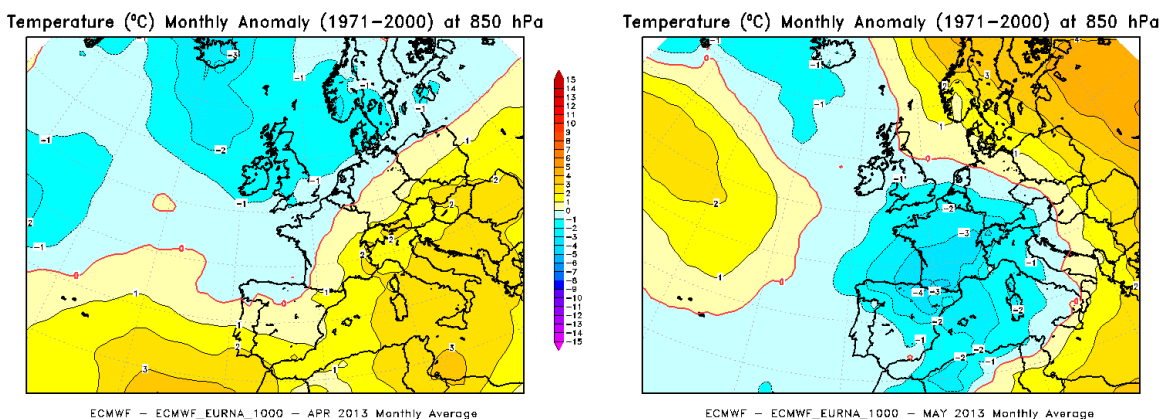


FIGURA 52: anomalia della temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota), rispetto al periodo climatico 1971-2000, di Aprile 2013 (a sinistra) e Maggio 2013 (a destra).

### Maggio

Alla pausa mite di Aprile ha subito fatto seguito un nuovo periodo freddo nel mese di Maggio, come già si osserva nella mappa destra di FIGURA 52. A parte tutta la prima decade (quasi prima metà) del mese, caratterizzata ancora da aria particolarmente mite per il periodo, perché è continuato il flusso sudoccidentale (e anche umido) di Aprile, associato all'anticiclone esteso tra Algeria e Russia (FIGURA 50 e FIGURA 53), il resto del mese ha sentito le marcate e continue irruzioni di aria fredda dal nord-Atlantico, che hanno portato ancora instabilità e soprattutto temperature nuovamente inferiori alla media climatologica.

Infatti, come si osserva in particolare dalla mappa sinistra della FIGURA 53, la saccatura nord-atlantica di Aprile (FIGURA 50) si è ulteriormente approfondita dalla Francia al Mediterraneo occidentale, dirottando ancora un flusso da sudovest (quindi marittimo e umido) sul Piemonte e il resto d'Italia. La depressione è penetrata più marcatamente all'interno dell'Europa centro-occidentale, con un'anomalia negativa del geopotenziale nella mappa destra di FIGURA 53, che indica come la pressione media mensile sia stata nettamente inferiore alla norma sul Piemonte, quindi con instabilità anche maggiore di Aprile.

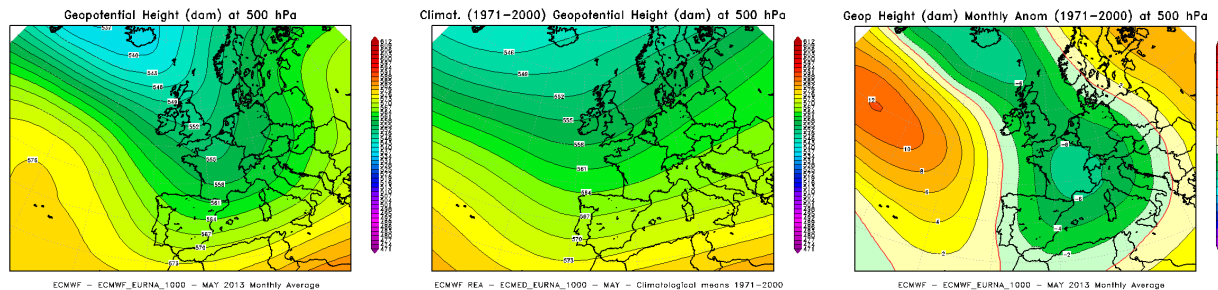


FIGURA 53: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Maggio 2013 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Come si osserva dalla mappa destra sia di FIGURA 52 sia di FIGURA 53, un anticiclone atlantico (più mite) è tornato a rafforzarsi al largo delle latitudini oceaniche settentrionali e sul suo bordo orientale (in rotazione oraria) ha favorito la discesa dell'aria fredda (e instabile) dall'Islanda all'Europa centro-occidentale, dove -tra Francia, Spagna e tutta l'area alpina- tra la seconda e la terza decade del mese si sono formate ripetute e profonde depressioni, che hanno provocato precipitazioni abbondanti, diffusamente superiori alla norma climatologica.

L'aria nord-atlantica, con maggiore componente da nord (nordovest, tanto che *-molto saltuariamente-* si sono avuti anche eventi di foehn) rispetto ad Aprile (quando è giunta più dal medio Atlantico: FIGURA 50 e FIGURA 51), spiega le temperature medie fredde del mese (mappa destra di FIGURA 52). Allo stesso tempo, un altro blocco anticiclonico sull'Europa più orientale (dalla Grecia al nordovest della Russia, fino alla Scandinavia: mappa destra di FIGURA 53) ha fatto sì che i sistemi umidi atlantici, in moto da ovest ad est, rimanessero bloccati a persistere a lungo sul Mediterraneo occidentale e sull'Europa centrale, determinando le precipitazioni abbondanti sul Piemonte ed un generale raffreddamento dell'atmosfera (mappa destra di FIGURA 52). Con la piovosità di Maggio quasi doppia rispetto alla sua media mensile 1971-2000 (+77%), il surplus pluviometrico annuo, iniziato ad Aprile, è ulteriormente aumentato, con un totale regionale di precipitazioni che ha ampiamente superato la climatologia annuale.

## Giugno

Giugno è stato un mese molto dinamico, con la prima e la terza decade piuttosto fresche, intervallate da una seconda decade decisamente più calda, perché è stata l'unica ad essere interessata da una temporanea rimonta anticiclonica, progressivamente più nord-africana, che dal Marocco e dall'Algeria si è spinta fino all'Europa centrale. Per tutto il resto del mese, hanno prevalso le correnti dai quadranti settentrionali, che hanno determinato un clima più fresco, oltre che prevalentemente stabile e asciutto. Infatti, dal punto di vista pluviometrico, le precipitazioni sono state mediamente inferiori alla norma climatologica (quasi la metà: 45% in meno), interrompendo così l'andamento abbondantemente piovoso dei tre mesi precedenti.

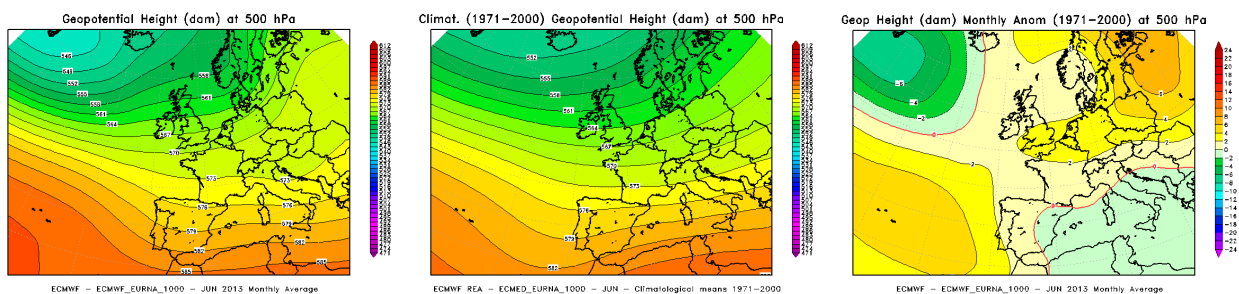


FIGURA 54: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Giugno 2013 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

A grande scala nella mappa sinistra di FIGURA 54 si nota come sul Piemonte il flusso sinottico medio mensile sia rimasto da ovest quasi piatto (orizzontale, poco “perturbato” da ondulazioni depressionarie): meno meridionale (quindi meno umido e instabile) del flusso climatologico della mappa centrale (più da sudovest). È evidente come, rispetto alla climatologia (mappa centrale), la pressione in quota sia risultata più alta (con i colori di geopotenziale più caldi nella mappa sinistra), su tutta l'Europa occidentale (Piemonte compreso): questo è confermato anche dall'anomalia (pur lievemente) positiva sull'area, nella mappa destra.

Un'anomalia lievemente negativa ha invece interessato il basso Mediterraneo, in particolare verso il lato orientale (come si vede anche meglio dalla pressione al suolo nella mappa centrale di FIGURA 55).

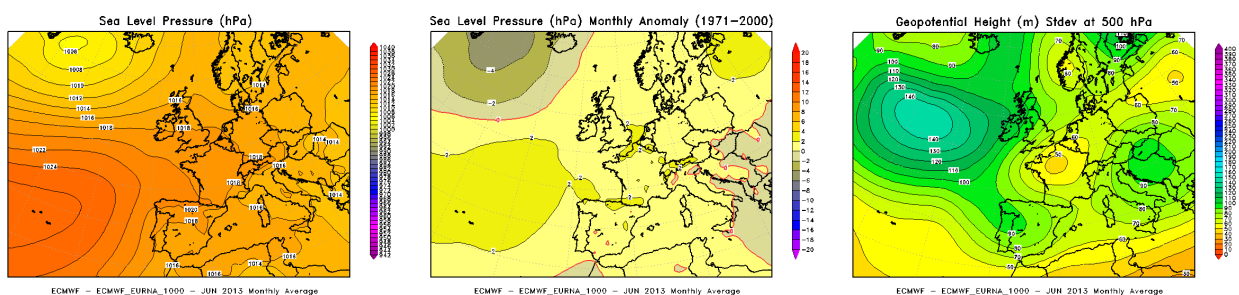


FIGURA 55: pressione a livello del mare di Giugno 2013 (a sinistra), sua anomalia rispetto al periodo climatico 1971-2000 (al centro), e variazione media mensile del geopotenziale a 500 hPa (rappresentata dalla sua deviazione standard) nel mese di Giugno 2013 (a destra).

Le perturbazioni atlantiche, o più settentrionali, non sono mancate nel corso del mese, ma hanno sempre rapidamente preso una strada verso l'Europa sudorientale (balcanica e con maggior interessamento dell'Italia centro-meridionale e del sudest del Mediterraneo), con una conseguente rapida rotazione del flusso da nord o nordovest sul Piemonte, tipicamente associato a clima più fresco e stabile. In tal modo, dopo veloci occasioni di precipitazioni, i fronti lasciavano il nordovest italiano sotto correnti perlopiù settentrionali asciutte, talvolta associate a condizioni di foehn (come si può intuire dal disegno del cosiddetto “naso del foehn” sull'arco alpino nella mappa sinistra di FIGURA 55, che raffigura la pressione al suolo, e nella mappa centrale, che rappresenta la relativa anomalia, con pressione più alta sul versante oltralpe europeo e più bassa sull'Europa sudorientale e, localmente, sulla Pianura Padana). Le giornate col foehn, serene e fresche soprattutto nelle ore notturno-mattutine, hanno fatto sì che la media mensile delle temperature di Giugno abbia avuto uno scarto negativo per le minime e positivo per la massime, con uno scostamento medio mensile quasi nullo.

L'ultima mappa a destra della FIGURA 55 in colore verde mostra come, sullo scenario europeo, la traiettoria percorsa dai fronti perturbati è giunta sia dal nord-Atlantico localizzandosi e ‘fermandosi’ sulla Spagna, sia dal nord-Europa (ad esempio dalla Scandinavia verso la fine del mese) seguendo un percorso nordorientale (in particolare con una bassa pressione che ha prevalentemente interessato l'Ungheria e l'Europa balcanica nella prima decade e verso la fine del mese). Questo conferma come il Piemonte sia stato più coinvolto dalle perturbazioni con una direzione da nord-nordest, piuttosto delle, più umide e miti, perturbazioni oceaniche del medio Atlantico (da

sudovest), ferme sulla Spagna (a differenza, ad esempio, della FIGURA 51 di Aprile), risultando così, alla fine, mediamente più asciutto della norma.

**Luglio**

Il mese di Luglio è tornato ad avere una piovosità cumulata mensile superiore alla media climatologica (+40% sulla media 1971-2000), seppur con una distribuzione disomogenea (con anomalia tendenzialmente positiva a ovest ma negativa a est), essenzialmente perché legata a precipitazioni perlopiù temporalesche e quindi irregolari.

La caratteristica eclatante della mappa media mensile del geopotenziale in quota (FIGURA 56) è una forte risalita dell'anticiclone, dalle latitudini più meridionali del nordovest africano, fino al Mare del Nord, dove a lungo, e ripetutamente nel corso del mese, si è quasi isolata un'alta pressione localizzata, ben stabile (come mostrato dalla mappa destra di FIGURA 56), responsabile (con la sua circolazione anticiclonica, oraria) di un prevalente flusso nordorientale sul Piemonte.

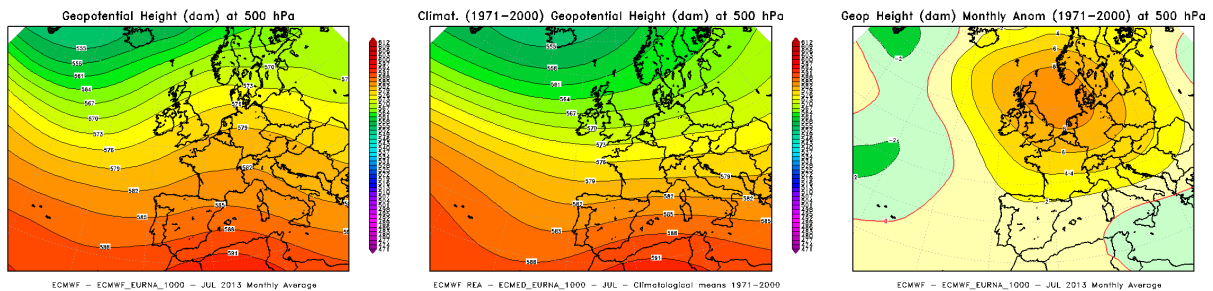


FIGURA 56: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Luglio 2013 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

La risalita verso nord dell'anticiclone sull'Europa occidentale ha portato aria calda su tutto l'ovest europeo e anche sul Piemonte (mappa destra di FIGURA 57), che ha registrato un'anomalia termica media mensile positiva (in particolare per le temperature massime, meno per le minime): l'onda di calore più vigorosa è stata quella associata all'espansione verso nord dell'anticiclone africano, avvenuta nell'ultima decade del mese (la seconda dell'estate 2013, dopo la prima avvenuta intorno alla metà di Giugno).

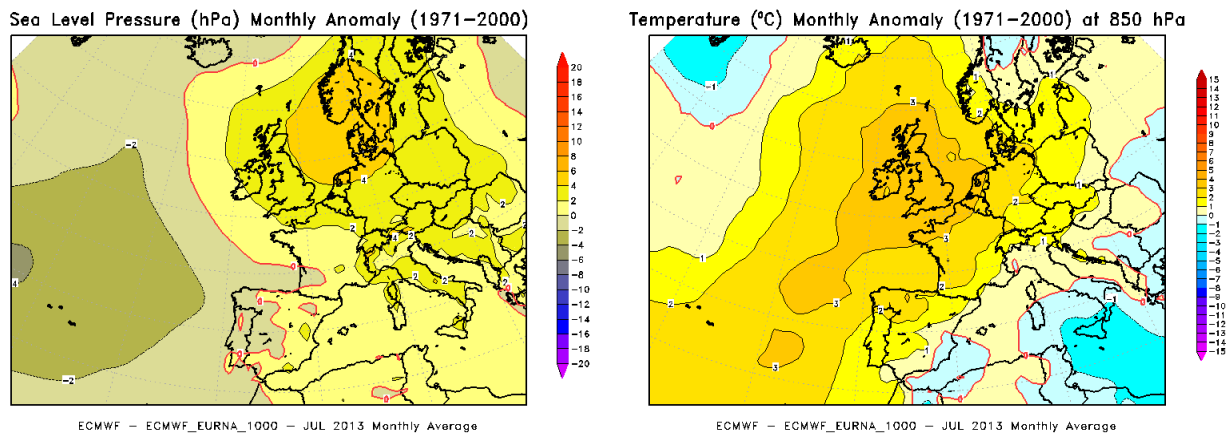


FIGURA 57: anomalia, rispetto al periodo climatico 1971-2000, della pressione a livello del mare (a sinistra) e della temperatura a 850 hPa, circa 1500 m di quota (a destra), di Luglio 2013.

Tuttavia l'alta pressione sull'Europa nord-occidentale ha lasciato sempre il nordovest italiano solo ai suoi margini e così non è riuscita ad evitare le saltuarie infiltrazioni di aria fredda che avvenivano sul Piemonte talvolta da nordest (col flusso nordorientale enunciato sopra, nella mappa destra di FIGURA 56, che al contempo raffreddava il Mediterraneo orientale: mappa destra di FIGURA 57), e talvolta anche da ovest. Infatti alle latitudini più meridionali intermedie di Spagna e Italia (in anomalia barica nettamente inferiore a quella ampiamente positiva soprastante), al disotto della forte alta pressione imperante sull'Europa nordoccidentale, spesso rimaneva un canale debolmente più depressionario (intuibile anche meglio dall'anomalia negativa: sul sudest dell'Europa nella mappa destra di FIGURA 56 e sul sudovest europeo nella mappa sinistra di

FIGURA 57), il quale permetteva le veloci intrusioni da ovest di onde depressionarie dal medio Atlantico (mappa sinistra di FIGURA 57), attraverso la Spagna, fino a lambire l'arco alpino occidentale.

Seppur in maniera debole e saltuaria, queste parziali intrusioni erano comunque sufficienti ad innescare precipitazioni localmente molto forti, perché, scontrandosi col clima caldo di Luglio tipico dell'estate mediterranea, scatenavano precipitazioni temporalesche, puntualmente abbondanti. Le piogge di questo tipo hanno interessato naturalmente le zone montane e pedemontane alpine, più delle pianure orientali, grazie anche ad un'ulteriore 'spinta' locale per effetto orografico. Inoltre anche il flusso prevalentemente da est (descritto prima con la mappa destra di FIGURA 56) ha contribuito a localizzarle soprattutto sulla parte occidentale del Piemonte, rispetto al più asciutto settore orientale.

### Agosto

Agosto ha avuto caratteristiche abbastanza tipiche dell'estate mediterranea sulla regione piemontese, con le temperature più alte dell'anno nella prima decade, seguita da clima meno torrido nel resto del mese: due veloci fasi instabili significative, verso la fine della prima decade e nell'ultima decade, quando ha temporaneamente rinfrescato in misura più marcata.

Mediamente nel mese le temperature sono state poco lontane (al disopra) dalla norma del periodo, con un'anomalia tendenzialmente negativa per le minime e positiva per le massime; mentre le piogge hanno avuto la distribuzione irregolare tipica delle precipitazioni temporalesche estive, con zone in surplus pluviometrico (fascia alpina verso la Val d'Aosta, pianure centrali e settore sudorientale) alternate ad aree in deficit (pianure settentrionali e settore sudoccidentale).

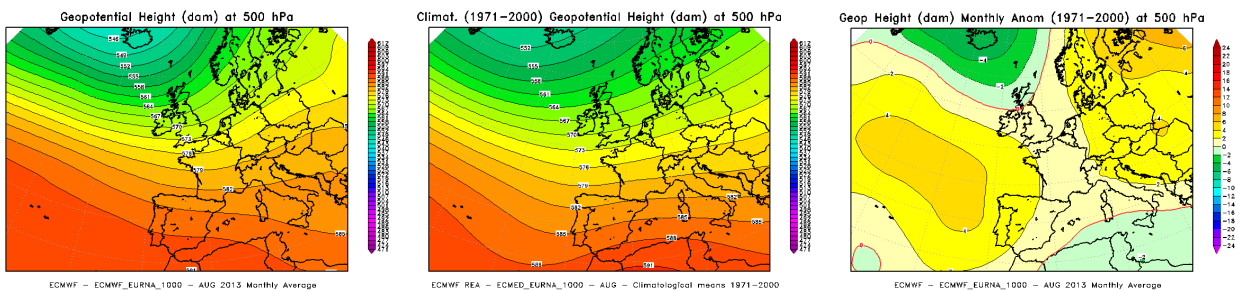


FIGURA 58: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Agosto 2013 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Il confronto della sinottica di FIGURA 58 evidenzia un'alta pressione più forte della media sull'Europa orientale (dove l'anticiclone nord-africano si è alzato fino alle repubbliche baltiche, con evidente anomalia positiva nella mappa destra) e anche sull'Atlantico (dove l'anticiclone delle Azzorre si è rafforzato su buona parte dell'oceano centro-settentrionale). Al contrario una profonda depressione d'Islanda si è ulteriormente approfondita (con anomalia negativa nella mappa destra) e in alcune occasioni si è infilata verso sudest, arrivando a interessare il Mediterraneo centro-orientale (come si intuisce da quel canale debolmente meno "altopressorio", che fa da ponte tra le due aree in anomalia negativa a nordovest -Islanda- e a sudest sul Mediterraneo).

Il forte anticiclone, spesso esteso anche all'Italia settentrionale, è stato responsabile delle giornate stabili e calde per buona parte del mese. In particolare nei primi giorni una forte onda di calore africano (l'unica del mese e la terza dell'estate 2013), in salita dal Maghreb attraverso la Spagna, ha fatto registrare anche picchi da record storici di temperature elevate. Per il resto del mese l'alta pressione aveva invece una matrice più atlantica, associata all'espansione dell'anticiclone delle Azzorre, e quindi meno torrida e afosa.

Al contrario, le intrusioni da nordovest della saccatura nord-atlantica all'interno del Mediterraneo hanno portato instabilità sul Piemonte spesso in maniera piuttosto veloce, perché (come nelle due occasioni più significative dell'8 Agosto e intorno al 24-26 Agosto), spingendosi più a sud, hanno creato una depressione chiusa tra il Tirreno e lo Ionio che ha coinvolto ben più efficacemente l'Italia meridionale, rispetto al Piemonte. Sulla regione piemontese questi impulsi perturbati in transito da nordovest hanno più efficacemente interessato prima le zone montane nordoccidentali e poi (passando sulle pianure centrali) il settore sudorientale della regione, lasciando invece più



asciutte le pianure settentrionali/nord-orientali e il settore sudoccidentale, in situazione di protezione sottovento al flusso da nord-nordovest.

Agosto ha chiuso una stagione estiva 2013 che complessivamente è risultata l'ottava più calda degli ultimi 56 anni (1958-2013), con uno scarto di +1°C (maggiore a Luglio, minore a Giugno e Agosto), ma senza picchi termometrici eccessivi: la spiegazione sta nel fatto che la temperatura si è mantenuta quasi sempre sopra la media, pressoché senza interruzioni lungo il trimestre (rilevanti solo le due pause di Giugno) e con poche (anche se spesso violente) occasioni instabili di precipitazioni.

### Settembre

Settembre è stato un mese perlopiù caldo e asciutto, rispetto alla sua climatologia autunnale, con un'anomalia termica media positiva (+1,5 °C sulla media 1971-2000), soprattutto per i valori massimi, e un deficit pluviometrico di oltre il 30% (sulla media 1971-2000).

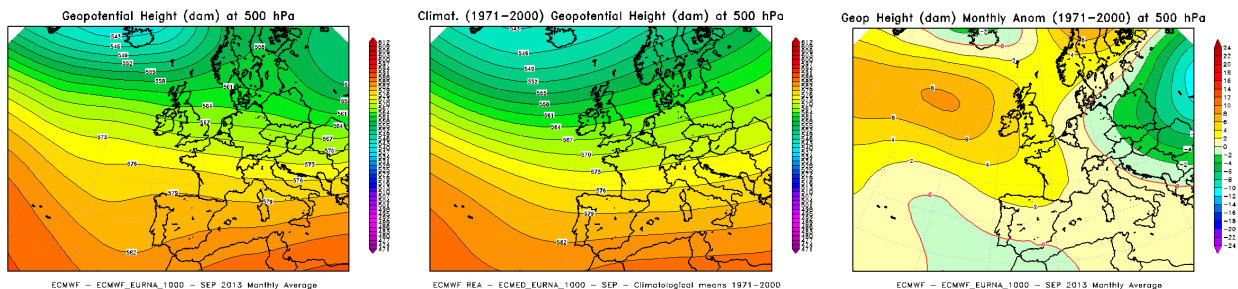


FIGURA 59: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Settembre 2013 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Come facilmente si vede dal confronto delle mappe di FIGURA 59, il flusso sinottico medio di Settembre (mappa sinistra) sul Piemonte è rimasto orientato dai quadranti occidentali/nord-occidentali, cioè lievemente più settentrionali della mappa climatologica (al centro) con flusso tra ovest e sudovest, e così è stato portatore di aria più stabile e asciutta per la regione.

L'anomalia di geopotenziale in quota, positiva sull'Atlantico centro-settentrionale (nella mappa destra), è il segno di una pressione in quota che è stata superiore alla media sull'Europa nord-occidentale, con un effetto stabilizzante esteso anche al Piemonte.

Infatti a lungo un'alta pressione (dall'Africa nella prima decade e dalle Azzorre nell'ultima decade) si è alzata fino alle latitudini settentrionali di Isole Britanniche e Scandinavia, con una situazione di "blocco a omega", perché affiancato da due aree depressionarie (in anomalia negativa) ai suoi fianchi, destro (Europa orientale) e sinistro (basso medio-Atlantico e sud della Penisola Iberica). L'impronta africana dell'anticiclone della prima decade ha determinato le temperature più elevate del mese, dal sapore ancora prettamente estivo, ma anche la matrice atlantica dell'anticiclone delle Azzorre dell'ultima decade ha ancora prodotto temperature ben al di sopra della media di Settembre.

Tra questi due periodi più caldi e stabili, si è inserita una seconda decade del mese più fresca, a seguito di un maggiore ingresso (sempre sotto un flusso settentrionale prevalente) di aria più fredda da nord.

L'orientazione settentrionale del flusso, predominante nel corso del mese, si può evincere anche dalla mappa (sinistra) della pressione al suolo di FIGURA 60, dove una depressione sul lato orientale dell'Europa (centrata sulla Russia) dirige (con rotazione ciclonica antioraria) un flusso dai quadranti settentrionali sul Piemonte e sul nord Italia. Sotto un flusso settentrionale prevalente, sono stati abbastanza frequenti anche gli episodi di foehn: 8 eventi in tutto il mese.

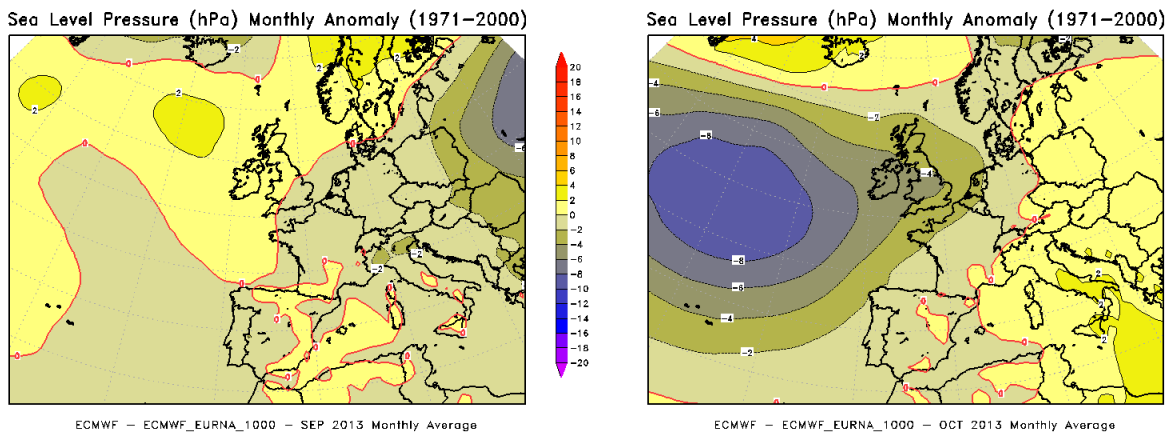


FIGURA 60: anomalia della pressione a livello del mare, rispetto al periodo climatico 1971-2000, di Settembre (a sinistra) e Ottobre 2013 (a destra).

I pochi momenti d'instabilità sono stati provocati dal transito di depressioni atlantiche da ovest e da nord, quando la bassa pressione sul versante europeo oltralpe (occidentale o settentrionale) è riuscita tempraneamente a svalicare l'arco alpino italiano (intorno alla decade centrale e alla fine del mese). Senza mai avere una ciclogenesi significativa nel bacino occidentale del Mediterraneo (rimasto infatti in anomalia prevalentemente positiva al suolo nella mappa sinistra di FIGURA 60), le precipitazioni hanno superato la norma del periodo solo sulle zone pedemontane nordoccidentali, grazie ad un locale effetto orografico sotto il transito delle depressioni nord-atlantiche, mentre, per tutto il resto della regione, sono rimaste generalmente inferiori alla media.

Con la diminuzione delle ore di luce (in particolare dopo il solstizio) ed il normale calo dei valori di temperatura, hanno iniziato a ripresentarsi i fenomeni nebbiosi a partire dall'ultima decade di Settembre, peraltro allineati alla normale climatologia del mese.

### Ottobre

Anche Ottobre è stato nel complesso un mese mediamente caldo (+1,4 °C) e secco (-20%) per la sua climatologia autunnale (media 1971-2000), anche se con una configurazione sinottica (e quindi una distribuzione regionale delle piogge, nonché delle temperature) differente rispetto a Settembre.

Come si osserva dalla mappa sinistra di FIGURA 61, il flusso medio in quota ha avuto un'orientazione sudoccidentale sul Piemonte (e buona parte dell'Italia), non tanto diverso dalla climatologia (mappa centrale) e quindi sicuramente più meridionale rispetto al mese precedente (mappa sinistra di FIGURA 59).

Il flusso dominante è stato orientato da sudovest dalla compresenza di una saccatura atlantica particolarmente pronunciata sull'oceano (con anomalia barica negativa sul medio-alto Atlantico nella mappa destra di FIGURA 61) e di un promontorio anticiclonico nord-africano proteso sull'Europa orientale fino alle alte repubbliche baltiche (con anomalia barica positiva nella mappa destra di FIGURA 61). Il Piemonte lungo l'arco del mese si è così trovato sulla linea di demarcazione tra le due opposte strutture: quando prevaleva l'alta pressione nord-africana, godeva di tempo stabile e mite, quando avanzava (o talvolta transitava velocemente) la saccatura atlantica subiva l'instabilità con precipitazioni anche forti (per il forte scontro con l'aria caldo-umida africana).

In tal modo il flusso medio sudoccidentale, portatore di aria mite da sud, ha potuto mantenere la media mensile delle temperature al di sopra della norma (mappa sinistra di FIGURA 62), mentre una pressione nel complesso prevalentemente superiore alla media, sia in quota (mappa destra di FIGURA 61) sia al suolo (mappa destra di FIGURA 60), ha attenuato l'instabilità e le precipitazioni, rispetto alla climatologia autunnale (che è elevata, perché l'Autunno, con la Primavera, è una delle due stagioni più piovose dell'anno per il clima piemontese).

Solo la prima parte del mese ha ancora avuto una configurazione sinottica simile a quella di Settembre (FIGURA 59, all'inizio del mese proprio con una classica forma di "blocco ad omega" centrata sulle longitudini medie dell'Europa), con un flusso settentrionale prevalente che tra la prima decade e la metà del mese ha anche provocato una brusca e marcata irruzione fredda da nord di aria di origine artica. Per il resto le temperature sono sempre state abbondantemente superiori alla norma (mappa sinistra di FIGURA 62).

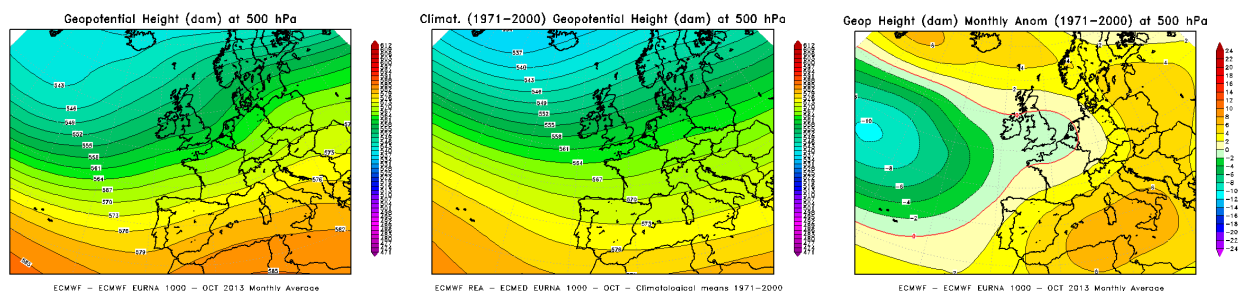


FIGURA 61: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Ottobre 2013 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

La differenza rispetto al mese di Settembre si poteva subito cogliere dalle mappe della pressione al livello del mare di FIGURA 60, dove (con un ribaltamento quasi speculare tra i due mesi, come già osservabile nelle mappe destre di FIGURA 59 e FIGURA 61) si nota come a Ottobre (mappa destra di FIGURA 60) la pressione al suolo sia stata decisamente più bassa sul lato occidentale dell'Europa, fino all'ovest-Mediterraneo. Una bassa pressione sul Mediterraneo più occidentale dirige (con la sua curvatura ciclonica antioraria) un flusso da est-nordest nei bassi strati dell'atmosfera sulla Pianura Padana, con conseguente accumulo di umidità sul Piemonte. Infatti la regione piemontese ha spesso avuto cieli grigi nel corso del mese, con nubi basse (e nebbie) anche in situazione di stabilità atmosferica (mappa destra di FIGURA 61), che infatti hanno determinato un'anomalia termica ampiamente positiva per le temperature minime e anzi localmente negativa in pianura per le massime. L'aria calda, che giungeva più facilmente in quota (mappa sinistra di FIGURA 62) col flusso da sudovest (mappa sinistra di FIGURA 61), favoriva l'inversione termica con conseguente formazione di nebbie, anche fitte, tipiche dell'Autunno piemontese (come da climatologia).

Le precipitazioni, prevalentemente inferiori alla norma, sono state invece sopra la media sulla fascia pedemontana sudoccidentale (sotto il flusso nordorientale nei bassi strati) e nordorientale e appenninica (sotto il flusso sudoccidentale in quota): rispettivamente dove l'orientazione del flusso interagiva meglio con l'orografia locale.

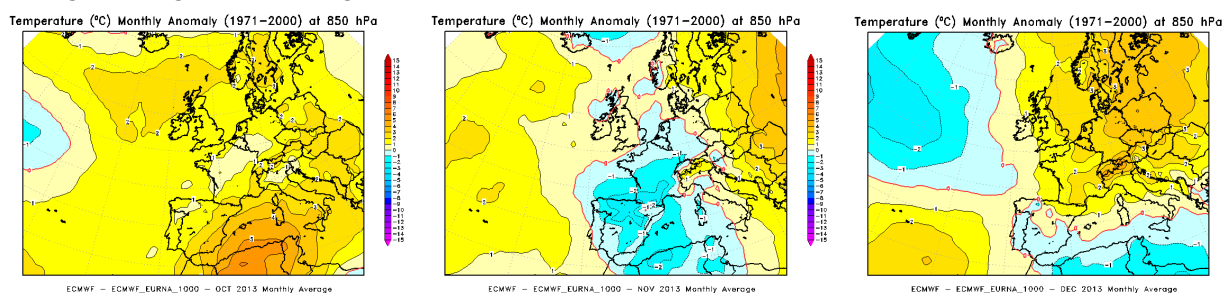


FIGURA 62: anomalia della temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota), rispetto al periodo climatico 1971-2000, di Ottobre (a sinistra), Novembre (al centro) e Dicembre 2013 (a destra).

## Novembre

Con una grande incostanza da un mese all'altro, Novembre ha avuto una sua configurazione sinottica media di nuovo differente, che alla fine ha generato un mese ancora mediamente caldo, ma molto perturbato (quindi piovoso/nevoso: +21% sulla media 1971-2000).

Una forte anomalia negativa (mappa destra di FIGURA 63), del geopotenziale in quota, sul Mediterraneo centrale e su tutta l'Italia è segnale di una bassa pressione che dalle alte latitudini settentrionali di Islanda e Scandinavia è scesa fino ai mari meridionali del sud Italia (come si vede dalla mappa sinistra di FIGURA 63): una propaggine della depressione polare all'interno del Mediterraneo.

Il confronto delle prime due mappe (sinistra e centrale) di FIGURA 63 mostra la differenza di Novembre 2013 rispetto alla climatologia: da una parte l'anticiclone delle Azzorre molto forte sull'oceano, dove infatti ha creato una marcata anomalia positiva fino all'alto Atlantico (mappa destra), dall'altra parte proprio la forte alta pressione atlantica, con la sua curvatura anticiclonica (oraria), direzionando il flusso dal nord-Atlantico (Islanda) all'interno del Mediterraneo, ha favorito

l'apporto di aria artica verso sud (mappa centrale di FIGURA 62: dal Mar di Norvegia alle coste nord-africane occidentali), alimentando una persistente bassa pressione sulle longitudini centrali dell'Europa meridionale (FIGURA 63).

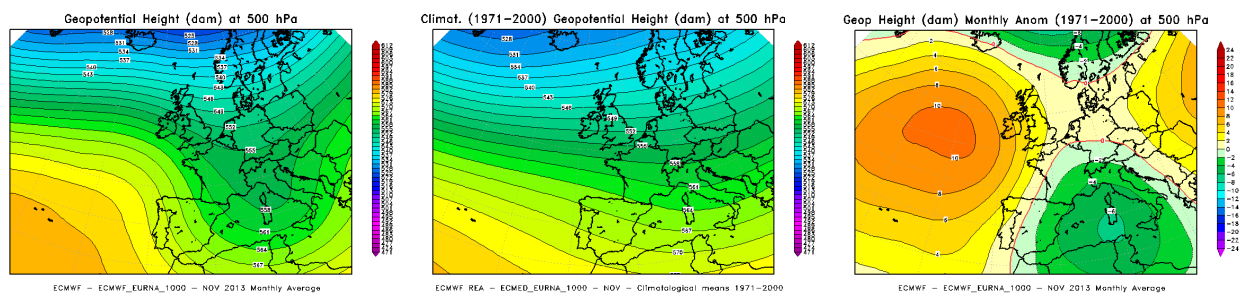


FIGURA 63: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Novembre 2013 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

I frequenti valori di bassa pressione, che hanno coinvolto anche il Piemonte, hanno naturalmente favorito una prevalente instabilità sulla regione (con un totale di precipitazioni cumulate alla fine del mese superiore alla media), la quale comunque ne ha risentito in misura pur marginale rispetto al resto dell'Italia e ha piuttosto subito un'ampia variabilità lungo il mese, con una prima decade ancora calda e meno piovosa (perché ancora maggiormente interessata dall'alta pressione occidentale), una parte centrale del mese ricca di precipitazioni ed una fase finale con caratteristiche già quasi invernali.

Infatti il flusso medio in quota sull'Italia nord-occidentale è stato da nord-nordovest (mappa sinistra di FIGURA 63), quindi meno portatore di umidità e precipitazioni per il Piemonte, rispetto al resto della Penisola che si trovava sotto un flusso più meridionale marittimo.

Con quel flusso settentrionale, insieme al gradiente barico creatosi a cavallo dell'arco alpino occidentale (intuibile dalla mappa sinistra di FIGURA 64, con "alta pressione" oltralpe e "bassa pressione" sul versante italiano), si sono verificati anche numerosi e significativi eventi di foehn sulla regione piemontese, che hanno contribuito al riscaldamento locale delle temperature, risultate superiori alla norma nella media mensile finale. La locale anomalia termica positiva è osservabile anche nella mappa centrale di FIGURA 62, con l'area più calda limitata al solo territorio subalpino italiano, quasi un' "isola felice" all'interno della più ampia zona fredda di tutta l'Europa centro-occidentale.

L'anomalia termica positiva della prima parte del mese (talmente forte da registrare numerosi record storici di temperatura massima) è così stata superiore a quella negativa (anch'essa segnata da alcuni record storici) della seconda metà del mese (più influenzata dall'aria artica ora in arrivo da nord-nordest, invece di nordovest), da determinare un risultato medio mensile finale positivo (+1 °C sulla media 1971-2000), più spiccato sulla fascia pedemontana alpina (sotto l'effetto diretto del foehn alpino) rispetto alle più fresche pianure. L'escursione termica del mese è stata notevole: in pianura la differenza media di temperatura tra le massime più alte e le minime più basse è stata di 24.5 °C.

Il freddo più marcato si è avvertito nell'ultima decade, quando la provenienza lievemente più nord-orientale, dell'aria artica in continua discesa da nord sul Mediterraneo, ha fatto segnare temperature minime già negative in pianura, determinando poi le prime (deboli) nevicate dell'anno a bassa quota, con un assaggio d'inverno anticipato.

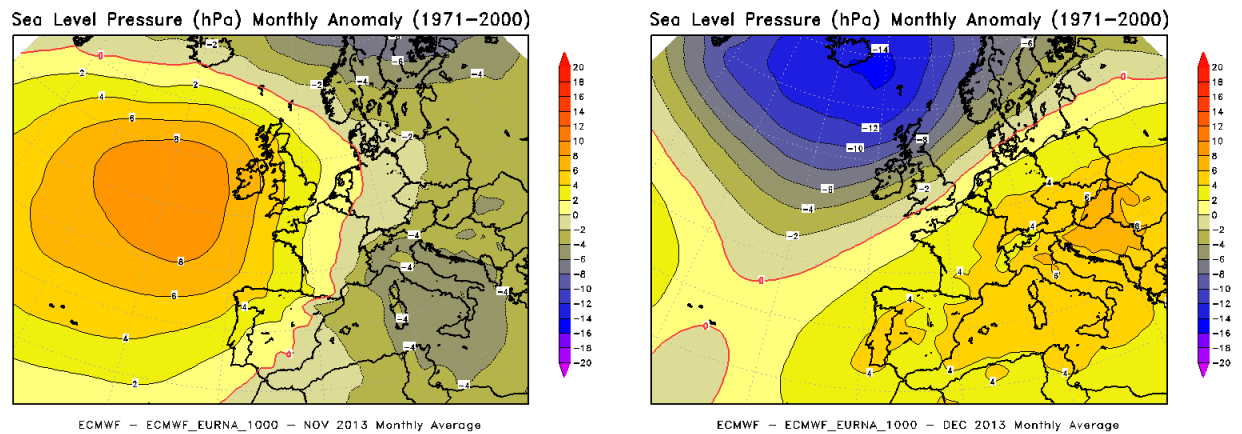


FIGURA 64: anomalia della pressione a livello del mare, rispetto al periodo climatico 1971-2000, di Novembre (a sinistra) e Dicembre 2013 (a destra).

Le condizioni d'instabilità persistenti sono dimostrate anche dalla mappa sinistra di FIGURA 64, dove un'anomalia negativa anche della pressione al suolo, sul Mediterraneo centrale fino alle Baleari, deriva dalla successione di 5 ciclogenese occorse nel Mediterraneo nel corso del mese (come invece non era avvenuto quasi mai negli altri due mesi autunnali di Settembre e Ottobre: FIGURA 60). La circolazione ciclonica delle depressioni isolate sul Mediterraneo occidentale, col suo flusso da est nei bassi strati sulla Pianura Padana, può spiegare la difformità della distribuzione delle precipitazioni, che sono risultate ampiamente più abbondanti sul settore centro-occidentale del Piemonte e inferiori sul bordo orientale.

Con una pressione quasi sempre così bassa (sostanzialmente a tutti i livelli dell'atmosfera) e anche coi frequenti eventi di foehn (8 episodi), sono stati relativamente brevi i periodi di stabilità atmosferica, tali da generare fenomeni d'inversione termica e nebbia, i quali sono quindi stati eccezionalmente rari a Novembre: il 40% in meno della norma, in netto contrasto col mese precedente.

Con Novembre si è chiuso un Autunno 2013 mediamente caldo e poco piovoso (sul bilancio trimestrale), seppur con alta variabilità da un mese all'altro e anche all'interno degli stessi mesi.

### Dicembre

L'ultimo mese dell'anno ha nuovamente ribaltato la configurazione sinottica, rispetto al mese precedente, come si poteva già notare dalle mappe di FIGURA 62 e FIGURA 64, dalle quali rispettivamente si comprende come il Piemonte (insieme a quasi tutta l'Europa) sia stato interessato da aria calda per la stagione (anomalia ampiamente positiva su buona parte del continente europeo nella mappa destra di FIGURA 62) e pressione superiore alla media (anomalia positiva nella mappa destra di FIGURA 64). Questi due fattori hanno ricreato le condizioni di stabilità atmosferica, con frequenti e marcate inversioni termiche tra pianura e montagna, responsabili, sulle zone pianeggianti padane, di una ben maggiore formazione di foschie e nebbie, che erano state invece quasi del tutto assenti il mese precedente.

La stabilità atmosferica, provocata da una pressione mediamente superiore alla media, si osserva anche nella mappa in quota di FIGURA 65, dove si evidenzia un promontorio anticiclonico in risalita dalle Azzorre e dal nordovest dell'Africa all'Europa centro-orientale (mappa sinistra), con conseguente marcata anomalia positiva del geopotenziale in quota (mappa destra): ciò ha orientato il flusso sinottico medio da quadranti lievemente più meridionali, rispetto alla climatologia, anche sul Piemonte (ovest-sudovest nella mappa sinistra rispetto all'ovest-nordovest nella mappa centrale), confermando quindi l'arrivo dell'aria mite dalle latitudini meridionali (mappa destra di FIGURA 62). L'anomalia termica media di Dicembre è stata di +2 °C, risultando il terzo mese più caldo degli ultimi 56 anni: è stata maggiore in quota e per le massime (quasi +3 °C, la più alta della serie storica 1958-2013), minore per le minime in pianura (in situazione di inversione termica, nebbia e cielo notturno sereno).

Infatti le persistenti condizioni di stabilità atmosferica, avute nelle prime due decadi, hanno favorito la formazione dei fenomeni nebbiosi in pianura, risultati ben superiori alla media, da segnare valori massimi per il mese di Dicembre per i visibilimetri della rete di monitoraggio di Arpa Piemonte (superando i precedenti record che risalivano al 2004-2005).

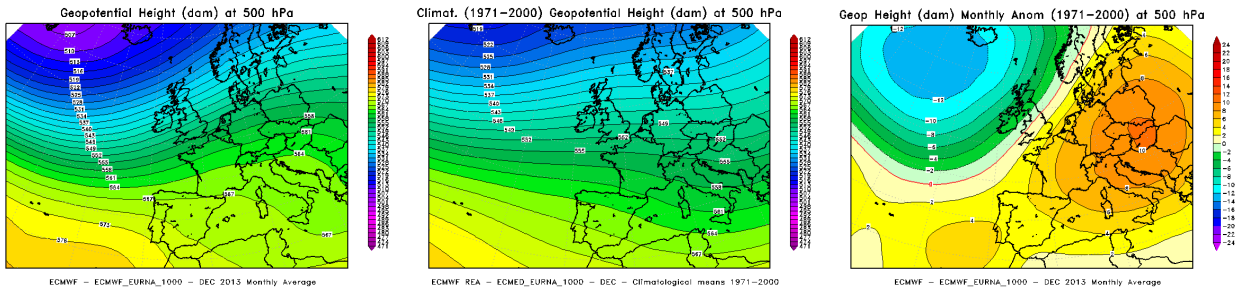


FIGURA 65: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Dicembre 2013 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Tuttavia, se la maggior parte del mese è stata interessata da queste condizioni di stabilità atmosferica, con la totale assenza di precipitazioni per le prime due decadi di Dicembre (con anticiclone in arrivo dalle Azzorre nella prima decade e dal nord-Africa nella seconda), nell'ultima decade si è avuto un veloce e breve, ma drastico, cambio di rotta, a causa dell'ingresso nel bacino occidentale del Mediterraneo della profonda saccatura nord-atlantica. Quest'ultima, per buona parte del mese, è rimasta sostanzialmente sull'oceano, lasciando spazio alla rimonta anticiclonica alla sua destra, sul continente europeo, o piuttosto si è infiltrata (a latitudini ben meridionali) all'interno del continente africano settentrionale (mappa destra di FIGURA 62), non potendo penetrare l'alta pressione dominante al disopra, tra Europa e Mediterraneo. Ma in due occasioni eclatanti è riuscita con forza ad avanzare verso est, attraverso il Mediterraneo, alla fine della seconda decade e, più profondamente, in occasione delle feste natalizie. Il primo evento è stato l'unico con caratteristiche invernali, perché un contemporaneo flusso freddo da est nei bassi strati (per la formazione di un minimo al suolo sull'alto Mediterraneo occidentale) ha favorito un calo della quota neve fino a quote pianeggianti. Il secondo evento ha invece sentito marcatamente il flusso meridionale mite in quota, con un'altezza delle neviccate piuttosto elevata (1000 m) e con precipitazioni abbondanti, sfociate nell' "alluvione di Natale", dal carattere quasi più autunnale che invernale. Il giorno di Natale è stato il secondo giorno più piovoso dell'anno 2013 (dopo il 16 Maggio) e ha determinato un surplus mensile del 122% (sulla serie storica 1957-2013) cumulato alla fine di Dicembre, ottavo mese più piovoso della serie storica di Arpa Piemonte.

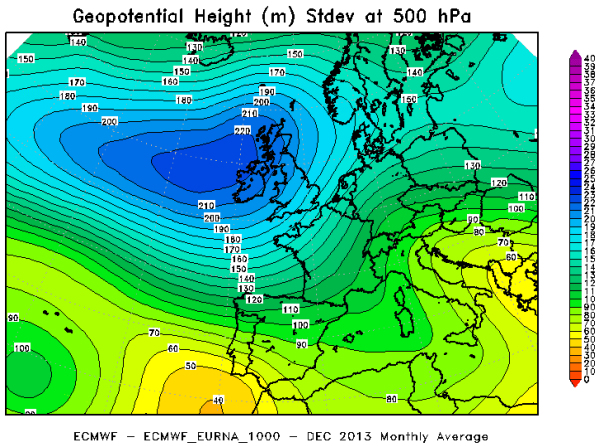


FIGURA 66: variazione media mensile del geopotenziale a 500 hPa (rappresentata dalla sua deviazione standard) nel mese di Dicembre 2013.

Questa breve ma intensa fase d'instabilità si distingue solo parzialmente dalle mappe di FIGURA 65, dove si può scorgere un canale debolmente meno "alto-pessorio" tra la punta nordovest della Spagna e il Mare di Albocea con l'estremo Mediterraneo occidentale, ma si evince sicuramente meglio dalla mappa della deviazione standard in FIGURA 66, dove i colori più "freddi" (dal verde scuro al blu) disegnano come il geopotenziale medio (di FIGURA 65) sia stato fortemente perturbato (a partire dalle Isole Britanniche) dal Golfo di Biscaglia verso il Mediterraneo occidentale, indicando la strada percorsa dalla profonda saccatura atlantica, che in quella posizione è la più efficace a coinvolgere appieno il nordovest italiano.

Così alla fine Dicembre, iniziato caldo e secco, è risultato caldo ma piovoso, il terzo mese più piovoso dell'anno (dopo Maggio e Aprile): sicuramente una classificazione anomala, visto che

L'inverno non è tra le stagioni più piovose per il Piemonte, anzi dal punto di vista del clima piemontese, Dicembre è solitamente il mese più secco dell'anno.

Con Dicembre si è così chiuso un anno 2013 con un surplus pluviometrico del 13% e mediamente caldo (anomalia termica di +0,6 °C sulla media 1971-2000).

### I DATI METEO MISURATI NEL 2013

Al termine della caratterizzazione meteorologica, si è ritenuto interessante effettuare l'analisi dei dati meteorologici misurati dalle stazioni a terra nell'anno 2013, limitata all'andamento delle variabili meteorologiche maggiormente significative in rapporto al decennio precedente 2003-2012.

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 2013 per la stazione To-Giardini Reali risulta pari a 12.9 °C, quindi inferiore sia alla media dei dati rilevati negli ultimi dieci anni nella stessa stazione (13.7 °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 2003-2012 (FIGURA 67). Le differenze negative maggiormente significative rispetto all'anno medio si riscontrano nei mesi di Maggio, Giugno e Agosto (e Marzo) con variazioni termiche dai -2 °C ai -2.5 °C rispetto alle relative medie del decennio precedente. Si segnalano valori significativi di temperatura superiori alla media climatologica nei mesi di Ottobre (+1.1 °C) e Gennaio (+0,6 °C).

Il valore più basso delle temperature medie mensili è pari a 2.8 °C ed è stato registrato nel mese di Febbraio nel 2013 mentre nel decennio di riferimento nel mese di Gennaio. Il valore massimo è stato registrato nel mese di Luglio nel 2013 (24.8 °C) e nel mese di Agosto nel decennio climatologico 2003-2012 (25.4 °C).

D'altro canto dal confronto grafico fra l'andamento dei dati orari acquisiti nel corso del 2013 e l'intervallo di valori medi studiato a partire dai minimi e dai massimi assoluti registrati mensilmente nel decennio precedente (FIGURA 68), si osserva che nel complesso tutto il periodo si presenta più spostato verso l'andamento dei massimi assoluti (linea rossa) registrati mensilmente nel decennio 2003-2012, risultando quindi un periodo complessivamente caldo. A Febbraio, fine Maggio, a inizio e a fine Giugno e a fine Novembre, invece, 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 2013 (FIGURA 69) un totale di precipitazioni di 1096 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 83. Quindi il 2013 risulta più piovoso della media 2003-2012, sia in termini di precipitazioni totali (1096 mm contro 894 mm di media), che per il numero di giorni piovosi (83 giorni contro 71 giorni di media).

Il 2013 è stato più piovoso del 2012: 1096 mm di pioggia nel 2013 rispetto ai 915 mm di pioggia nel 2012. Il 2010 (1352 mm) ed il 2011 (1196 mm) ed il 2008 (1166 mm) rappresentano gli anni più piovosi del decennio. 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), nel 2013 (13.2 mm pioggia/giorno) e nel 2012 (12.9 mm pioggia/giorno); mentre i valori più bassi nel 2005 (9.1 mm pioggia/giorno) e nel 2008 (11.3 mm pioggia/giorno). Inoltre l'intensità giornaliera media nel 2013 è risultata esattamente in linea con quella del decennio (13.2 contro 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 Piemonte<sup>37</sup>, 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

<sup>37</sup> "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.

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) <sup>38</sup>.

Nel grafico illustrato in FIGURA 70 è riportato il confronto tra l'andamento delle precipitazioni totali mensili per il 2013 e le precipitazioni medie mensili (media delle sommatorie mensili) del decennio 2003-2012. Il profilo del 2013 si discosta dal regime pluviometrico "continentale alpino": il massimo principale è stato registrato ad Aprile (189 mm), mentre quello secondario a Maggio (169 mm), e il minimo principale si registra a Gennaio (21 mm).

Un'ulteriore elaborazione è stata effettuata aggregando gli stessi dati di precipitazione su base trimestrale. Nella FIGURA 71 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 in tutti e quattro i trimestri del 2013 le precipitazioni sono superiori alla media climatologica, soprattutto nel primo trimestre (+36.8%) e nel secondo trimestre (+34.1%).

Va comunque sottolineato che le osservazioni sopra riportate sulle caratteristiche di piovosità relative all'anno 2013 devono essere valutate alla luce delle seguenti considerazioni:

- l'arco temporale (decennio 2003-2012) utilizzato per il confronto risulta comunque ridotto;
- la rappresentatività spaziale è limitata all'area metropolitana.

---

<sup>38</sup> 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.



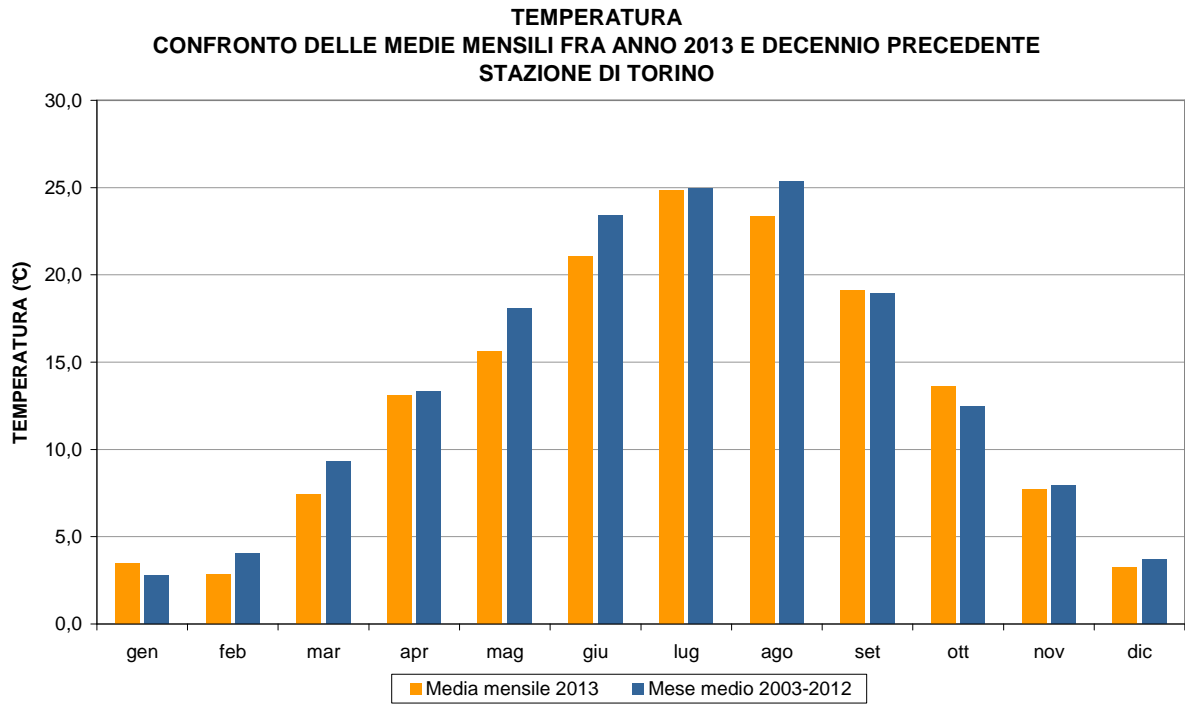


FIGURA 67: temperatura: valori medi mensili per l'anno 2013 e per il decennio 2003÷2012 per la stazione di Torino.

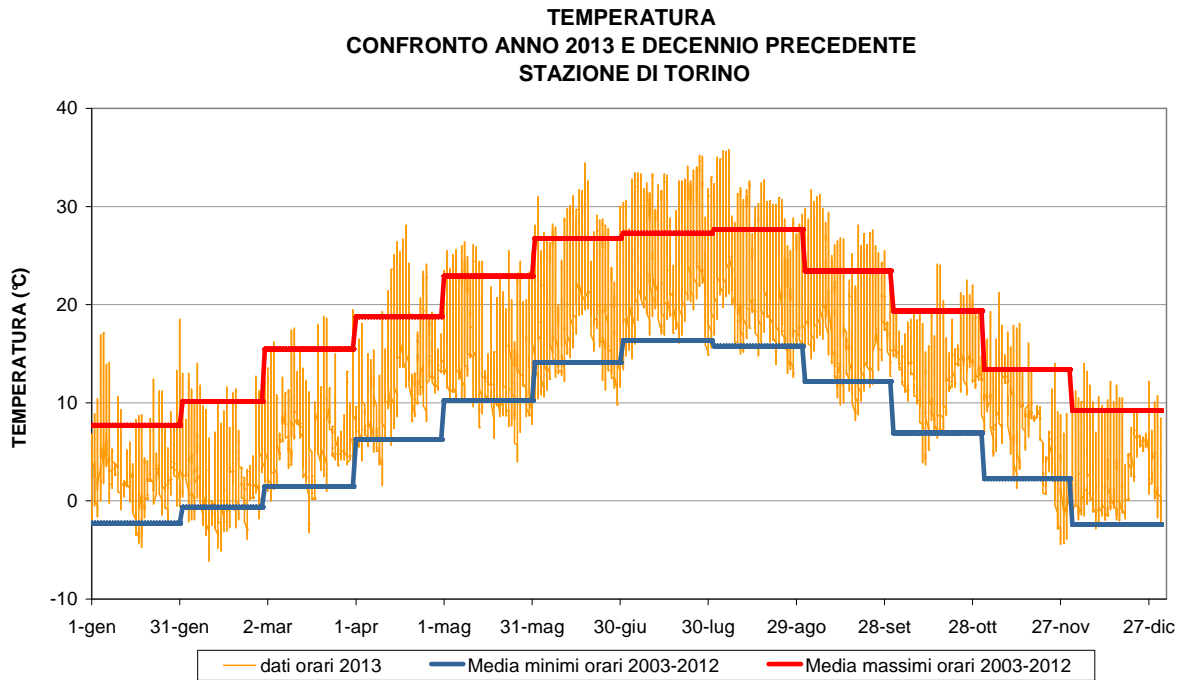


FIGURA 68: temperatura: valori orari per l'anno 2013 e medie dei minimi e dei massimi assoluti registrati nel decennio 2003÷2012 presso la stazione di Torino.

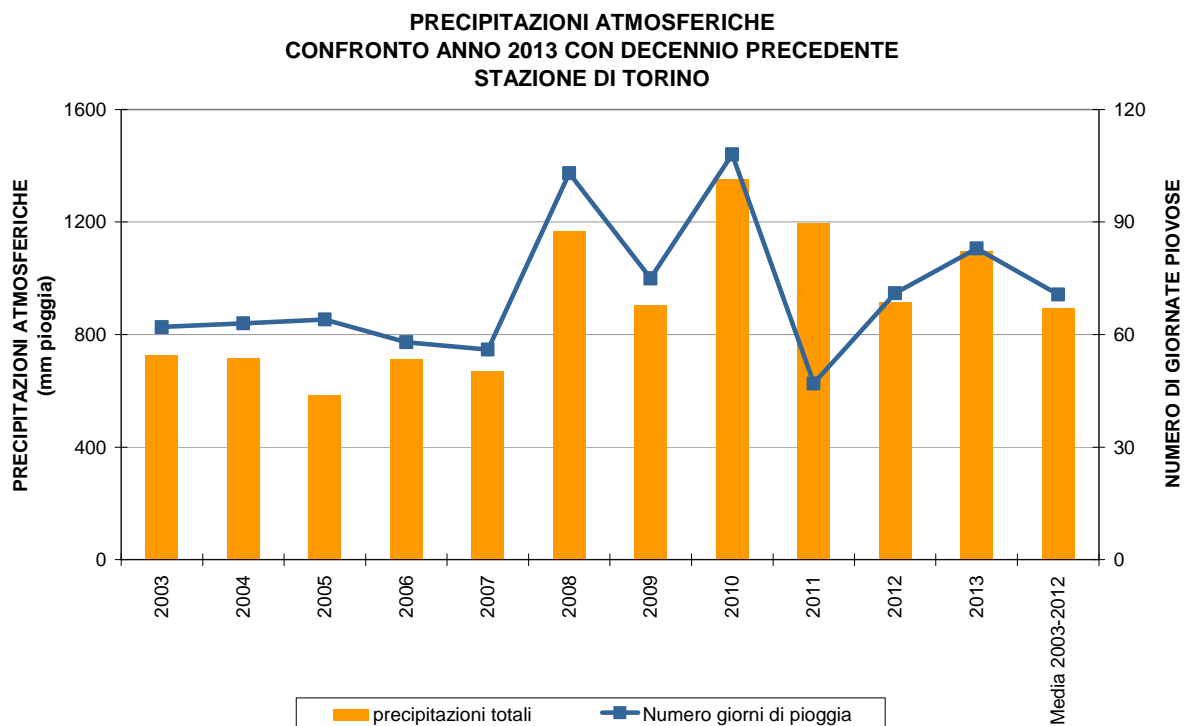


FIGURA 69: precipitazioni atmosferiche: sommatorie annuali e media del decennio in termini di quantità di precipitazioni e di numero di giornate piovose per la stazione di Torino.

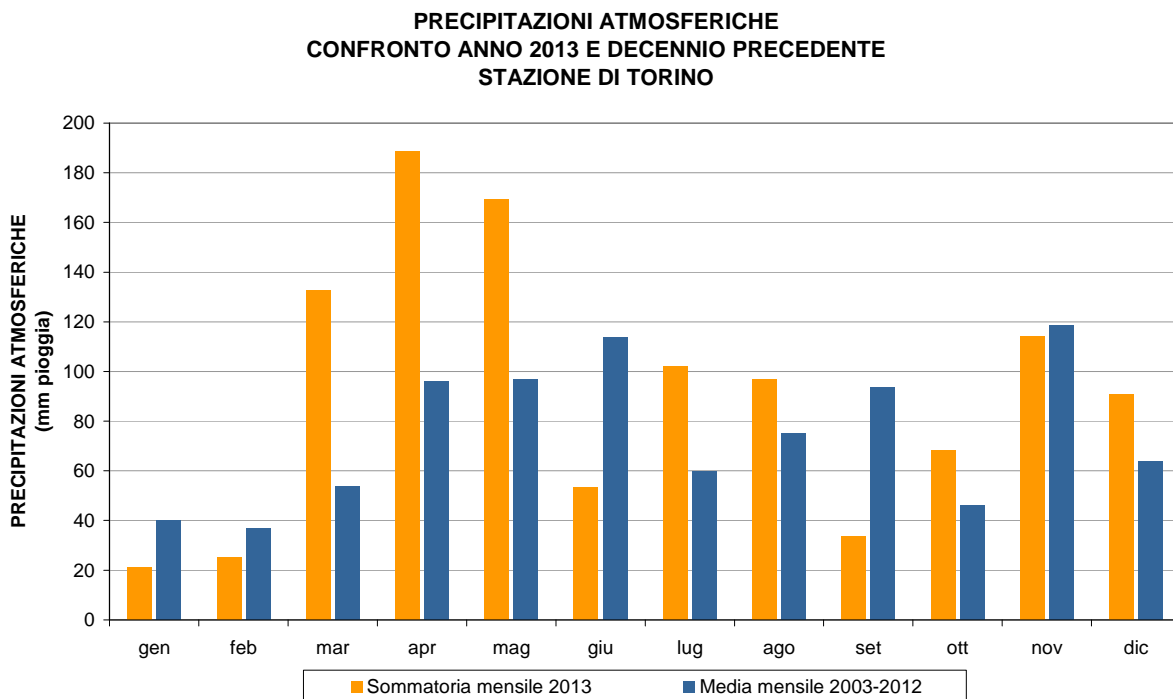


FIGURA 70: precipitazioni atmosferiche: sommatorie mensili per l'anno 2013 e medie mensili relative al decennio 2003÷2012 per la stazione di Torino.

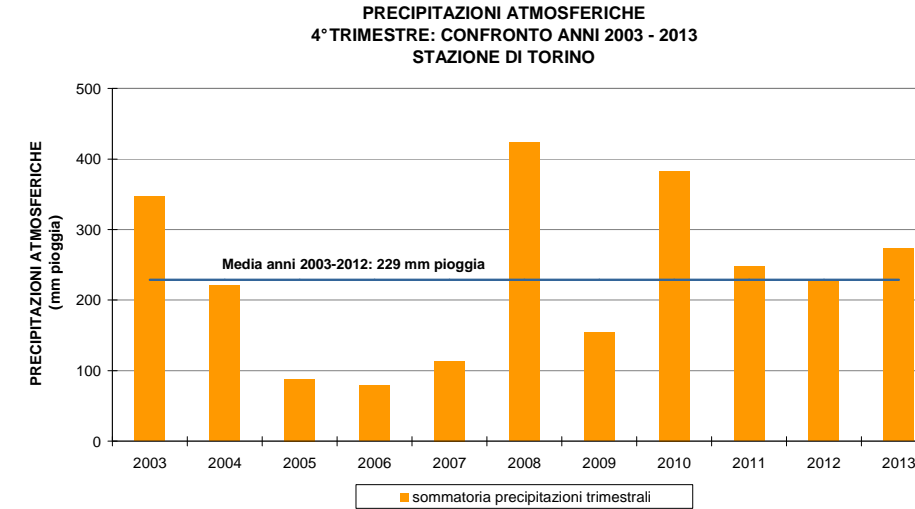
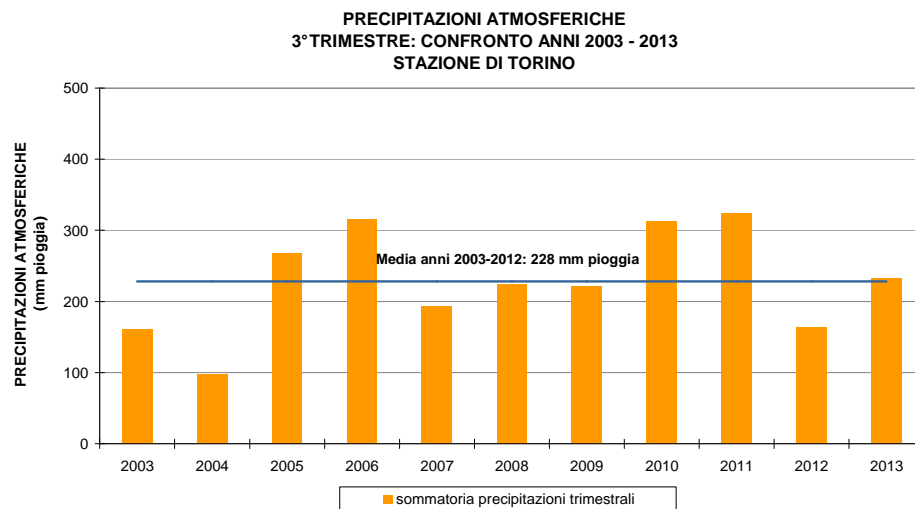
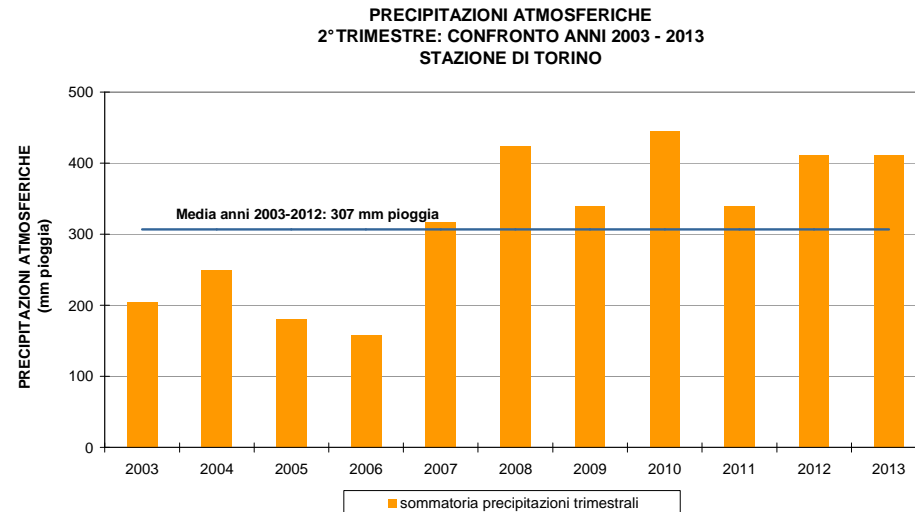
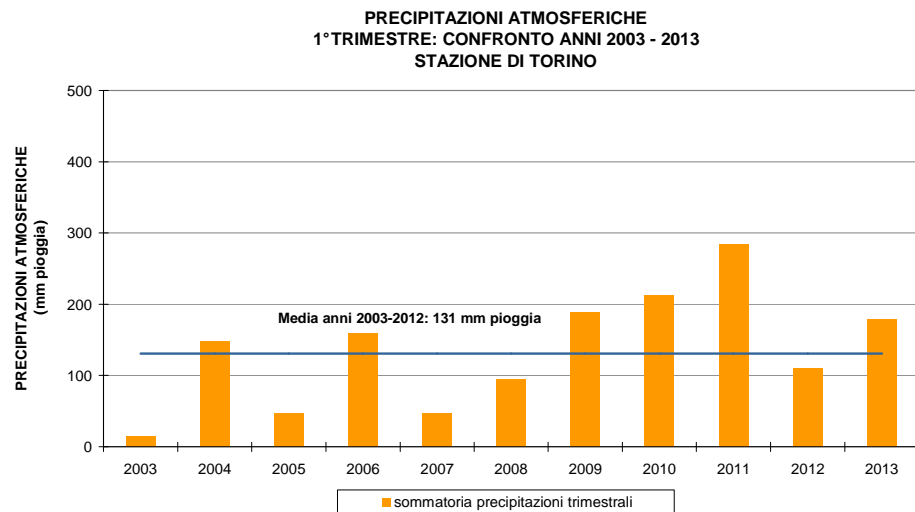


FIGURA 71: precipitazioni atmosferiche: sommatorie trimestrali relative al periodo 2003-2013 per la stazione di Torino.

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

L'anno 2013 è stato caratterizzato attraverso l'indice "numero di giorni favorevoli all'accumulo di PM10". Tale indice, la cui rappresentatività spaziale è limitata all'agglomerato torinese, analizza le interazioni tra il trasporto, la trasformazione chimica e la dispersione degli inquinanti e la meteorologia, con la finalità di identificare i giorni in cui l'assenza di precipitazioni e/o l'indebolirsi della turbolenza atmosferica e/o la bassa ventosità determinano condizioni di stagnazione favorevoli alla formazione di particolato.

L'indice è stato costruito in modo tale da individuare come giornate favorevoli all'accumulo del particolato, quelle giornate che presentavano valori dell'indice di ventilazione (variabile aggregata definita come il prodotto tra l'intensità del vento e l'altezza di rimescolamento) e della precipitazione giornaliera inferiori a determinate soglie. Le soglie sono state determinate applicando il metodo statistico degli alberi di classificazione, calibrato con i valori di PM10 misurati dalle stazioni presenti nell'agglomerato torinese.

Tale indicatore, sviluppato originariamente da ARPA Emilia Romagna, non esaurisce la complessità dei fenomeni chimico-fisici coinvolti, ma può fornire un utile strumento di indagine per interpretare qualitativamente la variabilità annuale delle concentrazioni degli inquinanti anche in funzione della meteorologia.

Il numero di giorni favorevoli all'accumulo di PM10 è stato calcolato per tutti gli anni compresi nel periodo 2006-2013, ad eccezione dell'anno 2009 per il quale non erano disponibili tutti i dati di ingresso per il calcolo dell'indice (in particolare l'altezza di rimescolamento).

Nel 2013 il numero di giorni favorevoli all'accumulo di PM10 è stato inferiore, seppur di poco, a quanto registrato nei due anni precedenti (FIGURA 72). Analizzando l'andamento mensile dell'indice si osserva una minore criticità rispetto al periodo 2006-2012 principalmente nei mesi di febbraio, marzo, ottobre e novembre (FIGURA 73).

Per quanto riguarda le precipitazioni atmosferiche il 2013 risulta più piovoso della media 2002-2012, sia in termini di precipitazioni totali (1094 mm contro 895 mm di media), sia per il numero di giorni piovosi (83 giorni contro 71 giorni di media).

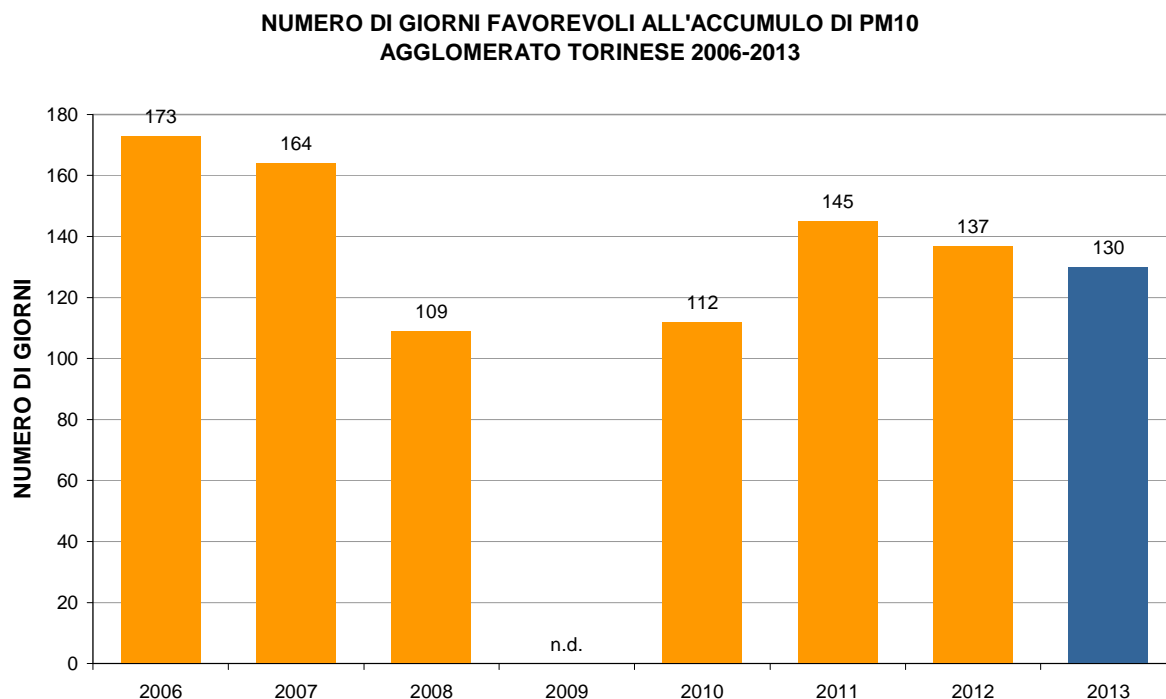


FIGURA 72: numero di giorni favorevole all'accumulo di PM10 – andamento storico.

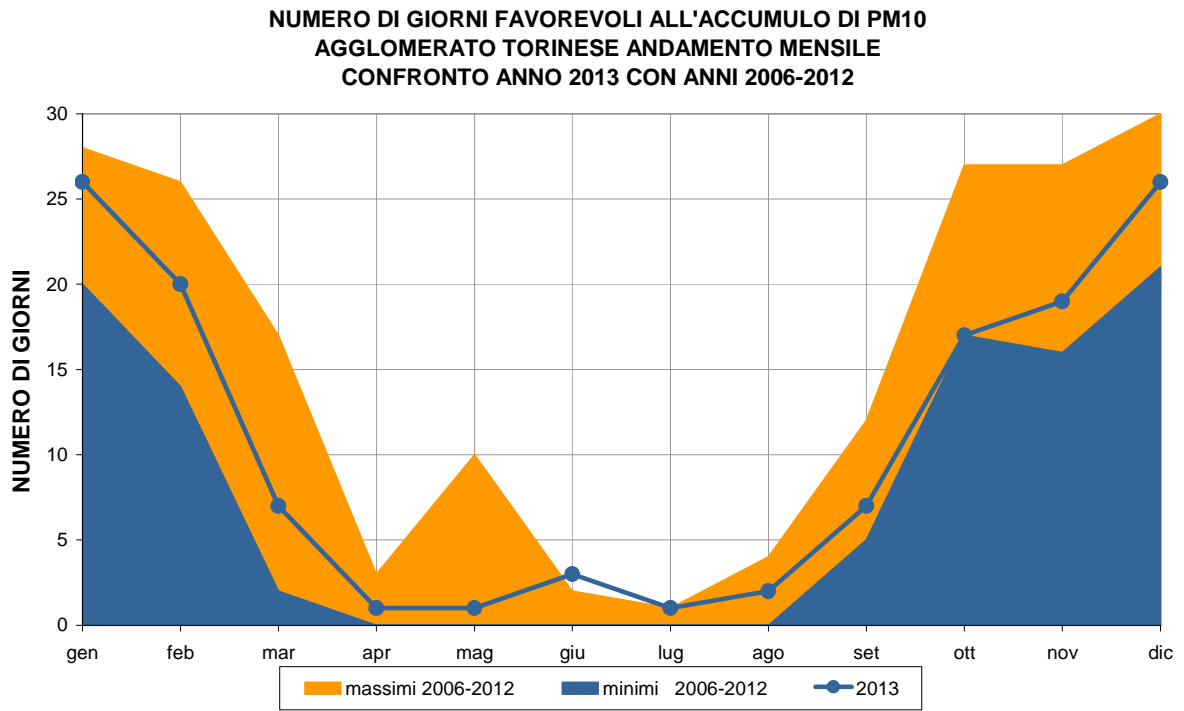


FIGURA 73: numero di giorni favorevole all'accumulo di PM10 – andamento mensile.

## EMISSIONI INQUINANTI DEI VEICOLI A MOTORE

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

A. Bertello, M. Dino provincia 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 2008 redatto dalla Regione Piemonte secondo la metodologia Corinair, stima che il traffico contribuisca nell'area metropolitana torinese alle emissioni di particolato primario (PM10) per il 75% e alle emissioni di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) per il 61%.

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 Euro5 e Euro6.

DIRETTIVA DI RIFERIMENTO	CO (g/km)		NO <sub>x</sub> (g/km)		HC+NO <sub>x</sub> (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
Euro1 (1993-1996) Dir. 91/441	2,72	2,72	-	-	0,97	0,97/1,36*	-	0,14/0,19*
Euro2 (1997-2000) Dir. 94/12	2,2	1	-	-	0,5	0,7/0,9*	-	0,08/0,1*
Euro3 (2001-2005) Dir. 98/69	2,3	0,64	0,15	0,5	-	0,56	0,2	0,05
Euro4 (2006-2010) Dir. 98/69	1	0,5	0,08	0,25	-	0,3	0,1	0,025
Euro5 (2011-09/2015) *** Reg. 715/07	1	0,5	0,06	0,18	-	0,23	0,1	0,005**
Euro6 (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

TABELLA33: 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, Euro3 e Euro4, 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 Euro5" non corrispondono a un dimezzamento delle emissioni previste dalla norma Euro4. In particolare l'emissione di PM dei veicoli Euro5 è stata ridotta di 5 volte rispetto a quanto previsto per gli Euro4 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 Euro5 risultano, invece, pari a circa il 70% di quanto prescritto dalla Euro4 poiché le case automobilistiche non sono riuscite a sviluppare una tecnologia abbastanza efficace per l'abbattimento di questi inquinanti. La norma Euro6 agisce più efficacemente su questo inquinante e fissa un limite pari a circa un terzo rispetto a quanto previsto per i veicoli Euro4.

Analizzando le emissioni dei veicoli Euro5 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 74 i limiti previsti per la somma di idrocarburi incombusti (HC) e ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), che rappresentano una delle principali criticità in ambito urbano.

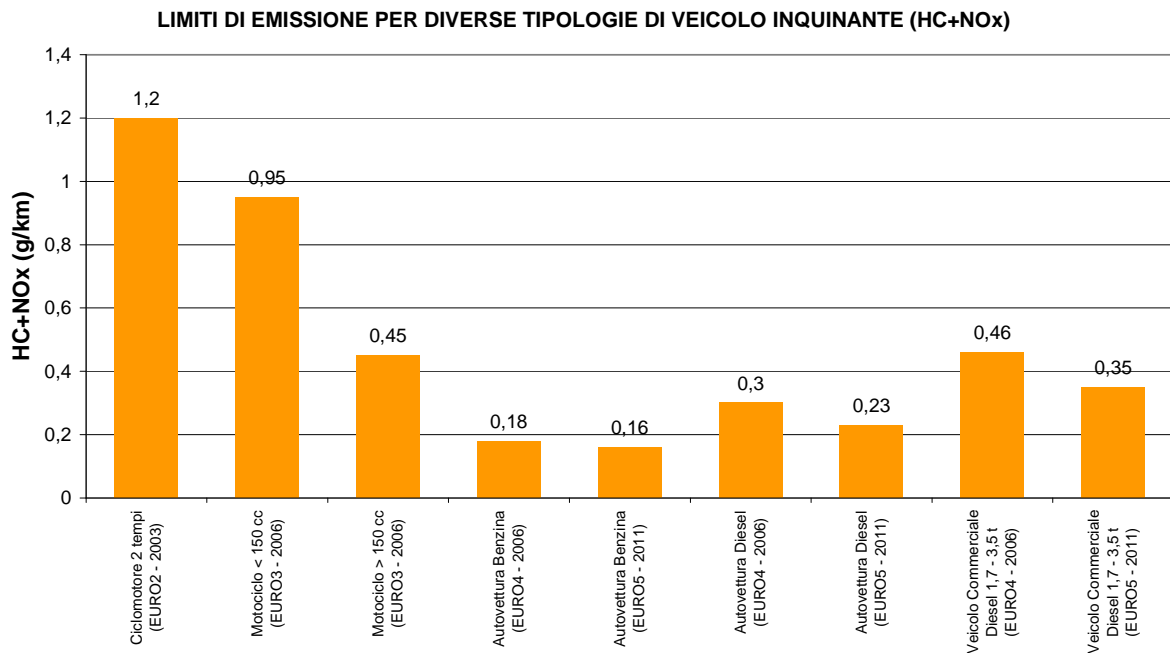


FIGURA 74: limiti di emissione definiti dalle normative più recenti per diverse tipologie di veicolo.

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 IN PROVINCIA DI TORINO

Si riportano di seguito per il periodo 2009-2013 i dati forniti dal servizio tributi della Regione Piemonte, relativi alla composizione del parco veicolare immatricolato in Provincia 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 in provincia di Torino è aumentato di 17040 unità rispetto al 2012 e il numero di autocarri è aumentato di 766 unità;
- la somma dei veicoli Euro4, Euro5 ed Euro6 rappresenta il 56% del totale degli autoveicoli (con un incremento del 3% rispetto allo scorso anno);
- è confermata la tendenza alla diminuzione della percentuale di veicoli non ecologici (di 5738 unità, dal 8,7% al 8,2%) ai sensi del piano regionale di risanamento della qualità dell'aria (pre-Euro benzina e diesel, Euro1 e Euro2 diesel - DGR 64-6526 del 2007). Il 50% di questi sono mezzi diesel, caratterizzati da forti emissioni di particolato (64117). Questo dato conferma l'attualità dei divieti alla circolazione contenuti nel suddetto provvedimento amministrativo e la necessità di estendere i divieti a tutto il territorio regionale;
- aumenta di poco rispetto al 2012 la percentuale degli autoveicoli a gasolio (di 13419 unità, dal 38,3% al 38,7%), mentre per quelli a GPL e metano sale dall' 10,5 % al 10,8% (7076 unità).

		2009			2010			2011			2012			2013							
Autoveicoli "pre-EURO"	numero	97.718	81.046	benzina	91.100	68.879	benzina	87.030	65.667	benzina	83.980	63.395	benzina	81.418	61.602	benzina					
			7.821	gasolio			13.843		gasolio			13.610	gasolio			13.358	gasolio		13.157	gasolio	
			8.851	GPL-CH4			8.378		GPL-CH4			7.753	GPL-CH4			7.227	GPL-CH4		6.659	GPL-CH4	
	%	6,5		5,4	benzina	6,3	4,8	benzina	6,0	4,5	benzina	5,8	4,4	benzina	5,5	4,2	benzina				
				0,5	gasolio			1,0		gasolio			0,9	gasolio			0,9	gasolio		0,9	gasolio
				0,6	GPL-CH4			0,6		GPL-CH4			0,5	GPL-CH4			0,5	GPL-CH4		0,5	GPL-CH4
Autoveicoli "EURO1"	numero	68.898	55.934	benzina	59.033	45.900	benzina	52.518	40.371	benzina	47.452	36.090	benzina	43.379	32.788	benzina					
			7.475	gasolio			7.796		gasolio			7.268	gasolio			6.857	gasolio		6.515	gasolio	
			5.489	GPL-CH4			5.337		GPL-CH4			4.879	GPL-CH4			4.505	GPL-CH4		4.076	GPL-CH4	
	%	4,6		3,7	benzina	4,1	3,2	benzina	3,6	2,8	benzina	3,3	2,5	benzina	2,9	2,2	benzina				
				0,5	gasolio			0,5		gasolio			0,5	gasolio			0,5	gasolio		0,4	gasolio
				0,4	GPL-CH4			0,4		GPL-CH4			0,3	GPL-CH4			0,3	GPL-CH4		0,3	GPL-CH4
Autoveicoli "EURO2"	numero	331.441	250.027	benzina	284.602	211.948	benzina	259.293	191.976	benzina	235.639	173.038	benzina	216.104	157.891	benzina					
			63.731	gasolio			53.079		gasolio			48.127	gasolio			43.902	gasolio		40.500	gasolio	
			17.683	GPL-CH4			19.575		GPL-CH4			19.190	GPL-CH4			18.699	GPL-CH4		17.713	GPL-CH4	
	%	22,0		16,6	benzina	19,8	14,8	benzina	17,9	13,3	benzina	16,2	11,9	benzina	14,7	10,7	benzina				
				4,2	gasolio			3,7		gasolio			3,3	gasolio			3,0	gasolio		2,7	gasolio
				1,2	GPL-CH4			1,4		GPL-CH4			1,3	GPL-CH4			1,3	GPL-CH4		1,2	GPL-CH4
Autoveicoli "EURO3"	numero	379.438	182.570	benzina	344.818	168.833	benzina	329.825	161.653	benzina	314.902	153.717	benzina	299.766	146.111	benzina					
			187.857	gasolio			165.472		gasolio			157.006	gasolio			148.969	gasolio		141.026	gasolio	
			9.011	GPL-CH4			10.513		GPL-CH4			11.166	GPL-CH4			12.216	GPL-CH4		12.629	GPL-CH4	
	%	25,2		12,1	benzina	24,0	11,8	benzina	22,8	11,2	benzina	21,6	10,6	benzina	20,4	9,9	benzina				
				12,5	gasolio			11,5		gasolio			10,9	gasolio			10,2	gasolio		9,6	gasolio
				0,6	GPL-CH4			0,7		GPL-CH4			0,8	GPL-CH4			0,8	GPL-CH4		0,9	GPL-CH4
Autoveicoli "EURO4"	numero	605.201	262.689	benzina	583.952	254.044	benzina	561.065	241.322	benzina	552.319	233.364	benzina	538.577	225.972	benzina					
			288.640	gasolio			250.869		gasolio			238.775	gasolio			235.367	gasolio		227.904	gasolio	
			53.872	GPL-CH4			79.039		GPL-CH4			80.968	GPL-CH4			83.588	GPL-CH4		84.701	GPL-CH4	
	%	40,2		17,4	benzina	40,7	17,7	benzina	38,8	16,7	benzina	37,9	16,0	benzina	36,6	15,3	benzina				
				19,2	gasolio			17,5		gasolio			16,5	gasolio			16,2	gasolio		15,5	gasolio
				3,6	GPL-CH4			5,5		GPL-CH4			5,6	GPL-CH4			5,7	GPL-CH4		5,8	GPL-CH4
Autoveicoli "EURO5"	numero	24.427	6.978	benzina	71.621	30.582	benzina	156.193	64.028	benzina	220.913	85.771	benzina	288.256	108.017	benzina					
			15.918	gasolio			36.726		gasolio			81.264	gasolio			108.431	gasolio		139.889	gasolio	
			1.531	GPL-CH4			4.313		GPL-CH4			10.901	GPL-CH4			26.711	GPL-CH4		40.350	GPL-CH4	
	%	1,6		0,5	benzina	5,0	2,1	benzina	10,8	4,4	benzina	15,2	5,9	benzina	19,6	7,3	benzina				
				1,1	gasolio			2,6		gasolio			5,6	gasolio			7,4	gasolio		9,5	gasolio
				0,1	GPL-CH4			0,3		GPL-CH4			0,8	GPL-CH4			1,8	GPL-CH4		2,7	GPL-CH4
Autoveicoli "EURO6"	numero				54	1	benzina	107	0	benzina	536	288	benzina	5.281	3.168	benzina					
							52		gasolio			106	gasolio			244	gasolio		1.556	gasolio	
							1		GPL-CH4			1	GPL-CH4			4	GPL-CH4		557	GPL-CH4	
	%					0,0	0,0	benzina	0,0	0,0	benzina	0,0	0,0	benzina	0,4	0,2	benzina				
								0,0		gasolio			0,0	gasolio			0,0	gasolio		0,1	gasolio
								0,0		GPL-CH4			0,0	GPL-CH4			0,0	GPL-CH4		0,0	GPL-CH4

TABELLA34: autoveicoli immatricolati in provincia di Torino dal 2008 al 2012, suddivisi per tipo di omologazione ambientale.



		2009			2010			2011			2012			2013		
Autocarri <3,5 t "pre-EURO"	numero	34.868	3.201	benzina	24.923	2.028	benzina	23.899	1.997	benzina	22.779	1.969	benzina	21.955	1.932	benzina
			31.322	gasolio		22.552	gasolio		21.574	gasolio		20.503	gasolio		19.725	gasolio
			345	GPL-CH4		343	GPL-CH4		328	GPL-CH4		307	GPL-CH4		298	GPL-CH4
	%	17,5	1,6	benzina	15,3	1,2	benzina	14,7	1,2	benzina	13,6	1,2	benzina	13,1	1,2	benzina
			15,7	gasolio		13,9	gasolio		13,3	gasolio		12,3	gasolio		11,8	gasolio
			0,2	GPL-CH4		0,2	GPL-CH4		0,2	GPL-CH4		0,2	GPL-CH4		0,2	GPL-CH4
Autocarri <3,5 t "EURO1"	numero	9.053	815	benzina	11.525	1.618	benzina	10.914	1.508	benzina	10.290	1.435	benzina	9.811	1.370	benzina
			8.158	gasolio		9.743	gasolio		9.246	gasolio		8.704	gasolio		8.292	gasolio
			80	GPL-CH4		164	GPL-CH4		160	GPL-CH4		151	GPL-CH4		149	GPL-CH4
	%	4,5	0,4	benzina	7,1	1,0	benzina	6,7	0,9	benzina	6,2	0,9	benzina	5,8	0,8	benzina
			4,1	gasolio		6,0	gasolio		5,7	gasolio		5,2	gasolio		4,9	gasolio
			0,0	GPL-CH4		0,1	GPL-CH4		0,1	GPL-CH4		0,1	GPL-CH4		0,1	GPL-CH4
Autocarri <3,5 t "EURO2"	numero	37.499	5.773	benzina	28.856	2.949	benzina	27.381	2.680	benzina	25.853	2.425	benzina	24.600	2.201	benzina
			31.245	gasolio		25.540	gasolio		24.341	gasolio		23.093	gasolio		22.084	gasolio
			481	GPL-CH4		367	GPL-CH4		360	GPL-CH4		335	GPL-CH4		315	GPL-CH4
	%	18,8	2,9	benzina	17,8	1,8	benzina	16,8	1,6	benzina	15,5	1,5	benzina	14,7	1,3	benzina
			15,7	gasolio		15,7	gasolio		15,0	gasolio		13,8	gasolio		13,2	gasolio
			0,2	GPL-CH4		0,2	GPL-CH4		0,2	GPL-CH4		0,2	GPL-CH4		0,2	GPL-CH4
Autocarri <3,5 t "EURO3"	numero	63.421	3.235	benzina	45.722	2.673	benzina	44.131	2.636	benzina	43.006	2.698	benzina	41.235	2.423	benzina
			59.688	gasolio		42.648	gasolio		41.068	gasolio		39.878	gasolio		38.391	gasolio
			498	GPL-CH4		401	GPL-CH4		427	GPL-CH4		430	GPL-CH4		421	GPL-CH4
	%	31,9	1,6	benzina	28,2	1,6	benzina	27,1	1,6	benzina	25,7	1,6	benzina	24,6	1,4	benzina
			30,0	gasolio		26,3	gasolio		25,3	gasolio		23,8	gasolio		22,9	gasolio
			0,3	GPL-CH4		0,2	GPL-CH4		0,3	GPL-CH4		0,3	GPL-CH4		0,3	GPL-CH4
Autocarri <3,5 t "EURO4"	numero	48.122	1.700	benzina	47.925	1.553	benzina	49.762	1.460	benzina	52.380	1.450	benzina	47.869	1.366	benzina
			44.415	gasolio		43.668	gasolio		45.584	gasolio		48.223	gasolio		43.985	gasolio
			2.007	GPL-CH4		2.704	GPL-CH4		2.718	GPL-CH4		2.707	GPL-CH4		2.518	GPL-CH4
	%	24,2	0,9	benzina	29,5	1,0	benzina	30,6	0,9	benzina	31,3	0,9	benzina	28,5	0,8	benzina
			22,3	gasolio		26,9	gasolio		28,0	gasolio		28,8	gasolio		26,2	gasolio
			1,0	GPL-CH4		1,7	GPL-CH4		1,7	GPL-CH4		1,6	GPL-CH4		1,5	GPL-CH4
Autocarri <3,5 t "EURO5"	numero	6.068	1	benzina	3.414	25	benzina	6.505	139	benzina	12.915	213	benzina	22.330	270	benzina
			5.907	gasolio		2.663	gasolio		5.385	gasolio		11.012	gasolio		19.051	gasolio
			160	GPL-CH4		726	GPL-CH4		981	GPL-CH4		1.690	GPL-CH4		3.009	GPL-CH4
	%	3,0	0,0	benzina	2,1	0,0	benzina	4,0	0,1	benzina	7,7	0,1	benzina	13,3	0,2	benzina
			3,0	gasolio		1,6	gasolio		3,3	gasolio		6,6	gasolio		11,4	gasolio
			0,1	GPL-CH4		0,4	GPL-CH4		0,6	GPL-CH4		1,0	GPL-CH4		1,8	GPL-CH4
Autocarri <3,5 t "EURO6"	numero										3	0	benzina	207	2	benzina
												3	gasolio		203	gasolio
												0	GPL-CH4		2	GPL-CH4
	%										0	0,0	benzina	0,1	0,0	benzina
												0,0	gasolio		0,1	gasolio
												0,0	GPL-CH4		0,0	GPL-CH4

TABELLA35: veicoli commerciali leggeri (&lt; 3,5 t) immatricolati in Provincia di Torino dal 2008 al 2012, suddivisi per tipo di omologazione ambientale.

**AUTOVEICOLI IMMATRICOLATI IN PROVINCIA DI TORINO (2009-2013)  
SUDDIVISIONE PER OMOLOGAZIONE AMBIENTALE  
BANCA DATI REGIONE PIEMONTE**

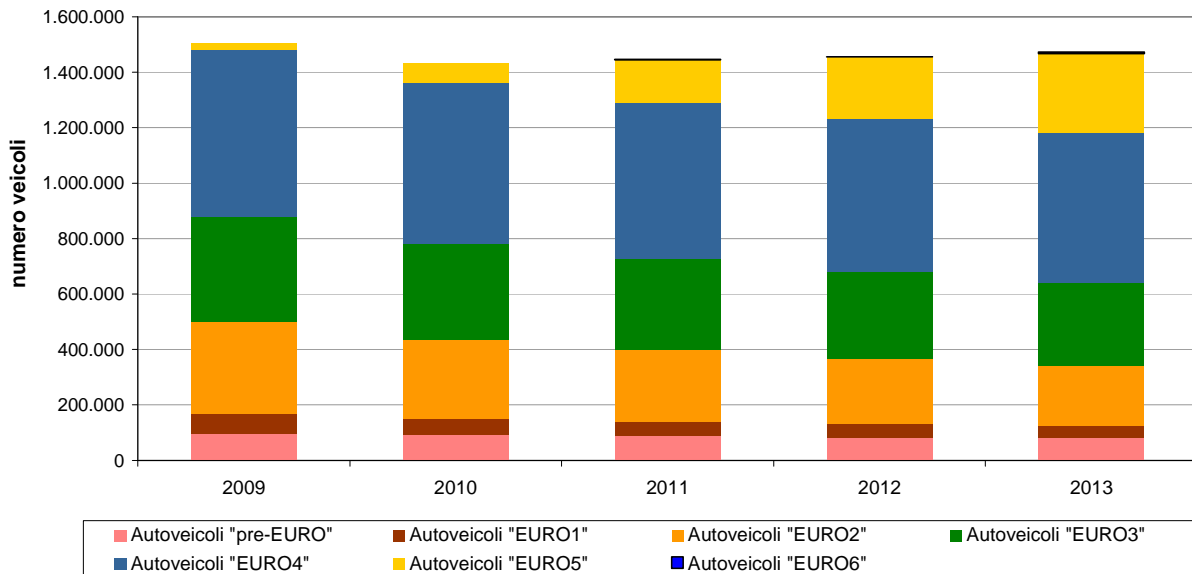


FIGURA 75: autoveicoli immatricolati in Provincia di Torino dal 2007 al 2012, suddivisi per tipo di omologazione ambientale (Banca Dati di Regione Piemonte).

**AUTOCARRI (<3,5t) IMMATRICOLATI IN PROVINCIA DI TORINO (2009-2013)  
SUDDIVISIONE PER OMOLOGAZIONE AMBIENTALE  
BANCA DATI REGIONE PIEMONTE**

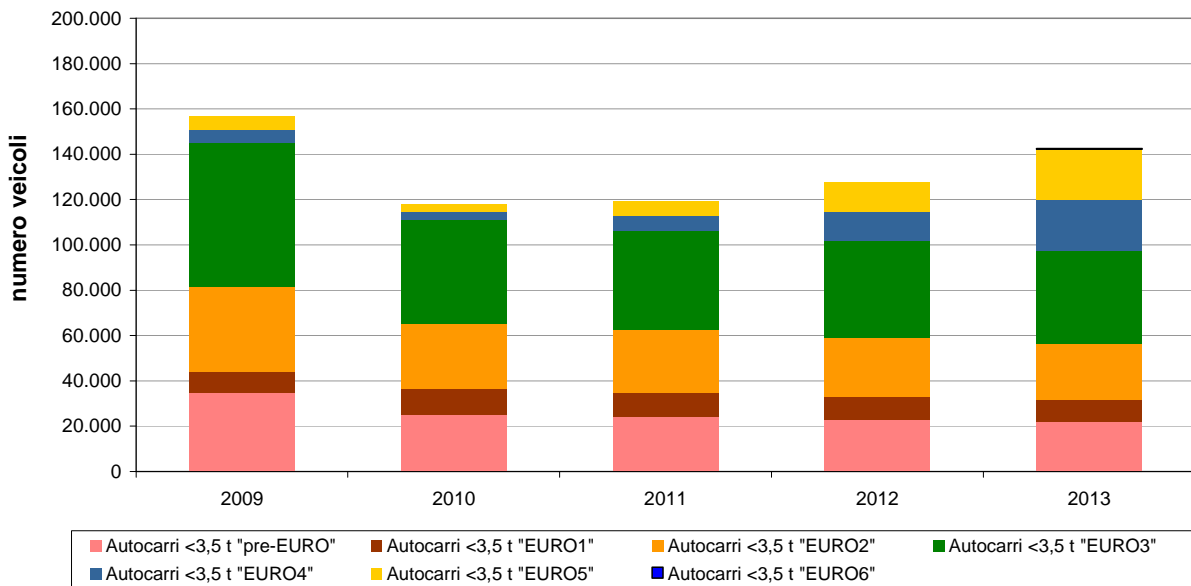


FIGURA 76: veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) immatricolati in Provincia di Torino dal 2008 al 2012, suddivisi per tipo di omologazione ambientale (Banca Dati di Regione Piemonte).

## VALUTAZIONI SULL'ACCURATEZZA DELLE INFORMAZIONI SULLO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA COMUNICATE PER MEZZO DELL'INDICE PREVISIONALE DI QUALITÀ DELL'ARIA

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

*Alessandro Bertello, Provincia di Torino, M. Giorelli, S. Bande, ARPA PIEMONTE - Sistemi previsionali.*

### COS'È L'IPQA

La Provincia di Torino, dal dicembre 2011, pubblica giornalmente sul proprio sito internet e sui principali quotidiani il valore dell'indice previsionale di qualità dell'aria (IPQA).

L'IPQA è un indice di tipo previsionale che esprime in modo sintetico lo stato della qualità dell'aria dell'agglomerato torinese attraverso un'indicazione numerica e cromatica. L'IPQA viene elaborato sulla base delle concentrazioni dei principali inquinanti presenti in atmosfera (PM10, biossido di azoto e ozono) calcolate su base oraria e con una risoluzione di 1km<sup>2</sup> da un sistema modellistico prognostico (sviluppato operativamente dal Dipartimento Sistemi Previsionali di ARPA Piemonte e dalla società ARIANET) che, a partire dalle previsioni meteorologiche e dalla stima delle emissioni degli inquinanti, simula il trasporto, la deposizione e le trasformazioni chimiche degli stessi.

L'IPQA fornisce una valutazione univoca e pertanto opportunamente mediata dello stato di qualità dell'aria presente nelle aree antropizzate dall'agglomerato torinese, così come individuato dalla zonizzazione regionale (Torino, San Mauro, Settimo T.se, Borgaro T.se, Venaria, Collegno, Grugliasco, Rivoli, Orbassano, Beinasco, Nichelino e Moncalieri).

L'IPQA è una previsione dei livelli di inquinamento rappresentata attraverso una semplice scala di valori compresa fra 1 e 5 il cui calcolo segue il seguente algoritmo:

$$IPQA = \max(I_{PM10}, I_{NO_2}, I_{O_3})$$

dove  $I_{PM10}$  è il sottoindice relativo al PM10,  $I_{NO_2}$  è il sottoindice relativo all' NO<sub>2</sub> e  $I_{O_3}$  è il sottoindice relativo all'O<sub>3</sub>.

I sottoindici relativi ai tre inquinanti vengono calcolati utilizzando le seguenti formule:

$$I_{PM10} = \frac{\overline{V_{imed24hPM10}}}{V_{rifPM10}} \times 100$$

$\overline{V_{imed24hPM10}}$

Media dei valori medi giornalieri calcolati dalle ore 01:00 alle ore 24:00 per ogni cella di calcolo

$V_{rifPM10}$

Valore di riferimento (50 µg/m<sup>3</sup>) valore limite giornaliero per la protezione della salute umana (D.Lgs 13 agosto 2010 n. 155)

$$I_{NO_2} = \frac{\overline{V_{imaxhNO_2}}}{V_{rifNO_2}} \times 100$$

$\overline{V_{imaxhNO_2}}$

Media dei valori massimi orari calcolati dalle ore 01:00 alle ore 24:00 per ogni cella di calcolo

$V_{rifNO_2}$

Valore di riferimento (200 µg/m<sup>3</sup>) valore limite orario per la protezione della salute umana (D.Lgs 13 agosto 2010 n. 155)

$$I_{O_3} = \frac{\overline{V_{imax8hO_3}}}{V_{rif8hO_3}} \times 100$$

$V_{i \max 8hO_3}$	Media dei valori massimi delle medie di 8 ore calcolate ogni ora sulle 8 ore precedenti dalle ore 01:00 alle ore 24:00 per ogni cella di calcolo
$V_{rif 8hO_3}$	Valore di riferimento ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) valore bersaglio per la protezione della salute umana (D.Lgs 13 agosto 2010 n. 155)

L'IPQA viene infine definito sulla base del valore numerico ottenuto applicando l'algoritmo appena descritto e secondo la ripartizione in classi riportata in TABELLA 36:


	VALORE NUMERICO	INDICE NUMERICO	QUALITÀ DELL'ARIA
	0-50	1	Ottima
	51-70	2	Buona
	71-100	3	Accettabile
	101-200	4	Cattiva
	>200	5	Pessima

TABELLA 36: tabella di corrispondenza tra valore di IPQA, indice numerico e qualità dell'aria.

La documentazione completa è reperibile all'indirizzo:

[http://www.provincia.torino.gov.it/ambiente/inquinamento/eventi/convegno\\_2011-11-30](http://www.provincia.torino.gov.it/ambiente/inquinamento/eventi/convegno_2011-11-30)

#### VALUTAZIONE DELLE INFORMAZIONI PUBBLICATE

Al fine di valutare l'attendibilità delle informazioni offerte si è provveduto ad effettuare un'analisi dei valori pubblicati nel corso del 2013<sup>39</sup>, di cui una sintesi è riportata in TABELLA 37, e di verificarne la coerenza con quanto misurato dalle stazioni di rilevamento della qualità dell'aria nello stesso anno.

INDICE NUMERICO	FREQUENZA	GIUDIZIO
1	29 (8%)	Ottima
2	75 (22%)	Buona
3	127 (36%)	Accettabile
4	114 (33%)	Cattiva
5	3 (1%)	Pessima

TABELLA 37: distribuzione dei valori di IPQA nel corso dell'anno 2013.

Tale confronto non è affatto immediato in quanto le centraline offrono un'informazione discreta (pochi punti posizionati sul territorio) e con rappresentatività spaziale limitata (tipica del punto di misura). Il valore dell'IPQA invece è formulato mediando i valori di concentrazione calcolati da un modello matematico che offre un'informazione territoriale continua e con una rappresentatività spaziale tipica della risoluzione utilizzata (celle di  $1 \text{ km}^2$ ).

Usando i dati rilevati dalle stazioni di monitoraggio presenti nell'agglomerato torinese sono stati pertanto ricalcolati per ogni giornata del 2013 tre diversi valori di IQA che abbiamo chiamato IQAmax (indicativo delle concentrazioni rilevate nella stazione che ha presentato i valori più elevati), IQAmed (indicativo della media dei valori rilevati presso tutte le stazioni di monitoraggio) e IQAmin (indicativo delle concentrazioni rilevate nella stazione che ha presentato i valori più bassi). Le stazioni di monitoraggio e gli algoritmi utilizzati per il calcolo dei 3 IQA sono riportati rispettivamente in TABELLA 38 e in TABELLA 39. La disponibilità dei dati nelle stazioni di monitoraggio è sempre stata molto alta per cui è stato possibile calcolare i valori dei tre IQA per tutte le giornate in cui era disponibile il valore di IPQA.

<sup>39</sup> I giorni di pubblicazione dell'IPQA nel corso del 2013 sono stati 348, a causa di alcuni inconvenienti sulla catena modellistica non è stato possibile calcolare il valore dell'IPQA tutti i giorni dell'anno.

inquinante	Stazioni
PM10	Beinasco TRM, Borgaro, Collegno, Settimo, To-Consolata, To-Grassi, To-Lingotto, To-Rebaudengo, TO-Rubino
NO <sub>2</sub>	Beinasco, Beinasco TRM, Borgaro, Collegno, Grugliasco, Orbassano, Settimo, To-Consolata, To-Lingotto, To-Rebaudengo, To-Rubino
O <sub>3</sub>	Borgaro, Orbassano, To-Lingotto, Rubino

TABELLA 38: stazioni di monitoraggio attive nell'agglomerato torinese per ogni parametro che concorre al calcolo dell'IPQA.

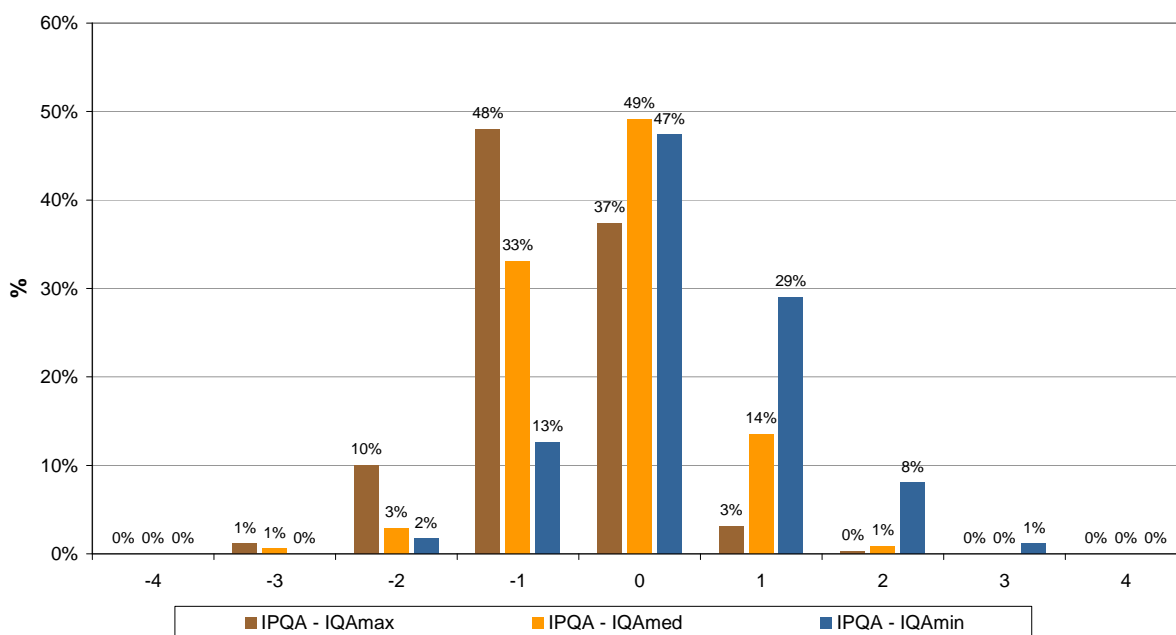
IQA max	IQA med	IQA min
$IQA_{\max} = \max(I_{PM10 \max}, I_{NO_2 \max}, I_{O_3 \max})$	$IQA_{\text{med}} = \max(I_{PM10 \text{med}}, I_{NO_2 \text{med}}, I_{O_3 \text{med}})$	$IQA_{\min} = \max(I_{PM10 \min}, I_{NO_2 \min}, I_{O_3 \min})$
$I_{PM10 \max} = \frac{\max V_{imed24hPM10}}{V_{rifPM10}} \times 100$	$I_{PM10 \text{med}} = \frac{V_{imed24hPM10}}{V_{rifPM10}} \times 100$	$I_{PM10 \min} = \frac{\min V_{imed24hPM10}}{V_{rifPM10}} \times 100$
$I_{NO_2 \max} = \frac{\max V_{i \max hNO_2}}{V_{rifNO_2}} \times 100$	$I_{NO_2 \text{med}} = \frac{V_{i \max hNO_2}}{V_{rifNO_2}} \times 100$	$I_{NO_2 \min} = \frac{\min V_{i \max hNO_2}}{V_{rifNO_2}} \times 100$
$I_{O_3 \max} = \frac{\max V_{i \max 8hO_3}}{V_{rif8hO_3}} \times 100$	$I_{O_3 \text{med}} = \frac{V_{i \max 8hO_3}}{V_{rif8hO_3}} \times 100$	$I_{O_3 \min} = \frac{\min V_{i \max 8hO_3}}{V_{rif8hO_3}} \times 100$
$V_{imed24hPM10}$	valore medio giornaliero calcolato dalle ore 01:00 alle ore 24:00 per ogni stazione di monitoraggio	
$V_{i \max hNO_2}$	valore massimo orario calcolato dalle ore 01:00 alle ore 24:00 per ogni stazione di monitoraggio	
$V_{i \max 8hO_3}$	valore massimo delle medie di 8 ore calcolate ogni ora sulle 8 ore precedenti dalle ore 01:00 alle ore 24:00 per ogni stazione di monitoraggio	
$V_{rifPM10}$	Valore di riferimento (50 µg/m <sup>3</sup> ) valore limite giornaliero per la protezione della salute umana (D.Lgs 13 agosto 2010 n. 155)	
$V_{rifNO_2}$	Valore di riferimento (200 µg/m <sup>3</sup> ) valore limite orario per la protezione della salute umana (D.Lgs 13 agosto 2010 n. 155)	
$V_{rif8hO_3}$	Valore di riferimento (120 µg/m <sup>3</sup> ) valore bersaglio per la protezione della salute umana (D.Lgs 13 agosto 2010 n. 155)	

TABELLA 39: algoritmi usati per il calcolo degli IQA massimo medio e minimo.

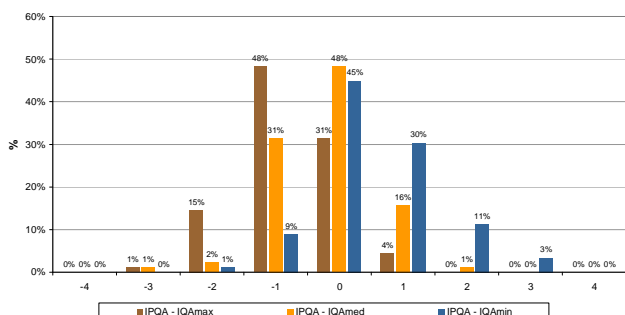
Al fine di valutare la coerenza fra l'IPQA e i tre diversi IQA (max, med e min) è stata calcolata, per ogni giorno dell'anno, la differenza fra i loro valori e la frequenza dei risultati ottenuti è riportata nei grafici in FIGURA 77 per tutto l'anno 2013 e su base trimestrale. Il valore 0 indica una esatta corrispondenza fra IPQA e i diversi IQA, valori negativi indicano una sottostima dell'IPQA e ovviamente valori positivi una sovrastima.

Come era auspicabile attendersi l'IQAm<sub>ed</sub> è quello che risulta essere maggiormente coerente con l'IPQA, nel 49% delle giornate il valore dell'IPQA è uguale al valore dell'IQA med e nel 96% dei giorni i due indici non si discostano per più di una classe. I confronti dei valori dell'IPQA con l'IQA max e l'IQA min soffrono rispettivamente di sottostima e di una sovrastima. La coerenza osservata in questa prima valutazione conferma la qualità dell'informazione comunicata che, per sua natura, vuole esprimere il livello medio di inquinamento presente nell'agglomerato torinese e non i valori di picco o di fondo che possono essere misurati in situazioni specifiche.

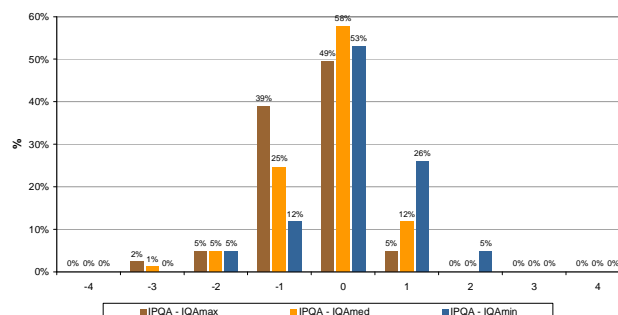
**CONFRONTO FRA I VALORI DELL'IPQA E I VALORI DELL'INDICE CALCOLATO CON I DATI RILEVATI DALLA RETE DI MONITORAGGIO - 2013**



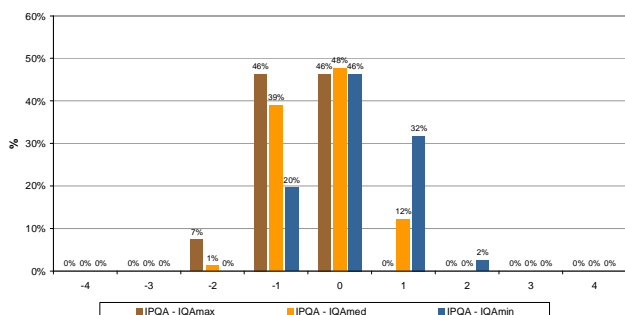
CONFRONTO FRA I VALORI DELL'IPQA E I VALORI DELL'INDICE CALCOLATO CON I DATI RILEVATI DALLA RETE DI MONITORAGGIO - I TRIM 2013



CONFRONTO FRA I VALORI DELL'IPQA E I VALORI DELL'INDICE CALCOLATO CON I DATI RILEVATI DALLA RETE DI MONITORAGGIO - II TRIM 2013



CONFRONTO FRA I VALORI DELL'IPQA E I VALORI DELL'INDICE CALCOLATO CON I DATI RILEVATI DALLA RETE DI MONITORAGGIO - III TRIM 2013



CONFRONTO FRA I VALORI DELL'IPQA E I VALORI DELL'INDICE CALCOLATO CON I DATI RILEVATI DALLA RETE DI MONITORAGGIO - IV TRIM 2013

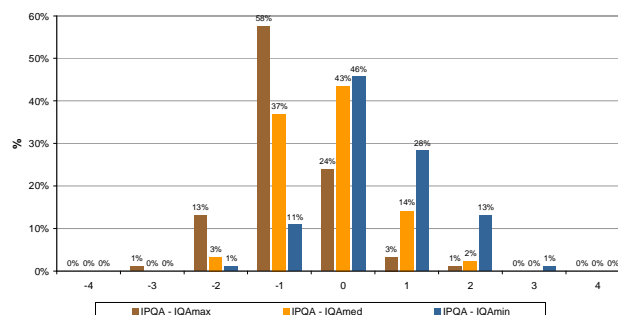


FIGURA 77: analisi di coerenza fra l'IPQA e i tre diversi IQA (max, med e min).

Una volta verificato che l'IQA med risulta essere il più simile all'IPQA, per consentire una valutazione più approfondita sono state prodotte delle tabelle di contingenza che correlano le frequenze di accadimento dei due indicatori per ogni classe di valori. In altre parole, ad esempio, si può osservare per le 127 volte che l'IPQA ha presentato un valore 3 quante volte l'IQA med ha presentato lo stesso valore o valori diversi.

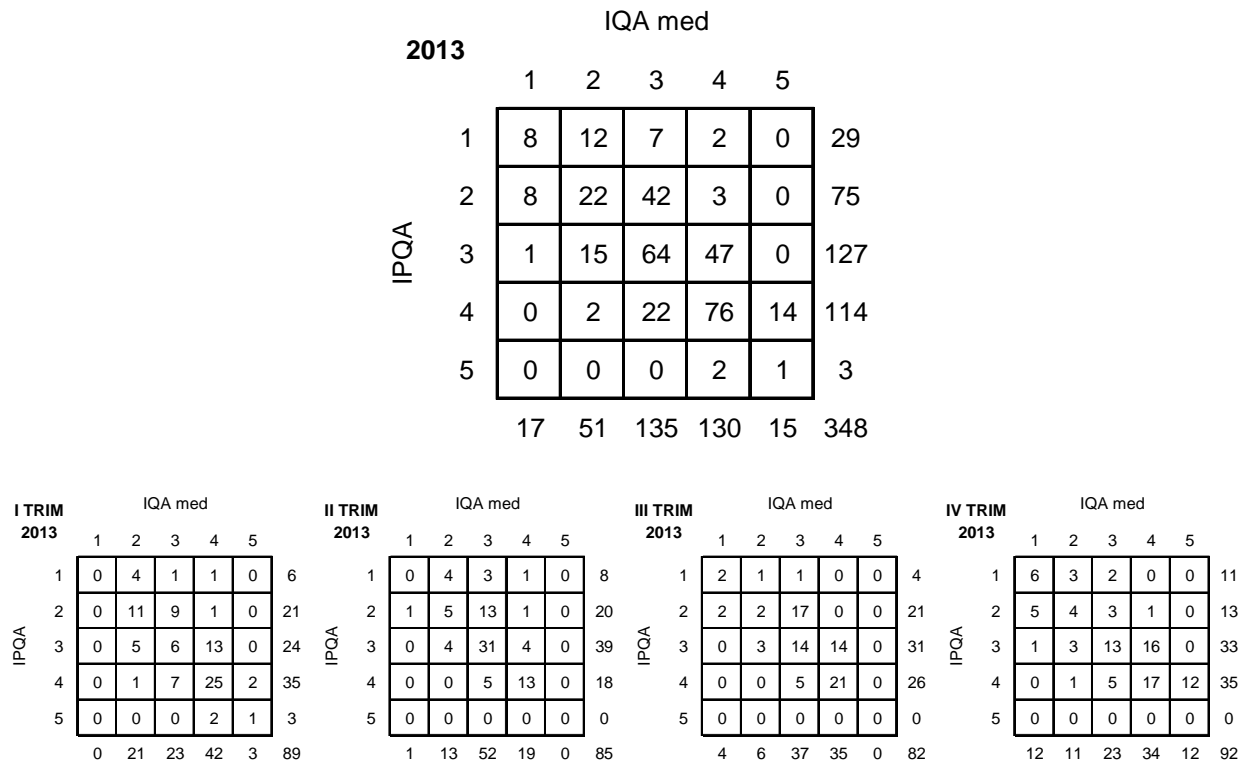


FIGURA 78: tabelle di contingenza fra l'IPQA e IQAmed.

Dall'analisi delle tabelle si osserva come le maggiori discrasie fra i due indici si abbiano nelle classi 1 e 5 che sono tipiche di condizioni meteorologiche particolari (fortissima dispersione e fortissima stagnazione). In queste situazioni estreme la catena modellistica non sembra ancora sufficientemente accurata per garantire una migliore corrispondenza. Si rileva comunque che in tutte le giornate in cui l'IQAmed ha presentato un valore 5 l'IPQA ha sempre presentato valori maggiori o uguali a 4 che identificano un non rispetto dei valori limite.

Per le classi 2,3 e 4 si osserva una buona coerenza con una lieve sottostima dell'IPQA nei confronti dell'IQAmed. Nella valutazione complessiva occorre poi sempre tenere in considerazione che l'IPQA viene calcolato utilizzando una previsione meteorologica a 48h che per sua natura è affetta dalle incertezze tipiche dei sistemi previsionali.

In conclusione, considerando che né l'IPQA né l'IQAmed rappresentano un riferimento assoluto ma due diverse stime dei valori medi della qualità dell'aria nell'agglomerato torinese, si ritiene che l'informazione fornita per mezzo dell'IPQA possa essere considerata significativamente attendibile sia in termini di accuratezza, intesa come capacità di rappresentare correttamente l'entità delle concentrazioni, che di precisione, da riferirsi alla capacità di riprodurre le oscillazioni delle concentrazioni dovute principalmente alla variabilità delle condizioni meteorologiche.









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



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