

Uno sguardo all'aria

2018





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

Anno 2018

Testi ed elaborazioni a cura di:

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

G Filippini, A. Bertello.

ARPA Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest

C. Bussi, A. Bruno, E. Calderaro, L. Gerosa, D. Marangon, L. Milizia , F. Romeo, M. Sacco.

ARPA Dipartimento Sistemi Previsionali:

F. Lollobrigida, M. Nicolella, S. Bande, D. Gandini.

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

ARPA Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest

F. Pitasi, S. Bertero, M. Carrera, S. Cerrato, I. Coretti, L. Corino, C. Duretti, G. Gallina, P. Giansanti, G. Prano, M. Radeschi, P. Rosina, V. Sciortino, R. Sergi, D. Simondi, E. Vicenzino, V. Zulian

CSI Piemonte

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

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

O. Munafò.

Copertina

Martina Uccisella, "Faro della vittoria" 2018

INDICE

SOMMARIO	6
LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO	7
MONOSSIDO DI CARBONIO.....	10
DESCRIZIONE	10
ESAME DEI DATI	10
BIOSSIDO D'AZOTO.....	12
DESCRIZIONE	12
ESAME DEI DATI	12
ANALISI DELLE SERIE STORICHE DI NO _x e NO ₂	16
BIOSSIDO DI ZOLFO	20
DESCRIZIONE	20
ESAME DEI DATI	20
OZONO	22
DESCRIZIONE	22
ESAME DEI DATI	23
BENZENE.....	30
DESCRIZIONE	30
ESAME DEI DATI	30
PARTICOLATO SOSPESO	32
DESCRIZIONE	32
ANALISI DELLE SERIE STORICHE DI PARTICOLATO IN DUE SITI URBANI DI TRAFFICO E DI BACKGROUND.....	37
L'ANDAMENTO ORARIO DEL PARTICOLATO IN DUE SITI URBANI DI TRAFFICO E DI BACKGROUND.	39
PARTICELLE SOSPENSE TOTALI.....	43
MUTAGENICITÀ DEL PM _{2,5}	46
DESCRIZIONE	46
ESAME DEI DATI	47
CONSIDERAZIONI FINALI.....	51
STUDIO DELLA CONCENTRAZIONE NUMERICA DI PARTICELLE ULTRAFINI NELL'AREA METROPOLITANA TORINESE – RISULTATI ANNO 2018 ED ANALISI DELLA SERIE STORICA.....	53
INTRODUZIONE.....	53
ESAME DEI DATI RELATIVI ALL'ANNO 2018.....	53
ANALISI DELLA SERIE STORICA	59
CONCLUSIONI.....	61
METALLI	62
DESCRIZIONE	62
ESAME DEI DATI	63
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI.....	69
DESCRIZIONE	69
ESAME DEI DATI	70
DEPOSIZIONI ATMOSFERICHE "BULK" DI IPA E METALLI NELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO	74
Descrizione	74
ESAME DEI DATI	75
Metalli.....	79
CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'ANNO 2018	84
IL CLIMA DEL 2018	84
I DATI METEO MISURATI NEL 2018 A TORINO GIARDINI REALI.....	104
L'INDICE "NUMERO DI GIORNI FAVOREVOLI ALL'ACCUMULO DI PM ₁₀ "	110
EMISSIONI INQUINANTI DEI VEICOLI A MOTORE	112
I LIMITI DI EMISSIONE DEI VEICOLI A MOTORE	112
IL PARCO VEICOLARE NELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO	113
I TEST EMISSIVI DELLE AUTO	118
IL PROTOCOLLO ANTISMOG NELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO	120
I PROVVEDIMENTI SUL TRAFFICO VEICOLARE	120

SOMMARIO

I dati rilevati nel 2018, complice una meteorologia particolarmente favorevole, mostrano un netto miglioramento della qualità dell'aria anche se permangono, in particolare nell'area urbana torinese, le difficoltà a rispettare i limiti di legge più severi: il valore limite giornaliero per il PM10, il valore limite annuale per il biossido di azoto e il valore obiettivo per l'ozono.

Dei 12 inquinanti per i quali sono stabiliti valori di riferimento, 9 - monossido di carbonio (CO), biossido di zolfo (SO₂), benzene, metalli (Pb, As, Cd, Ni), benzo(a)pirene e PM_{2,5} - hanno rispettato nel 2018 i valori limite e obiettivo su tutto il territorio metropolitano.

Per la prima volta, da quando si effettuano misurazioni, è stato rispettato il valore limite annuale in tutte le stazioni della rete di monitoraggio per il PM10. Per quanto riguarda il numero di superamenti del valore giornaliero del PM10, che è sicuramente in limite più severo, il mancato rispetto è avvenuto in 10 stazioni su 18 (erano 14 su 18 nel 2017). È importante rilevare che le stazioni di fondo urbano della città di Torino hanno presentato un numero di superamenti prossimo al valore limite; 39 nel sito di To-Lingotto e 33 a To-Rubino.

Il valore limite annuo del biossido di azoto (NO₂) (40 µg/m³) è stato superato in 3 stazioni su 19 (erano 5 su 19 nel 2017). In nessuna stazione è stato raggiunto il valore limite di 18 superamenti della soglia oraria (200 µg/m³).

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

Le serie storiche di tutti gli "inquinanti critici" (polveri, NO₂, BaP e O₃ - FIGURA 1), mostrano continuità nei miglioramenti e quelle degli altri inquinanti confermano l'ampio rispetto dei valori limite e obiettivo. La variabilità meteorologica, riassunta nell'indice "numero di giorni favorevoli all'accumulo degli inquinanti" (FIGURA 94) giustifica in modo abbastanza evidente le basse concentrazioni osservate nel 2018. Si osserva però, confrontando il 2018 con anni con valori dell'indice analoghi come il 2008 e il recente 2016, che i miglioramenti sono significativi sul lungo termine e sicuramente incoraggianti nel breve periodo.

I dati certificano l'efficacia delle misure di risanamento adottate nel corso degli anni ma contestualmente evidenziano ancora problematiche irrisolte. Occorrerà nei prossimi anni insistere con determinazione nelle azioni di miglioramento della qualità dell'aria, per garantire il rispetto dei limiti nel più breve tempo possibile.

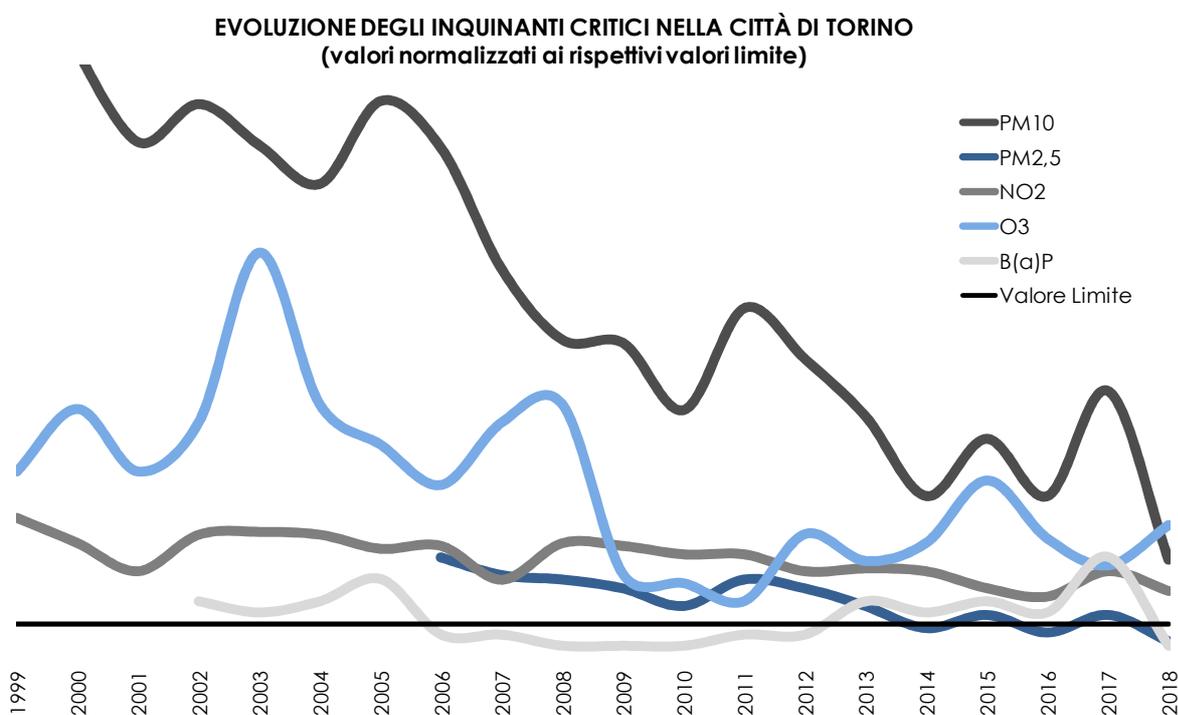


FIGURA 1: evoluzione degli inquinanti nella città di Torino.

LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO

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

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

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria, operante sul territorio della Città metropolitana di Torino e gestita da Arpa Piemonte, è composta da 18 postazioni fisse di proprietà pubblica, da 3 stazioni fisse di proprietà privata e da un mezzo mobile per la realizzazione di campagne di rilevamento della qualità dell'aria. Tutte le postazioni sono collegate attraverso linee telefoniche al centro di acquisizione dati e trasmettono con cadenza oraria i risultati delle misure effettuate, permettendo così un costante controllo dei principali fattori che influenzano la qualità dell'aria. L'elenco delle stazioni di misura, la loro ubicazione e i parametri misurati sono riportati in TABELLA 1.

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

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

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

La collocazione sul territorio delle postazioni di misura (FIGURA 2) è un fattore fondamentale per effettuare un efficace monitoraggio della qualità dell'aria. I luoghi prescelti devono essere rappresentativi della tipologia di sito individuato. Una corretta collocazione dei punti di misura permette così di ottenere indicazioni estremamente rappresentative sulla qualità dell'aria. Un aumento dei punti di monitoraggio porterebbe quasi sicuramente all'effettuazione di misure ridondanti e, visti gli elevatissimi costi di acquisto e di gestione delle reti di monitoraggio, comporterebbe una spesa difficilmente sostenibile dalle amministrazioni pubbliche e sicuramente non giustificata in relazione ai risultati ottenuti.

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

Tutti i siti monitorati sono oggetto di specifiche relazioni tecniche curate dal Dipartimento ARPA di Torino; copia delle relazioni è disponibile sia presso tale Dipartimento che presso l'Area Risorse Idriche e Qualità dell'Aria della Città Metropolitana di Torino e sono scaricabili via internet agli indirizzi:

<http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/ambiente/qualita-aria/rete-monitoraggio/relazioni-campagne-rilevamento>

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

STAZIONE	INDIRIZZO	PARAMETRI	TIPOLOGIA
Baldissero (GDF)(1)	Str. Pino Torinese, 1 – Baldissero	NO _x , O ₃ , CO, PM10 _B , Deposimetro IPA	Fondo-rurale
Beinasco (TRM) (1)	Via San Giacomo c/o giardino pubblico Aldo Mei - Beinasco	NO _x , PM10, PM10 _B , PM2,5 _β , BTX, Campionatore PCDD/DF, Deposimetro Metalli/IPA, Deposimetro Hg, Deposimetro PCDD/DF, Misuratore mercurio gassoso	Fondo-suburbano
Borgaro	Via Italia c/o Giardini dei Caduti Borgaresi – Borgaro	NO _x , O ₃ , PM10, PM2,5, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX	Fondo-suburbano
Carmagnola	P.zza I Maggio– Carmagnola	NO _x , PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Traffico-urbano
Ceresole Reale	c/o cent. Idroelettrica - Ceresole	NO _x , O ₃ , PM10 _B , PM2,5 _β , (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Fondo-rurale
Chieri	c/o Scuola Infanzia B.go Venezia Via Bersezio– Chieri	NO _x , O ₃ , PM2,5	Fondo-suburbano
Collegno	C.so Francia, 137 - Collegno	NO _x , PM10	Traffico-urbano
Druento	parco La Mandria c/o cascina Peppinella – Druento	NO _x , O ₃ , PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Fondo rurale
Ivrea	Viale della Liberazione, 1 – Ivrea	NO _x , O ₃ , PM10, PM2,5, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Fondo-suburbano
Leini (GDF) (1)	Via Vittime di Bologna, 12 - c/o Grande Torino - Leini	NO _x , O ₃ , CO, PM10 _B , PM2,5 _β	Fondo-suburbano
Mezzo Mobile		NO _x , O ₃ , CO, PM10, PM2,5, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX	
Orbassano	Via Riesi c/o Complesso Sportivo Comunale – Orbassano	NO _x , O ₃	Fondo-suburbano
Oulx	Via Roma angolo via Des Moines – Oulx	NO _x , CO, PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Traffico-suburbano
Pinerolo	P.zza III Alpini, 1 – Pinerolo	PM10 _B	Fondo-urbano
Settimo T.se	Via Milano, 31 – Settimo	NO _x , PM10, PM2,5, BTX, B(a)P	Traffico-urbano
Susa	P.zza della Repubblica – Susa	NO _x , O ₃ , PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Fondo-suburbano
To-Consolata	Via Consolata, 10 – Torino	NO _x , CO, SO ₂ , PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX, PTS	Traffico-urbano
To-Grassi	Via P.Veronese ang. via Reiss Romoli c/o ITIS Grassi – Torino	PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Traffico-urbano
To-Lingotto	Viale Augusto Monti, 21 zona Lingotto – Torino	NO _x , O ₃ , PM10-PM10 _B , PM2,5, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX, BC, NH ₃	Fondo-urbano
To-Rebaudengo	P.zza Rebaudengo, 23 - Torino	NO _x , CO, SO ₂ , (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX, PM10 _B , PM2,5 _β	Traffico-urbano
To-Rubino	Via Edoardo Rubino c/o giardini Rubino - Torino	NO _x , O ₃ , PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX, PM10 _B orario, PM2,5 _β orario	Fondo-urbano
Vinovo	via Garibaldi ang. via Volontari Italiani – Vinovo	NO _x , O ₃ , BTX	Fondo-suburbano

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

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

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

TABELLA 2: descrizione dei codici dei parametri.

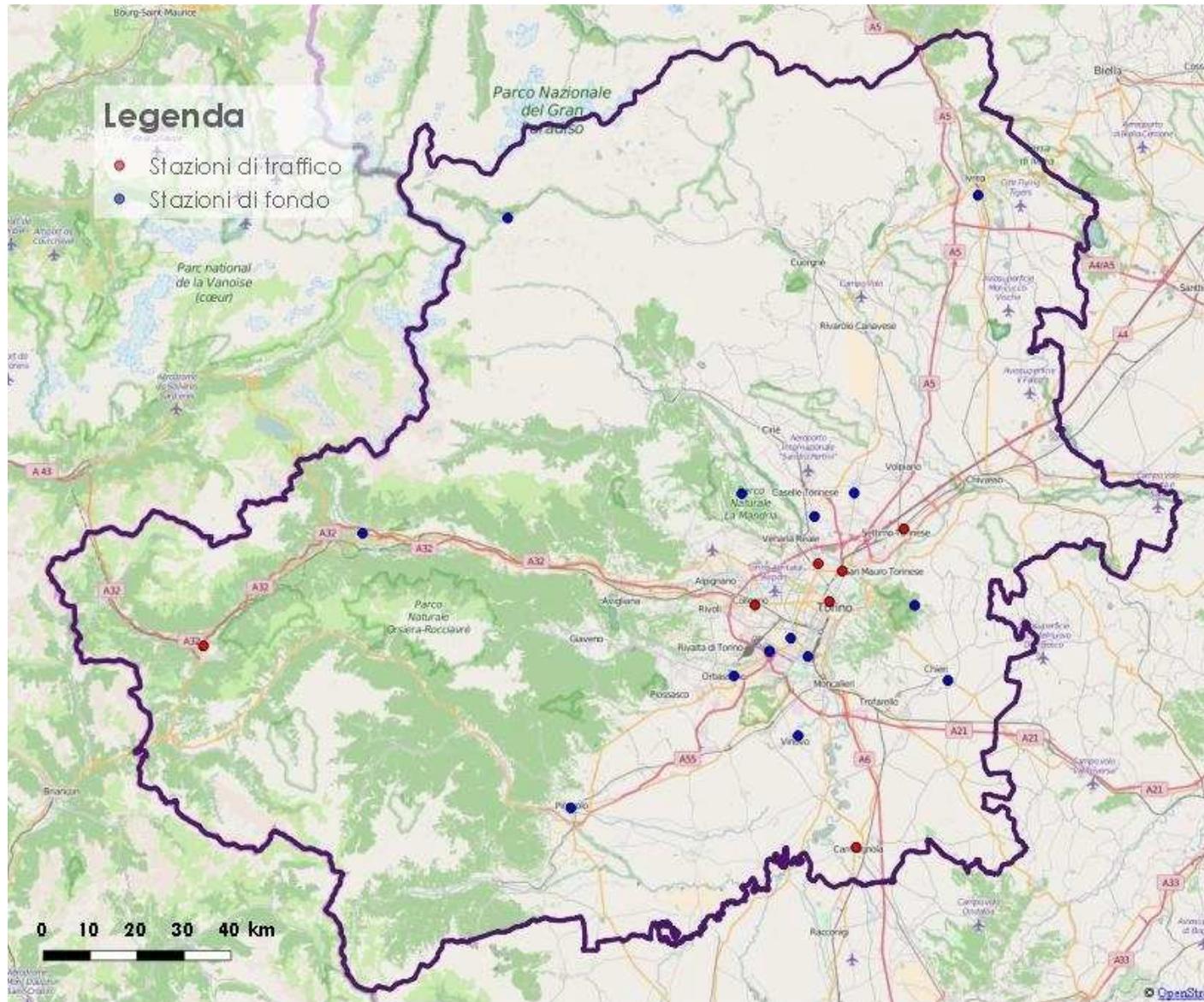


FIGURA 2: disposizione delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria.

MONOSSIDO DI CARBONIO

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

A. Bertello, Città metropolitana di Torino.

DESCRIZIONE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ESAME DEI DATI

I dati relativi al 2018 evidenziano concentrazioni medie annuali comprese fra 0,4 e 0,9 mg/m³.

Viene confermato il rispetto del limite di protezione della salute umana di 10 mg/m³, calcolato come media mobile trascinata su otto ore (D.Lgs. 155/2010). Il valore massimo della media calcolata su 8 ore è di 2,9 mg/m³ e si attesta ben al di sotto del valore limite.

A partire dai primi anni '80 fino al 2008 le misurazioni di CO evidenziano concentrazioni medie nella stazione di To-Rebaudengo, che rappresenta un hot spot di traffico, in nettissimo calo (FIGURA 3). Questa riduzione è dovuta allo sviluppo della tecnologia dei motori per autotrazione ad accensione comandata e all'introduzione del trattamento dei gas esausti tramite i convertitori catalitici.

Negli ultimi 10 anni di monitoraggio (TABELLA 4) le concentrazioni medie annuali misurate nella stazione di To-Rebaudengo sono sostanzialmente stabili e oscillano fra valori compresi tra 0,9 e 1,6 mg/m³. Non si sono registrati negli ultimi 10 anni superamenti del valore limite per la protezione della salute umana.

¹ Valore limite: livello fissato in base alle conoscenze scientifiche, incluse quelle relative alle migliori tecnologie disponibili, al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato (D.Lgs 13 agosto 2010, n. 155 - Art.2, comma 1, lett. h)

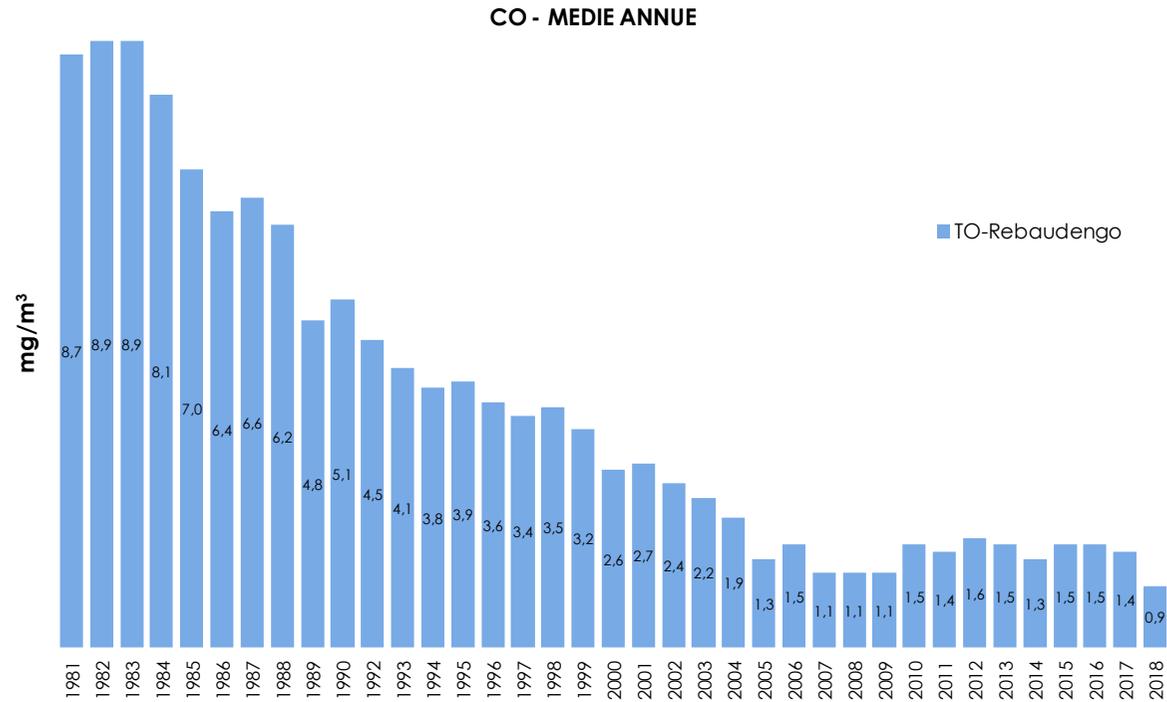


FIGURA 3: parametro CO, concentrazioni medie annuali rilevate presso la stazione di To-Rebaudengo dal 1981 al 2018.

STAZIONE	Rendimento strumentale 2018 (% dati validi)	Media Annuale mg/m³										Valore limite Numero di giorni con la media massima calcolata su 8 ore superiore a 10 mg/m³								Valore massimo delle medie calcolate su 8 ore mg/m³											
		'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18
Baldissero	93%	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,1	1,3	1,4	1,3	1,1	1	1,2	1,1	1,1	1,0
Leini	99%	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,5	0,5	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2,3	2,4	2,5	2,3	2,1	2	1,9	1,7	1,6
Oulx	95%	0,4	0,5*	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	1,5*	1,7	1,7	1,9	1,8	1,8	1,5	2,3	1,5
To-Consolata	91%	1,2	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,5	1,2	1,1	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,6	3,6	5,1	4,4	3	3,4	3,8	3,3	4,5	2,9
To-Rebaudengo	96%	1,1	1,5	1,4	1,6	1,5	1,3	1,5	1,5	1,4	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,9	4,6	4,8	4,4	4	3,2	3,1	3,6	4,0	2,4

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

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

BIOSSIDO D'AZOTO

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

A. Bertello, Città metropolitana di Torino.

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

DESCRIZIONE

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

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

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

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

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

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

VALORE LIMITE		
Periodo di mediazione	(293°K e 101,3 kPa)	Data di entrata in vigore del valore limite
1 ora	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 da non superare più di 18 volte per anno civile	1 gennaio 2010
Anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2	1 gennaio 2010
LIVELLO CRITICO ²		
Periodo di mediazione	(293°K e 101,3 kPa)	Data di entrata in vigore del livello critico
Anno civile	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_x	19 luglio 2001
SOGLIA DI ALLARME ³		
400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (293°K e 101,3 kPa) misurati su tre ore consecutive in località rappresentative della qualità dell'aria su almeno 100 km ² oppure una zona o un agglomerato completi, se tale zona o agglomerati sono meno estesi.		

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

ESAME DEI DATI

I dati misurati nel corso del 2018 mostrano che il valore limite annuale per la protezione della salute è stato superato in 3 stazioni su 19. Le 3 stazioni che non rispettano il limite annuale sono collocate nell'area urbana torinese in siti di traffico con flussi veicolari significativi o in situazioni di canyon urbano. Relativamente alla verifica del rispetto del valore limite orario, i risultati dei monitoraggi evidenziano che tale limite è stato rispettato in tutte le stazioni operative sul territorio metropolitano.

La FIGURA 4 4 presenta l'andamento storico delle concentrazioni a Torino nel periodo 1991 al 2018, sono riportate le medie annuali misurate in due stazioni del capoluogo, To-Lingotto, stazione di fondo urbano, e To-Rebaudengo, caratterizzata da intenso traffico veicolare. Si rileva sul lungo periodo una generale tendenza alla diminuzione della concentrazione di NO_2 che però sembrava essersi arrestata nel corso degli ultimi anni con concentrazioni medie annue che oscillano intorno al valore di 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella stazione di traffico e in prossimità del valore limite nel valore limite (40

² Livello critico: livello fissato in base alle conoscenze scientifiche, oltre il quale possono sussistere effetti negativi diretti su recettori quali gli alberi, le altre piante o gli ecosistemi naturali, esclusi gli esseri umani (D.Lgs 13 agosto 2010, n. 155 - Art.2, comma 1, lett. i);

³ Soglia di allarme: livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati (D.Lgs 13 agosto 2010, n. 155 - Art.2, comma 1, lett. n);

$\mu\text{g}/\text{m}^3$) nella stazione di fondo. Il 2018 presenta invece un significativo miglioramento pari al 20% per la stazione di traffico e al 13% la stazione di fondo rispetto alla media del quinquennio precedente (2013-2017). Questo accentuato miglioramento, riscontrabile anche negli altri punti di misura del territorio metropolitano, si ritiene sia però il larga parte attribuibile alle condizioni meteorologiche del 2018 ed in particolare a quelle dei mesi invernali. Si osserva, in FIGURA 95, che i mesi di gennaio, febbraio e novembre hanno avuto un numero di giorni favorevoli all'accumulo degli inquinanti particolarmente basso e hanno beneficiato di precipitazioni superiori alla media del periodo storico di riferimento. Non si è pertanto verificata quella condizione di prolungata stabilità meteorologica, tipica dell'inverno padano, che è responsabile dell'accumulo e delle elevate concentrazioni di inquinanti.

In generale il decremento del NO_2 non è equivalente a quello registrato per altri inquinanti quali, CO, benzene, piombo e in misura minore PM10, per i quali la riduzione è stata molto più consistente. La diffusione dei veicoli diesel e i problemi emissivi di questa motorizzazione, che non è stata in grado di rispettare gli standard di omologazione nelle condizioni di guida reali, è sicuramente la causa principale del perdurare della situazione di criticità di questo inquinante.

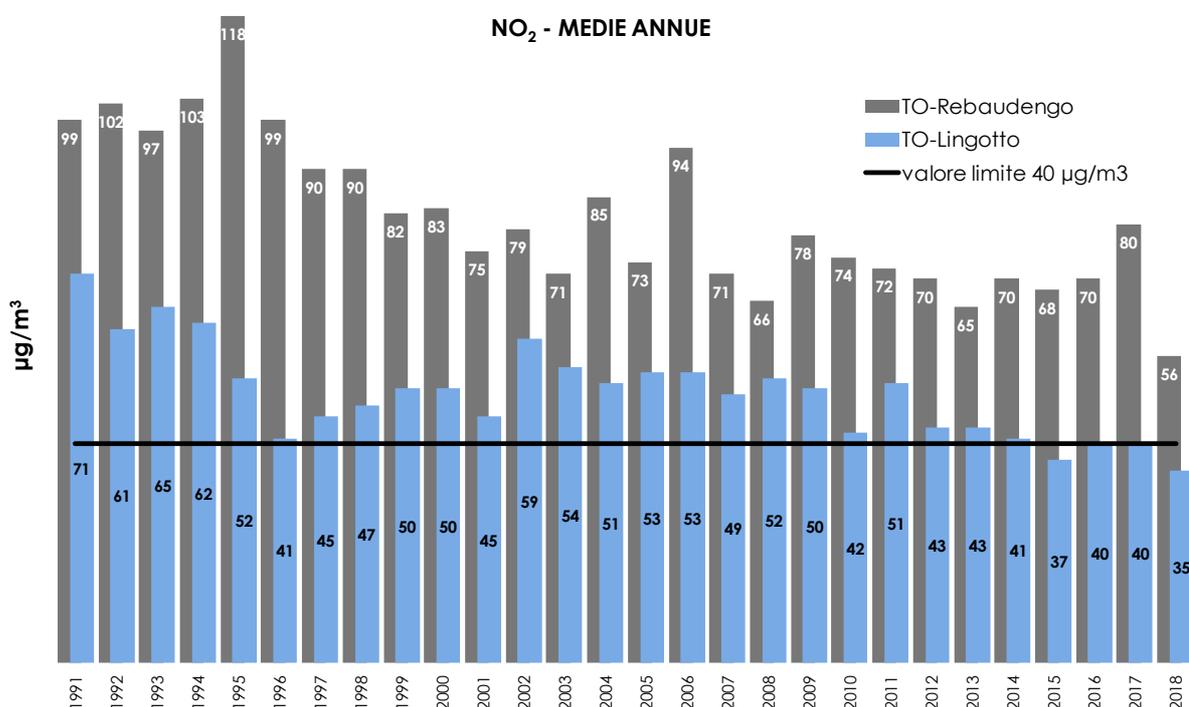


FIGURA 4: parametro NO_2 , andamento storico delle medie annuali, stazioni di To-Lingotto e To-Rebaudengo.

Quello che inoltre si osserva dal grafico è una significativa differenza fra le concentrazioni medie annue misurate all'interno della città capoluogo, che di fatto possono quasi raddoppiare fra quanto misurato in un parco urbano e in prossimità di una strada molto trafficata. Per fornire una rappresentazione più approfondita di questa variabilità nelle figure successive (FIGURA 5, FIGURA 6 e FIGURA 7 si riportano gli andamenti storici dei valori massimi, minimi e medi misurati rispettivamente in tutte le stazioni operanti nella città metropolitana di Torino, in quelle dell'agglomerato urbano (Torino e prima cintura), e in quelle esterne all'area urbana torinese.

La variabilità sul territorio provinciale è assolutamente evidente con concentrazioni medie annue che oscillano fra il valore minimo di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e valori massimi oltre $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La stessa tipologia di grafico suddivisa fra stazioni dell'agglomerato urbano e stazioni esterne ci consegna una rappresentazione molto diversa, un agglomerato con valori alti e mediamente al di sopra del valore limite di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e un'area esterna che, con poche eccezioni riconducibili a siti di traffico intenso, rispetta invece i limiti normativi.

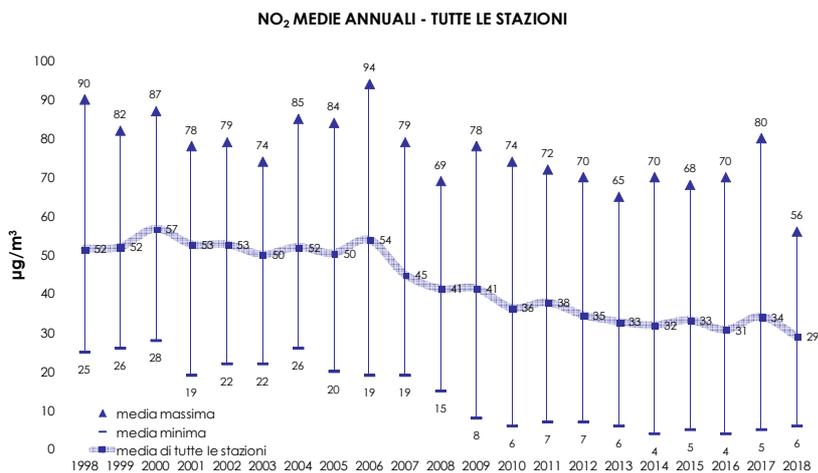


FIGURA 5: parametro NO₂, andamento storico dei valori massimi, minimi e medi di tutte le stazioni operanti nella città metropolitana di Torino.

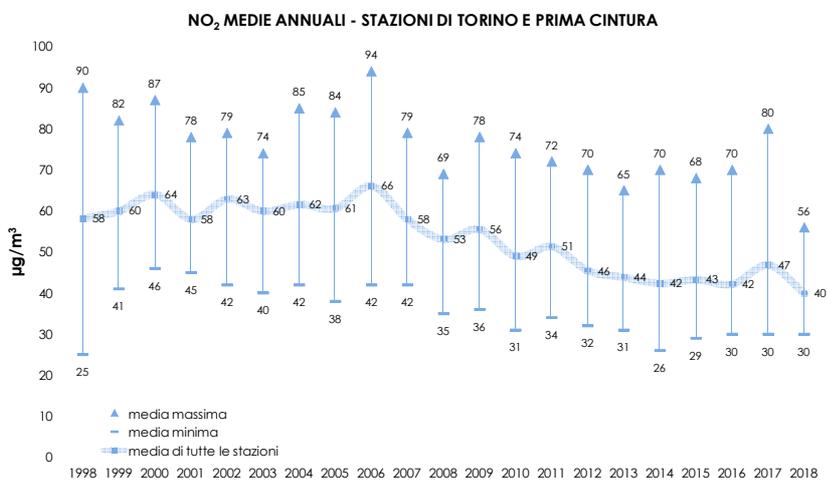


FIGURA 6: parametro NO₂, andamento storico dei valori massimi, minimi e medi di tutte le stazioni operanti nella città di Torino e nella prima Cintura.

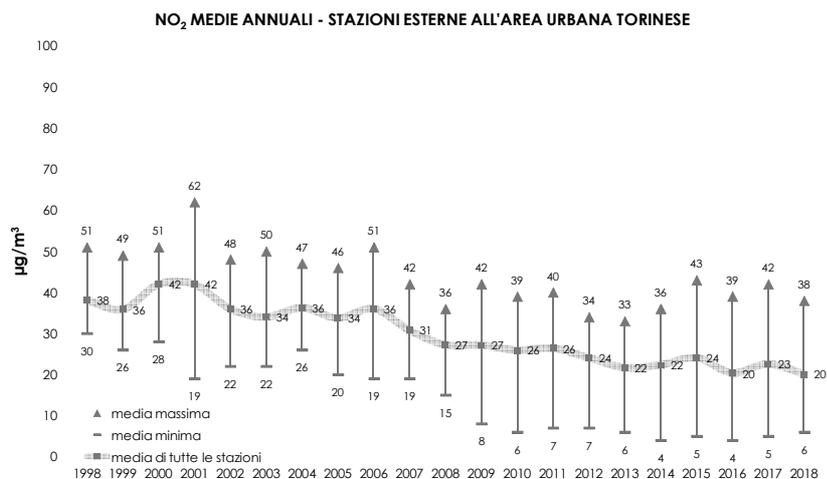


FIGURA 7: parametro NO₂, andamento storico dei valori massimi, minimi e medi di tutte le stazioni esterne all'area urbana Torinese.

Un'ulteriore ripartizione fra stazioni di traffico FIGURA 8 e stazioni di fondo FIGURA 9 del capoluogo evidenzia in modo ancora più chiaro la situazione. Le aree direttamente interessate da traffico veicolare sono stabilmente posizionate al di sopra del valore limite, le aree residenziali e di fondo presentano valori molto omogenei e con medie prossime valore limite (fatta eccezione per l'anno 2018 che come detto in precedenza è stato particolarmente favorevole alla dispersione degli inquinanti). Quest'ultimo aspetto evidenzia che l'inquinamento da biossido di azoto è critico nelle aree prossime alle maggiori arterie viarie e non del tutto risolto su tutta la conurbazione torinese. In relazione all'elevato numero di popolazione esposta è pertanto necessario che le misure di risanamento previste dalla pianificazione nazionale e regionale, in particolare la limitazione della circolazione dei veicoli più inquinanti e l'installazione di generatori di calore a basse emissioni, siano adottate tempestivamente e in modo omogeneo e diffuso su tutta l'area urbana torinese.

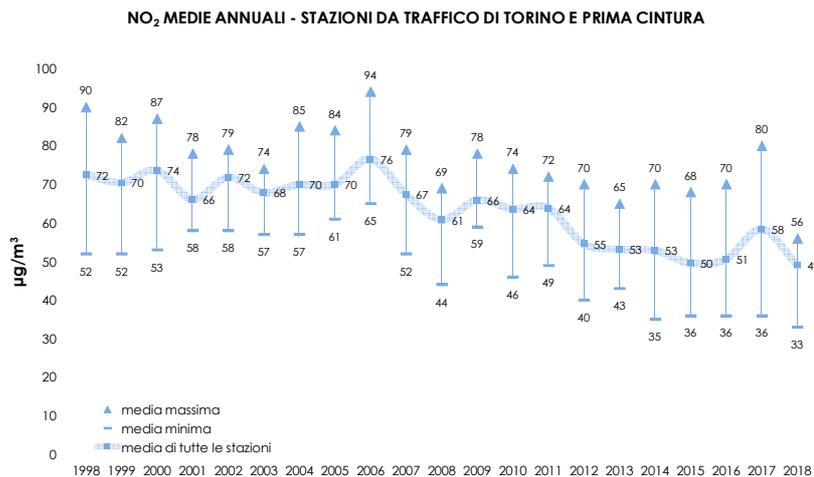


FIGURA 8: parametro NO₂, andamento storico dei valori massimi, minimi e medi di tutte le di traffico della conurbazione torinese.

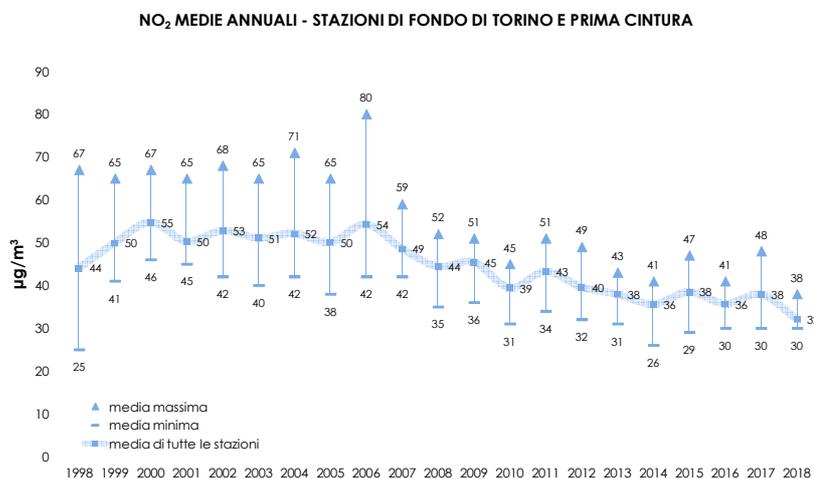


FIGURA 9: parametro NO₂, andamento storico dei valori massimi, minimi e medi di tutte le di traffico della conurbazione torinese.

ANALISI DELLE SERIE STORICHE DI NO_x e NO₂.

Per stimare numericamente un trend e la sua significatività con un approccio di tipo statistico è stato scelto il metodo Theil-Sen^{4,5}, utilizzato nel pacchetto software openair⁶, il cui vantaggio è che produce intervalli di confidenza accurati anche quando i dati non sono distribuiti normalmente e in caso di varianza dell'errore non costante. Inoltre, è un metodo robusto rispetto agli outliers (eventuali valori anomali).

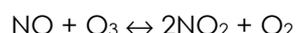
Le serie storiche di dati orari inizialmente scelte per poter effettuare la stima sono quelle di To-Lingotto, stazione di fondo urbano collocata in un parco nella periferia sud di Torino, e di To-Rebaudengo, stazione di traffico che registra i più alti valori di biossido di azoto a livello regionale. Il trend è stato valutato dopo avere rimosso la componente stagionale dalla serie di dati.

L'analisi dei trend, riportati in FIGURA 10 e FIGURA 11, evidenzia una riduzione nelle concentrazioni di ossidi di azoto (NO_x) e biossido di azoto (NO₂) in entrambi i siti, con elevata significatività statistica ($p < 0,001$).

Relativamente al parametro NO_x si osserva che la stazione di fondo di To-Lingotto mostra un trend complessivo con una variazione percentuale annua delle concentrazioni pari a -1,99% (-2,35 µg/m³ all'anno), per la stazione di traffico urbano To-Rebaudengo la riduzione percentuale è molto simile pari a -2,14% (-4,76 µg/m³). Questo dato è indicativo dell'efficacia delle misure di riduzione delle emissioni di NO_x adottate negli ultimi decenni sulle principali fonti inquinanti (industria, produzione di energia, riscaldamento e traffico).

Anche per il parametro NO₂ si osservano trend in diminuzione ma, a fronte di una variazione percentuale annua delle concentrazioni pari a -2,29% (-1,27 µg/m³ all'anno) calcolata per la stazione di fondo di To-Lingotto, si osserva una variazione percentuale annua di solo -1,22% (-0,98 µg/m³ all'anno) nella stazione di traffico di To-Rebaudengo.

Per spiegare questo comportamento occorre ricordare che gli NO_x sono principalmente una miscela di monossido e biossido di azoto (NO + NO₂) e vengono prodotti nei processi di combustione. L'azoto N₂ e l'ossigeno O₂, presenti nell'aria comburente, reagiscono tra loro ad alta temperatura (circa 1200 °C) formando principalmente NO e una frazione di NO₂ che possiamo definire "primario". L'NO rilasciato in atmosfera si ossida successivamente a NO₂ secondo le seguenti relazioni:



La componente di NO₂ che si produce in atmosfera, successivamente all'emissione, viene normalmente identificata come "secondaria".

La motivazione per cui gli NO_x siano diminuiti con "velocità" analoga nella stazione di fondo e in quella di traffico, mentre gli NO₂ siano diminuiti più "velocemente" nella stazione di fondo rispetto a quella di traffico è da ricercarsi nelle caratteristiche delle emissioni veicolari. In particolare nel modificarsi del rapporto fra le concentrazioni di NO₂ e quelle di NO_x [NO₂/NO_x] presenti nei gas di scarico dei veicoli diesel. La percentuale di NO₂ primario presente nelle emissioni di NO_x di un veicolo diesel è normalmente superiore alla percentuale riscontrata nelle emissioni di un veicolo a benzina inoltre, mentre per i motori diesel più vecchi circa il 5% delle emissioni di NO_x erano costituita NO₂, nei nuovi veicoli diesel, a causa delle caratteristiche del motore e dei sistemi di post-trattamento utilizzati per abbattere il particolato, la percentuale di NO₂ può variare dal 12% al 70%⁷.

Il rinnovo del parco veicolare ha sicuramente concorso alla riduzione degli NO_x emessi ma, l'aumento nel parco circolante del numero di veicoli diesel, ed in particolare di nuovi veicoli diesel, ha provocato un aumento del rapporto NO₂/NO_x presente nei gas di scarico. La presenza di una maggiore componente NO₂ primario nelle emissioni da traffico prodotte dai motori diesel spiega pertanto la differenza di comportamento fra i trend di riduzione osservati per gli NO_x e gli NO₂ nelle stazioni di fondo rispetto a quelle di traffico, più sensibili a questa componente.

⁴ Theil, H., 1950. "A rank invariant method of linear and polynomial regression analysis, i, ii, iii." Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie Wetenschappen, Series A - Mathematical Sciences 53, 386-392, 521-525, 1397-1412.

⁵ Sen, P. K., 1968. "Estimates of regression coefficient based on Kendall's tau." Journal of the American Statistical Association 63(324).

⁶ Carlaw DC and Ropkins K (2012). "openair — An R package for air quality data analysis." Environmental Modelling & Software, 27-28(0), pp. 52-61. ISSN 1364-8152, doi: 10.1016/j.envsoft.2011.09.008.

⁷ EEA, 2013, Air quality in Europe — 2013 report, EEA Report No 9/2013, European Environment Agency.

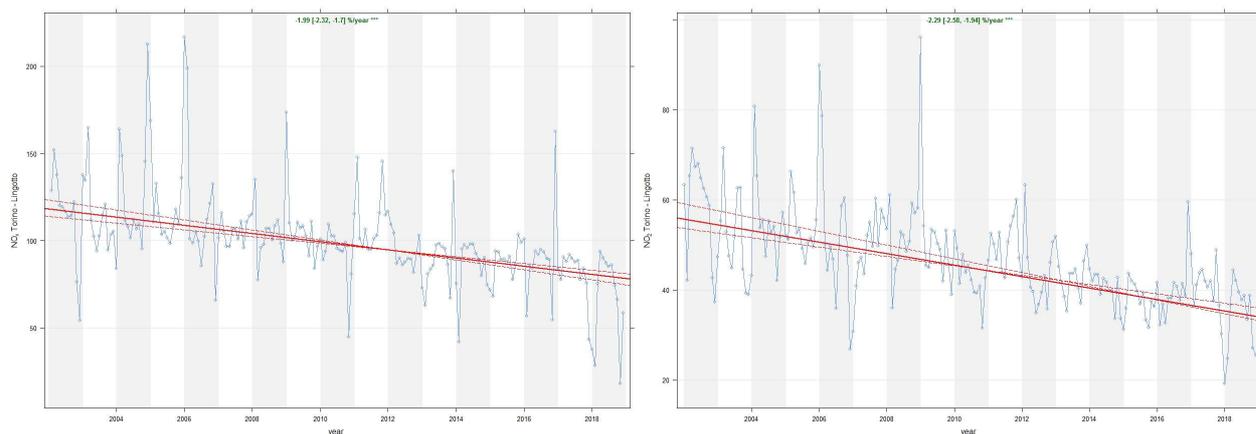


FIGURA 10: stima del trend dal 2002 al 2018 delle concentrazioni orarie di ossidi di azoto e di biossido di azoto, per la stazione di To-Lingotto (significatività statistica: $p < 0,001 = ***$, $p < 0,01 = **$, $p < 0,05 = *$ e $p < 0,1 = +$).

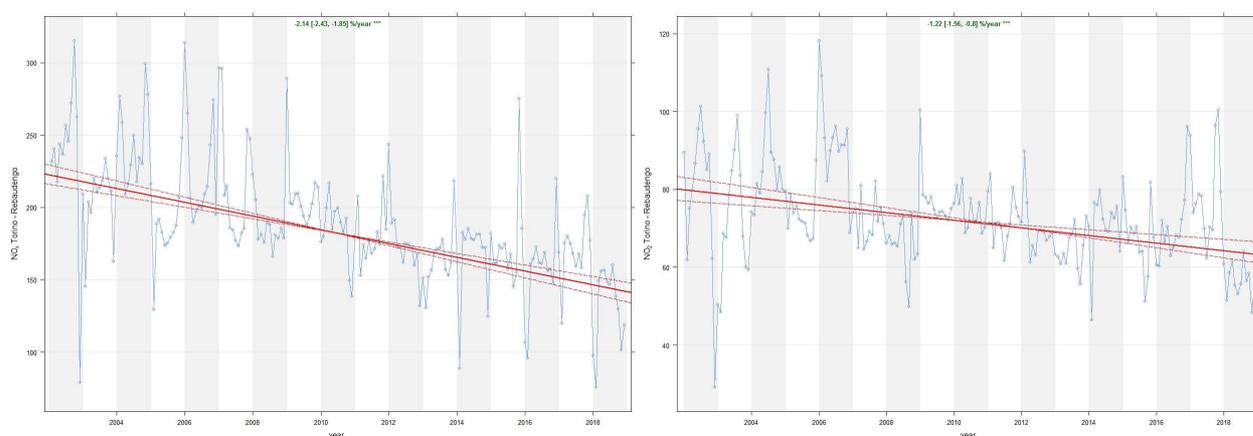


FIGURA 11: stima del trend dal 2002 al 2018 delle concentrazioni orarie di ossidi di azoto e di biossido di azoto, per la stazione di To-Rebaudengo (significatività statistica: $p < 0,001 = ***$, $p < 0,01 = **$, $p < 0,05 = *$ e $p < 0,1 = +$).

Al fine di verificare se gli andamenti osservati nelle stazioni di To-Rebaudengo e di To-Lingotto trovino conferma in altre stazioni di monitoraggio, sono stati calcolati i trend dei parametri NO_x e NO_2 per tutte le stazioni di pianura (traffico e fondo) della città metropolitana di Torino (TABELLA 6).

Stazione	Tipo stazione	Periodo	NO_2 variazione percentuale annua (%/y)	NO_2 intervallo di confidenza	NO_x variazione percentuale annua (%/y)	NO_x intervallo di confidenza	NO_2/NO_x rapporto fra le variazioni annue
Beinasco(1)	fondo urbano	2013-2018	-0,27	[-1,34-1,22]	-0,99	[-2,74-0,84]	0,27
Borgaro	fondo suburbano	2002-2018	-2,35	[-2,68-2,11]	-1,86	[-2,18-1,62]	1,26
Carmagnola	traffico urbano	2012-2018	-7,43	[-11,1-3,17]	-8,69	[-11,73-5,54]	0,86
Chieri	fondo suburbano	2012-2018	-5,47	[-7,04-4,35]	-4,32	[-5,59-3,52]	1,27
Collegno	traffico urbano	2012-2018	4,26	[2,72-5,98]	2,88	[1,56-4,22]	1,48
Druento	fondo rurale	2002-2018	-3,06	[-3,41-2,74]	-2,42	[-2,82-1,97]	1,26
Ivrea	fondo suburbano	2007-2018	-1,84	[-2,59-1,25]	-1,68	[-2,47-0,99]	1,10
Leini	fondo suburbano	2007-2018	-1,72	[-2,41-1]	-2,01	[-2,76-1,34]	0,86
Orbassano	fondo suburbano	2002-2018	-1,95	[-2,21-1,69]	-1,68	[-2,02-1,42]	1,16
Settimo	traffico urbano	2002-2018	-3,25	[-3,55-2,97]	-3,11	[-3,53-2,75]	1,05
To-Consolata	traffico urbano	2002-2018	-1,9	[-1,13-1,65]	-2,34	[-2,14-1,84]	0,81
To-Lingotto	fondo urbano	2002-2018	-2,29	[-2,58-1,94]	-1,99	[-2,32-1,7]	1,15
To-Rebaudengo	traffico urbano	2002-2018	-1,22	[-1,56-0,8]	-2,14	[-2,43-1,85]	0,57
To-Rubino	fondo urbano	2008-2018	-2,93	[-3,51-2,45]	-3	[-3,77-2,33]	0,98
Vinovo	fondo suburbano	2002-2018	-1,76	[-2,08-1,37]	-1,56	[-1,93-1,21]	1,13

(1) Il Trend della stazione di Beinasco non risulta statisticamente significativa

TABELLA 6: variazioni percentuali annue calcolate per i parametri NO_2 e NO_x nei siti di monitoraggio situati nella pianura della città metropolitana di Torino.

I risultati delle elaborazioni confermano che i trend in diminuzione sono comuni a tutte le stazioni di monitoraggio, ad eccezione della stazione di Collegno che presenta un trend in salita le cui motivazioni sono in fase di studio.

Relativamente alle diverse velocità di riduzione fra gli NO₂ e gli NO_x osservati nelle stazioni di To-Lingotto (fondo) e To-Rebaudengo (traffico) sono stati calcolati i rapporti fra le variazioni percentuali annue di NO₂ e di NO_x per tutti i siti di monitoraggio e, successivamente, per le sole stazioni con serie storica equivalente e più lunga (2002-2018), si sono riportati i valori dei rapporti in ordine decrescente nel grafico di FIGURA 12.

A conferma di quanto precedentemente descritto per le sole stazioni di To-Lingotto, si osserva che i rapporti sono più alti nelle stazioni di fondo rispetto a quelle di traffico. È inoltre evidente come la stazioni con caratteristiche di fondo (Druento La Mandria) e di traffico (Torino piazza Rebaudengo) più spiccate si collochino agli estremi della classifica.

Considerando che i superamenti dei valori limite per il parametro Biossido di Azoto sono misurati negli ultimi anni quasi esclusivamente nelle stazioni da traffico veicolare (TABELLA 7), particolarmente sensibili all'emissione di NO₂ primario, l'analisi effettuata conferma la necessità di continuare ad adottare di misure specifiche e sempre più stringenti per il contenimento delle emissioni dei veicoli diesel.

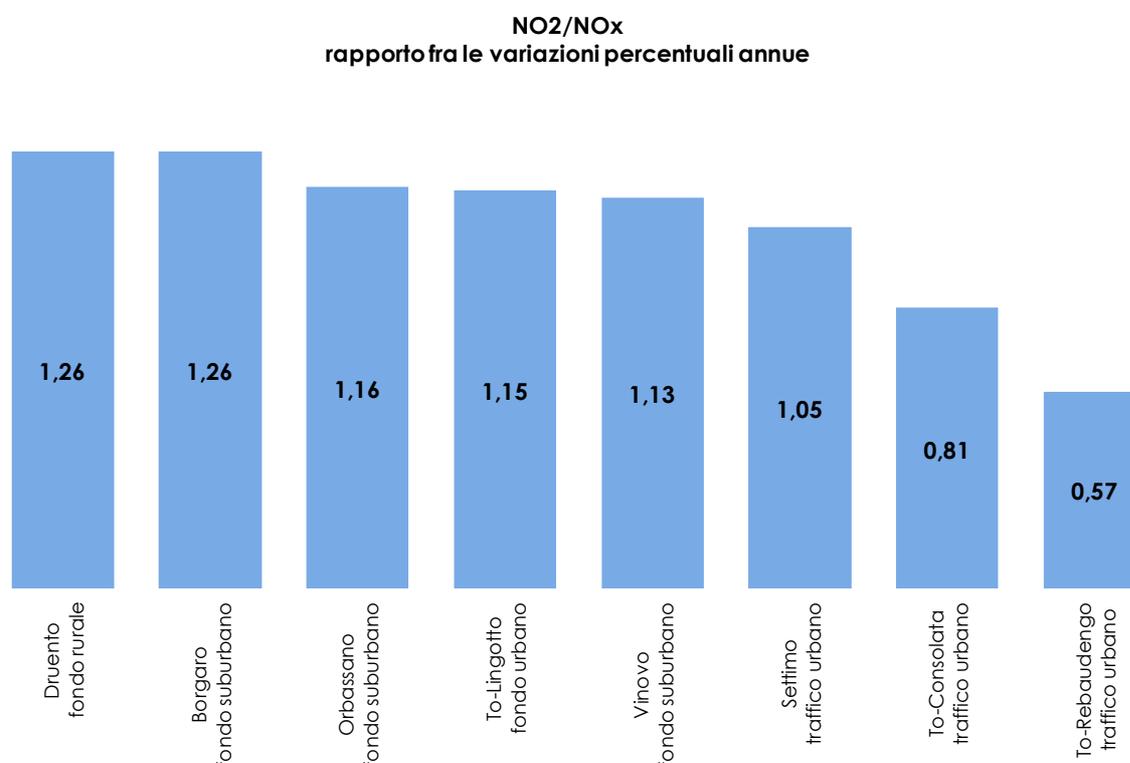


FIGURA 12: NO₂/NO_x rapporto fra le variazioni percentuali annue.

STAZIONE	Rendimento strumentale 2018 (% dati validi)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana (40 µg/m³) Media Annuale (µg/m³)										Valore limite orario per la protezione della salute Numero di superamenti del valore di 200 µg/m³ come media oraria									
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
		Baldissero	96%	19	20	20	16	12	14	14	12	15	11	0	0	1	0	0	0	0	0
Beinasco TRM(6)	99%					41	38	47	41	48	38					0	0	0	0	0	0
Borgaro	95%	36	31	34	32	31	26	29	30	30	30	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Carmagnola	99%				79		36	38	39	42	38				7		0	0	1	0	0
Ceresole reale	90%	8*	6	7	7	6	4	5	4	5	6	0*	0	0*	0	0	0	0	0	0	0
Chieri(1)	94%	42	39	39	33	28	23	25	19	23	20	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Collegno	98%				40*	44	47	36	46	58	53				0*	5	0	0	4	6	0
Druento	99%	18*	16	18	18	12	14	16	11	12	12	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ivrea	91%	28	26	29	25	25	24	26	23	25	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leini	99%	32	32	30	28	33	31	31	24	32	25	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Orbassano	97%	39	37	39	35	32	32	35	32	34	30	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Oulx	98%	20	21	20	21	21	21	20	18	17	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Settimo	97%	59	46	49	49*	43	35	41	36	36	33	125	2	3*	12*	0	0	0	0	0	0
Susa	99%	22	24	23	22	19	20	22	20	19	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
To-Consolata	96%	68	65	65	59	60	59	53	50	59	52	13	5	5	3	5	1	1	0	1	0
To-Lingotto	90%	50	42	51	43*	43	41	37	40	40	35	18	0	4	0*	0	0	0	5	0	0
To-Rebaudengo	95%	78	74	72	70	65	70*	68	70	80	56	76	15	10	13	31	0*	21	28	25	1
To-Rubino	98%	50	44	50	49	42	39	44	35	37*	31	8	0	0	0	0	0	0	0	0*	0
Vinovo	88%	36	35	40	34	31	30	43	33	35	26*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0*

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

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

TABELLA 7: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di azoto.

BIOSSIDO DI ZOLFO

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

A. Bertello, Città metropolitana di Torino.

DESCRIZIONE

Il biossido di zolfo (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 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, il livello critico e la soglia di allarme definiti dalla normativa vigente sono di seguito riportati.

VALORE LIMITE		
Periodo di mediazione	(293°K e 101,3 kPa)	Data di entrata in vigore del valore limite
1 ora	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 24 volte per anno civile	1 gennaio 2005
24 ore	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 3 volte per anno civile	1 gennaio 2005
LIVELLO CRITICO		
Periodo di mediazione	(293°K e 101,3 kPa)	Data di entrata in vigore del livello critico
anno civile e inverno (1° ottobre – 31 marzo)	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	19 luglio 2001
SOGLIA DI ALLARME		
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 km^2 oppure una zona o un agglomerato completi, se tale zona o agglomerati sono meno estesi		

TABELLA 8: D.Lgs. 155/2010, valori limite per il biossido di zolfo.

ESAME DEI DATI

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

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

Il livello critico per la protezione degli ecosistemi, 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ calcolato come valore medio nei mesi freddi dell'anno, è ampiamente rispettato anche nelle stazioni di riferimento che sono posizionate in siti di traffico urbano.

Anche se nel corso dei prossimi anni è consigliabile mantenere attivo il monitoraggio per controllare il conseguimento dei risultati raggiunti, si può affermare che il parametro SO_2 non rappresenti più una criticità per il territorio della città metropolitana di Torino.

Va comunque considerato che le emissioni di ossidi di zolfo contribuiscono alla formazione di particolato attraverso il processo secondario di trasformazione del biossido di zolfo in solfati, i quali sul territorio metropolitano costituiscono in media tra il 5 e il 10% della massa totale di PM_{10} . Per tale ragione occorre continuare a garantire un adeguato monitoraggio delle concentrazioni di SO_2 e mantenere in vigore le misure che ne hanno ridotto la presenza in atmosfera.

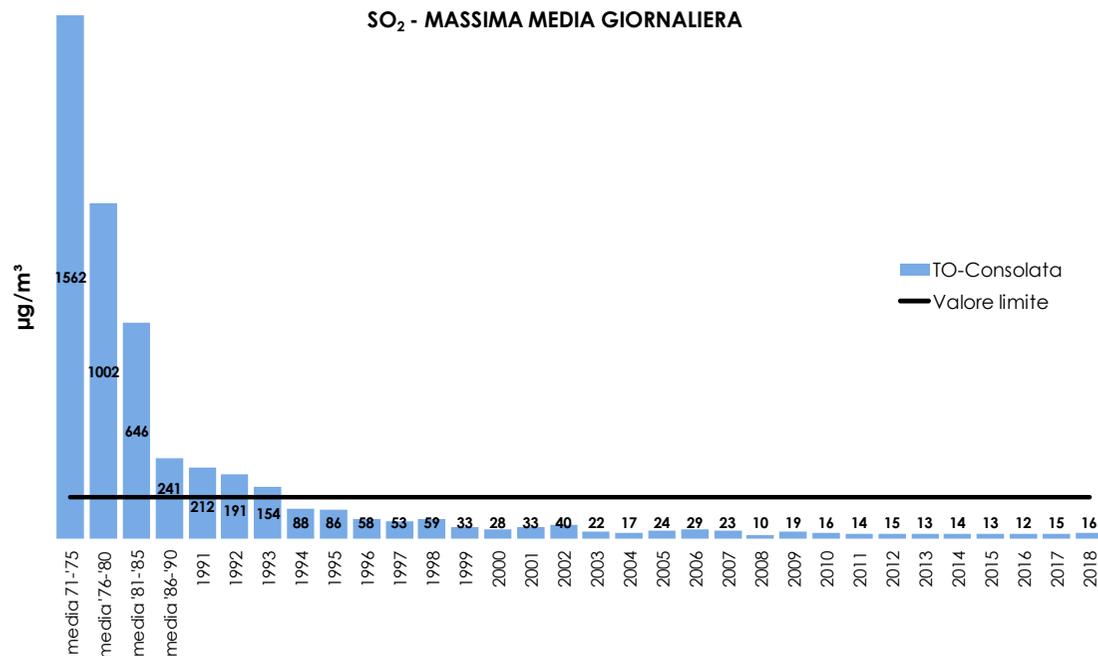


FIGURA 13: parametro SO₂, massima media giornaliera su base annuale rilevata nell'ultimo trentennio nella stazione di To-Consolata.

STAZIONE	Rendimento strumentale 2018 (% dati validi)	Media Annuale µg/m ³										Valore limite orario per la protezione della salute umana 350 µg/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 µg/m ³ da non superare più di 3 volte nell'anno civile Numero di superamenti									
		'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18
To-Consolata	98%	6*	6	6	6	6	7	7	6	7	7	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0
To-Rebaudengo	99%	9	8*	7	7	6	7	6	7	8	11	0	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	0	0	0	0	0	0	0	0
STAZIONE	Rendimento Strumentale 2018 (% dati validi)	Valore limite per la protezione degli ecosistemi 20 µg/m ³ Media calcolata sul periodo di riferimento 1 gen - 31 mar e 1 ott - 31 dic										Soglia di allarme 500 µg/m ³ Numero di superamenti										Massimo orario µg/m ³									
		'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18
To-Consolata	98%	7*	7	10	7	7	9	7	7	9	9	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23*	23	19	23	15	19	19	19	21	23
To-Rebaudengo	99%	11	10*	14	9	7	9	5	8	10	13	0	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	62	48*	34	33	26	24	17	25	39	21

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

I valori obiettivo e le soglie di informazione e di allarme in vigore nella UE e in Italia sono riportati nella TABELLA 10.

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

Si ricorda infine che l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) nell'ultimo aggiornamento delle linee guida sulla qualità dell'aria⁸ ha ridotto il valore guida per l'ozono da 120 a 100 µg/m³, come media massima su 8 ore. Nonostante alcune evidenze sperimentali dimostrino che anche l'esposizione a lungo termine può avere effetti cronici sulla salute, l'OMS non ha per ora ritenuto di raccomandare un valore limite annuale per l'ozono.

ESAME DEI DATI

L'ozono, insieme al PM10 e al biossido di azoto, è uno degli inquinanti di maggiore rilevanza in Europa, con un gradiente che aumenta da nord a sud del continente e le cui concentrazioni più elevate si registrano nelle stazioni di monitoraggio dell'area mediterranea. In contrasto con gli altri parametri, le concentrazioni di ozono sono generalmente maggiori d'estate e nelle località rurali, minori d'inverno e nelle stazioni urbane e soprattutto in quelle di traffico⁹. Ciò dipende principalmente dalle modalità di formazione dell'ozono, influenzata positivamente da alcune variabili meteorologiche quali l'elevata radiazione solare e le alte temperature, e dalla concentrazione dei suoi precursori di origine antropica (es. benzene e toluene) o naturale (terpeni, alcani, alcheni etc.). Nelle stazioni di traffico il processo dominante è invece rappresentato dall'interazione tra ozono e ossidi di azoto; in particolare la reazione tra NO e ozono con formazione di NO₂ – la cosiddetta "NO_x titration" – contribuisce a diminuire la concentrazione di questo inquinante nei siti urbani maggiormente influenzati dal traffico veicolare.

Il rapporto dell'EEA uscito nel 2019¹⁰ - riferito tuttavia agli anni fino al 2016 – riconosce che ancora pochi risultati siano stati ottenuti per la riduzione dell'inquinamento da ozono sul territorio europeo, soprattutto nei centri urbani più congestionati e popolati. Le motivazioni sono molteplici e sono da collegare in parte alla complessità dei processi di formazione dell'ozono, in parte alla efficacia ridotta che le sole azioni locali hanno di incidere sulle concentrazioni di questo insidioso inquinante ubiquitario. In particolare, il rapporto EEA fa un focus sull'area del Mediterraneo, considerata la regione d'Europa più sensibile all'inquinamento da ozono a causa della grande produzione di precursori antropici, dell'alto numero di ore di sole all'anno e del particolare tipo di circolazione delle masse d'aria con frequenti condizioni di alta pressione soprattutto nel periodo estivo. Ma le soluzioni non sono facili da trovare e ancora oggi più del 95% della popolazione urbana in Europa continua ad essere esposta a valori di ozono oltre i limiti consigliati dall'OMS di 100 µg/m³ come media sulle 8 ore. La Città metropolitana di Torino (CMT) purtroppo non fa eccezione.

In TABELLA 11 sono riportati i superamenti della soglia di informazione - concentrazione oraria di 180 µg/m³ - degli ultimi 10 anni nell'area provinciale di Torino. Dall'analisi dei dati si rileva che nel 2018 a differenza degli ultimi anni di misurazioni, si sono verificati pochissimi superamenti della soglia di

⁸ WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide - Global update 2005

⁹ EEA Air quality in Europe – 2017 report, 38-40

¹⁰ EEA Air quality in Europe – 2018 report, 35-45

informazione per tutte le stazioni di misura. Stazioni normalmente critiche per questo parametro come Druento e Orbassano hanno raggiunto rispettivamente 3 e 9 superamenti. Tutte le altre stazioni presentano superamenti della soglia di informazione nulli o di poche unità.

Complessivamente sul territorio della Città Metropolitana nel 2018 ci sono stati solo 30 superamenti della soglia di informazione, quando nel triennio precedente – 2015-2017 - la media dei superamenti era stata di 175 unità. Il dato del 2018 sembra quindi rassicurante e molto positivo, tuttavia è necessario fare una precisazione doverosa sul rendimento strumentale degli analizzatori di ozono installati presso le stazioni di misura in oggetto.

Nella TABELLA 12 sono stati riportati i rendimenti strumentali di tutte le stazioni di misura per il periodo aprile-settembre, il più critico per l'ozono, quello in cui si concentrano di solito tutti i superamenti dei valori soglia e obiettivo. Come si può notare, nei mesi di maggio e giugno il rendimento degli strumenti di misura è stato spesso scarso, in media la percentuale di giorni di misura validi è stata inferiore al 70%, con punte del 23% per l'analizzatore di Vinovo a maggio e del 30% per gli strumenti di misura di Druento e Leinì a giugno. Il numero di superamenti della soglia di informazione per ciascuna stazione di misura (con la sola eccezione di Ivrea) risulta così in parte sottostimato.

Analizzando i dati più nel dettaglio è possibile comunque osservare un trend in diminuzione nel numero di superamenti della soglia di informazione, ad esempio il passaggio da 79 a 9 superamenti per la stazione di Orbassano dal 2017 al 2018 non può essere giustificato solo dal diminuito rendimento strumentale di un paio di mesi nel periodo critico, così come la diminuzione da 7 a 0 superamenti per Ivrea, che non è stata praticamente interessata dall'anomalia strumentale. D'altronde lo stesso rapporto EEA citato riconosce che nelle stazioni di misura dell'Unione sono soprattutto le concentrazioni di picco di ozono ad essersi abbassate e a seguire un costante trend in diminuzione negli ultimi due decenni.

A dimostrazione di quanto affermato nel rapporto EEA sulle concentrazioni di picco, la soglia di allarme di 240 come media oraria su tre ore consecutive non è stata superata in nessuna stazione di rilevamento del territorio della Città Metropolitana di Torino nel 2018, come già avvenuto nel triennio 2015-2017. Viene confermato quindi il trend positivo in atto dal 2008.

Bisognerà tuttavia tenere conto dell'insufficiente rendimento strumentale di maggio e/o giugno per la maggior parte delle stazioni di misura, nella valutazione degli altri indicatori analizzati nel seguito di questo capitolo.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2018 (% dati validi)	Soglia di informazione 180 µg/m ³ come media oraria Numero di superamenti									
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Baldissero	86%	26	4	4	12	16	14	26	1	3	0*
Borgaro	96%	0	0	0	2	0	2	32	15*	6	2
Ceresole	86%		8 ⁽¹⁾	4	5	6	0	0	1	1	0*
Chieri	83%	0	0		0 ^{(3)*}	0	9*	0	1	4*	0*
Druento	93%	45*	22	19	63	42	26	69	36	46	3
Ivrea	91%		0 ⁽²⁾	1	0	0*	1	4	0	7	0
Leinì	85%	1	1	4	0	0	2	3	4	1	0*
Orbassano	93%	2	0	6	14	4	7	68	39	79	9
Susa	93%	1	0	0	0	0	0	0	12	5	0
To-Lingotto	89%	2	0	1	3	0*	18	8	8	7	3*
To-Rubino	89%						6 ⁽⁴⁾	3	12	6	4*
Vinovo	88%	5	0	5	0	0	4	1	4*	12	9*

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

TABELLA 11: ozono, confronto con le soglie di informazione come da D.Lgs. n. 155/2010.

STAZIONE	Rendimento strumentale nel periodo aprile-settembre 2018 (%)					
	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre
Baldissero	87	68	53	100	100	97
Borgaro	100	94	57	100	100	100
Ceresole	100	94	40	100	100	100
Chieri	100	35	80	100	100	100
Druento	97	97	30	100	100	100
Ivrea	100	94	100	100	100	100
Leini	100	97	30	100	100	100
Orbassano	100	71	77	87	100	100
Susa	93	61	100	100	100	97
To-Lingotto	90	48	93	90	87	93
To-Rubino	100	39	87	94	100	100
Vinovo	83	23	73	94	100	100

TABELLA 12: ozono, rendimento strumentale nel periodo aprile-settembre 2018.

Un fattore di influenza sulle concentrazioni annuali e stagionali di ozono è rappresentato certamente dalla meteorologia. In Piemonte il 2018 è stato un anno molto caldo, come il 2017, il secondo più caldo dal 1958, con un'anomalia termica complessiva di +1,6 °C rispetto alla climatologia del periodo di riferimento (1971-2000). L'anomalia termica ha interessato quasi tutto l'annata con l'eccezione del mese di febbraio che è invece stato uno dei più freddi degli ultimi 61 anni. In particolare, nel trimestre giugno-agosto la temperatura è stata quasi sempre sopra la media, e i mesi di luglio e agosto sono stati i più caldi dell'anno. Qui, infatti, si sono concentrati dal 50 al 60% dei superamenti del valore obiettivo di 120 µg/m³. C'è stata tuttavia una sola breve ondata di calore in pianura tra fine luglio e inizio agosto, quando si è registrato il giorno più caldo dell'anno (31 luglio). Il mese di aprile, invece, è stato quello con il maggiore scostamento positivo di temperatura rispetto alla serie storica, +3,4 °C; infatti le concentrazioni di ozono nelle stazioni rurali hanno fatto registrare ad aprile alcuni superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana.

I due anni, 2017 e 2018, si differenziano invece profondamente per l'andamento delle precipitazioni. Mentre il 2017 è stato un anno molto secco, il 4° più secco dal 1958, con un deficit pluviometrico in tutto il Piemonte del 33% rispetto alla media, il 2018 è stato un anno molto umido, il 5° più piovoso in 61 anni di misurazioni. A marzo, aprile e soprattutto a maggio le precipitazioni sono state abbondanti, contribuendo con ogni probabilità alla diminuzione dei valori di concentrazione di ozono complessivi.

In TABELLA 13 e in TABELLA 14 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 di monitoraggio 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 consentiti. Il numero dei giorni di superamento va dai 29 della stazione di Ceresole Reale ai 79 della stazione di Orbassano, con una media della città Metropolitana di Torino di 49 superamenti, quasi il doppio di quelli ammessi dalla normativa, ma numero molto simile a quello registrato nel trimestre 2015-2017 (52 superamenti). Tuttavia, il valore mediato negli anni 2016-2018 presenta un lieve miglioramento rispetto al triennio precedente per quasi tutte le stazioni di monitoraggio. Fanno eccezione le stazioni di Orbassano e Susa per le quali il numero di giorni aumenta leggermente e la stazione di Vinovo per la quale l'aumento è invece più consistente – da 42 a 58 superamenti nel triennio 2016-2018.

Se si prendesse in considerazione con scopo puramente descrittivo il parametro "soglia del valore obiettivo" e cioè che il numero di superamenti del limite di 120 µg/m³ non debba essere superato più di 25 giorni nel corso di un unico anno solare, nel 2018 solamente due stazioni della CMT, Ceresole e Leini, lo rispetterebbero (FIGURA 14); nonostante i malfunzionamenti strumentali e l'annata mediamente piovosa. Di fatto alle nostre latitudini, spesso caratterizzate da estati calde e lunghi periodi di alta pressione, il limite normativo per la protezione della salute umana rappresenta ancora una sfida importante con cui le amministrazioni locali e nazionali devono confrontarsi.

La media degli ultimi cinque anni dell'AOT40 - valore obiettivo per la protezione della vegetazione - diminuisce rispetto al quinquennio 2013-2017 per tutte le stazioni di misura considerate: Baldissero, Ceresole e Druento. Dopo più di 5 anni di dati aggregati al quinquennio si può evidenziare in effetti

un trend in diminuzione di questo parametro per quasi tutte le stazioni considerate. In particolare, per la stazione di fondo più remota, sita a Ceresole Reale, dal 2014 la diminuzione del valore obiettivo per la protezione della vegetazione è stata costante e incisiva - da 31932 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ nel 2014 a 23159 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ nel 2018, avvicinandosi sempre più al limite stabilito dalla normativa italiana ed europea di 18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$.

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

STAZIONE	Valore obiettivo per la protezione della salute umana										
	Numero di giorni con la media massima, calcolata su 8 ore, superiore a 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	MEDIA 2016-2018
Baldissero	116	97	94	74	88	51	62	60	72	61*	64
Borgaro	35	52	46	41	27	10	71	51*	40	39	40
Ceresole		82 ⁽¹⁾	70	77	58	26	57	40	38	10*	29
Chieri	27	0		53 ⁽³⁾	36	41	73	52	56*	58*	55
Druento	52	59	93	87	72	21	59	59	54	49	54
Ivrea		53 ⁽²⁾	39	42	31*	19	61	24	48	44	39
Leini	61	62	70	37	34	8	39	45	34	23*	34
Orbassano	68	36	60	65	66	34	74	78	83	76	79
Susa	42	31	36	45	38	5	20	46	56	31	44
To-Lingotto	36	34	30	45	39*	43	57	44	38	47*	43
To-Rubino						18 ⁽⁴⁾	53	52	43	47*	47
Vinovo	86	37	71	64	47	13	31	42*	52	64*	58

(1) serie storica disponibile a partire dal 2010 (2) strumento operativo dal 25/01/2010
 (3) strumento operativo dal 17/02/2012 (4) strumento operativo dal 23/05/2013
 * la percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal DLgs 155/2010 (90%)

TABELLA 13: ozono, confronto con i valori bersaglio per la protezione della salute umana.

STAZIONE	DECRETO LEGISLATIVO n. 155/ del 13/08/2010										
	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione										
	AOT 40 (18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$)										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	MEDIA 2014-2018
Baldissero	44921	40260	30317	30256	38576	28525	36285	23327	32186	24211*	28907
Druento	25433	32365	31022	38098	32780	23341	36839	27031	33531	19952	28139
Ceresole	-	43125	27976	35311	30089	23159	32688	23285	25714	15148*	23159

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

TABELLA 14: ozono, confronto degli ultimi 5 anni con i valori bersaglio per la protezione della vegetazione.

**"soglia del valore obiettivo" ovvero superamenti annuali del valore obiettivo per la protezione della salute umana
(numero di giorni con la media massima, calcolata su 8 ore, superiore a 120 µg/m³)
anno 2018**

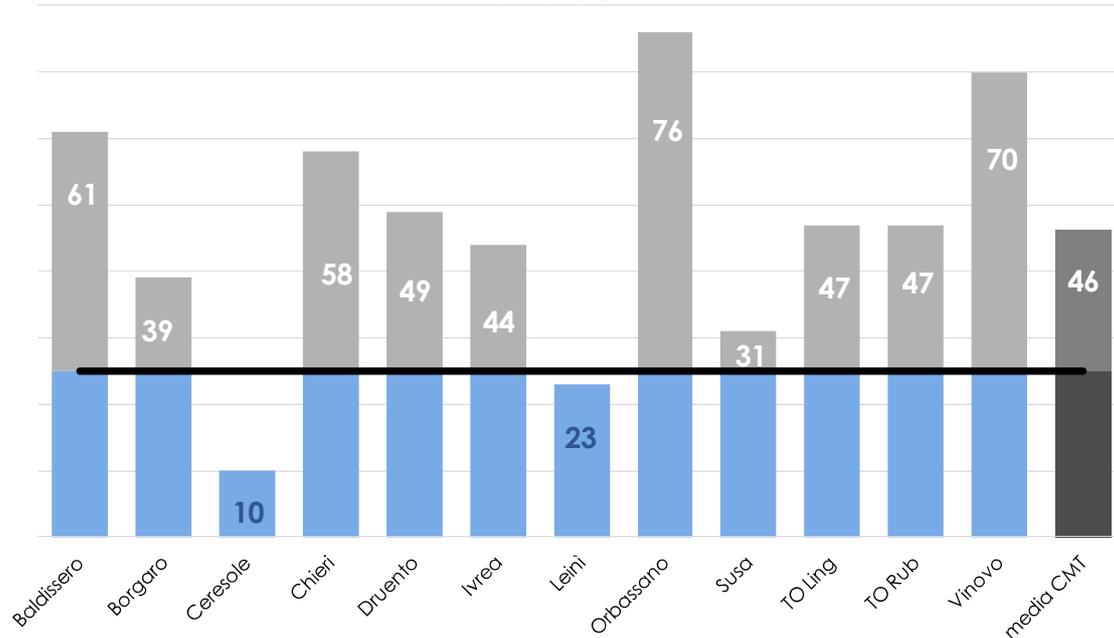


FIGURA 14: superamenti annuali del valore obiettivo di protezione della salute umana (CmT) – 2018.

In FIGURA 15 è riportata, per l'anno 2018, la distribuzione mensile dei superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana per tre stazioni: To-Lingotto, rappresentativa del fondo urbano, Baldissero Torinese e Ceresole, poste più in quota e rappresentative del fondo rurale. Il numero di giorni di superamenti del limite dei 120 µg/m³ per tutte le stazioni segue l'andamento della temperatura media mensile registrata nella stazione di To-Consolata. I superamenti cominciano ad aprile, mese molto caldo rispetto alla media del periodo di riferimento (+3,4°C) come si può osservare anche dal leggero picco nell'andamento della temperatura. Quindi i superamenti del limite di 120 µg/m³ seguono andamenti differenti. Per Ceresole Reale il massimo dei superamenti si registra proprio ad aprile e poi il numero diminuisce fino ad azzerarsi già ad agosto quanto le temperature sono ancora molto alte in pianura. Per le altre due stazioni di misura, Baldissero e To-Lingotto, invece, il numero dei superamenti segue l'andamento della temperatura media registrata a Torino: dopo la diminuzione in maggio, i superamenti aumentano progressivamente da giugno ad agosto, quando raggiungono il numero massimo – 18 superi per Baldissero e 15 per To-Lingotto.

Dal grafico di FIGURA 15 è ben evidente ancora una volta l'influenza della temperatura e quindi della radiazione solare sulla formazione di ozono troposferico. In generale le alte temperature dei mesi da giugno ad agosto hanno portato alla formazione di ozono troposferico e quindi ad un elevato numero di superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana soprattutto nella stazione rurale di Baldissero e di fondo urbano di To-Lingotto; non altrettanto si è verificato nella stazione rurale di Ceresole, dove, data l'elevata altitudine, non sono state raggiunte le stesse temperature elevate del torinese. Un aprile insolitamente caldo, poi, ha visto salire la concentrazione di ozono e aumentare il numero di superamenti del limite normativo sulle otto ore. Mentre un maggio particolarmente piovoso con una diminuita irradiazione solare ha registrato invece il più basso numero di superamenti del limite normativo nel periodo aprile – settembre 2018 (si deve comunque tenere sempre a mente la scarsa efficienza strumentale registrata tra maggio e giugno per buona parte delle stazioni di monitoraggio).

In definitiva il 2018 è stato un anno particolare dal punto di vista meteoroclimatico (FIGURA 16): molto caldo rispetto alla media degli ultimi 60 anni ma anche umido. In particolare, la temperatura media del periodo aprile-settembre è stata di 22 °C e cioè di 1 °C superiore alla media dei 10 anni precedenti. Mentre le precipitazioni del semestre caldo (611 mm) sono risultate tutto sommato in linea con la media dei dieci anni precedenti (594 mm) e concentrate soprattutto nel mese di maggio.

La FIGURA 17 mostra l'andamento delle concentrazioni di ozono nelle stazioni di To-Lingotto, Baldissero Torinese e Ceresole durante il semestre caldo degli anni dal 2008 al 2018. Per la stazione di Baldissero la concentrazione media del periodo aprile-settembre 2018 è di 100 µg/m³, valore di poco superiore alla media dei dieci anni precedenti (98 µg/m³), ma che rappresenta il valore più elevato degli ultimi 5 anni di misurazioni; si conferma quindi l'interruzione del leggero trend in discesa nelle concentrazioni annuali di ozono che era cominciato nel 2013. Anche per la stazione di To-Lingotto la concentrazione estiva media di ozono aumenta rispetto all'anno precedente, anche se di un solo microgrammo, e raggiunge i 69 µg/m³; d'altronde è da più di 10 anni che le concentrazioni medie annue di ozono nel comune di Torino rimangono stabili, oscillando sempre intorno al valore di 67 µg/m³ senza mostrare alcun reale andamento in diminuzione. La stazione di fondo rurale di Ceresole invece è l'unica a mostrare un trend in diminuzione dal 2010 - primo anno di misurazioni complete - al 2018, anno in cui la concentrazione nel periodo aprile-settembre (83 µg/m³) diminuisce sensibilmente rispetto al 2017 (90 µg/m³) e alla media dei sei anni precedenti (92 µg/m³) Si conferma quindi quanto affermato dall'EEA nei suoi report del 2017 e del 2018: negli ultimi anni di misura è stato possibile evidenziare un leggero e generalizzato calo nelle concentrazioni di ozono nelle stazioni rurali di tutto il territorio europeo. Nelle stazioni urbane, invece, fortemente influenzate dalla costante formazione di composti precursori dell'ozono quali VOC e ossidi di azoto, non si è assistito ad una significativa diminuzione delle concentrazioni soprattutto rispetto alle medie annuali o alla media del semestre caldo.

La criticità per l'ozono, inquinante ubiquitario e dalla genesi complessa, rimane dunque alta per la Città Metropolitana di Torino e per tutto il Nord Italia in generale, come riconosciuto dalla stessa Agenzia Europea dell'Ambiente. Purtroppo, a differenza di altri inquinanti, per i quali le politiche ambientali mirate hanno portato ad una diminuzione delle concentrazioni nel corso degli anni, nel caso dell'ozono gli effetti delle politiche volte alla riduzione dei precursori sono ancora poco evidenti. Il report EEA del 2018 in particolare riconosce che la migliore misura per ridurre l'inquinamento da ozono nelle aree urbane del territorio europeo è quella di effettuare interventi strutturali a lungo termine sulla riduzione permanente di VOC e NO_x, quali ad esempio la riduzione del consumo di energia, la produzione di motori migliori a più bassa emissione di ossidi di azoto per gli autoveicoli e l'introduzione di tariffe di ingresso nelle grandi aree metropolitane.

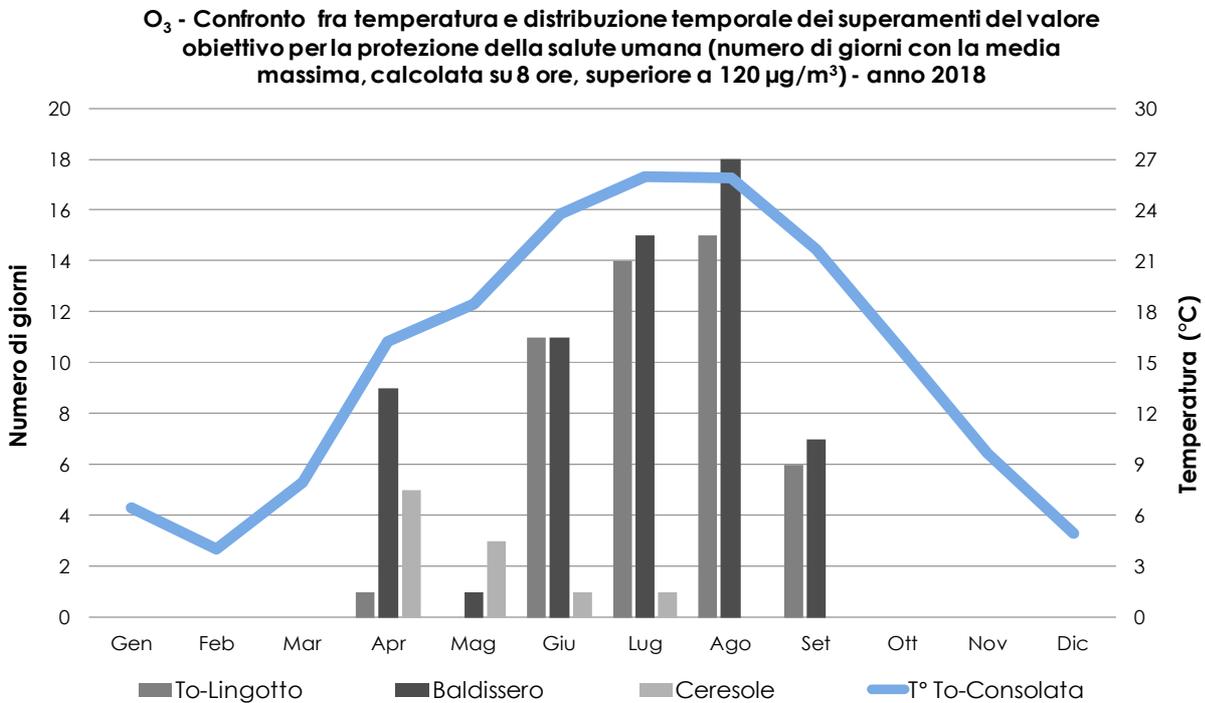


FIGURA 15: ozono - distribuzione temporale dei superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana per le stazioni di Torino-Lingotto, Baldissero Torinese e Ceresole, anno 2018.

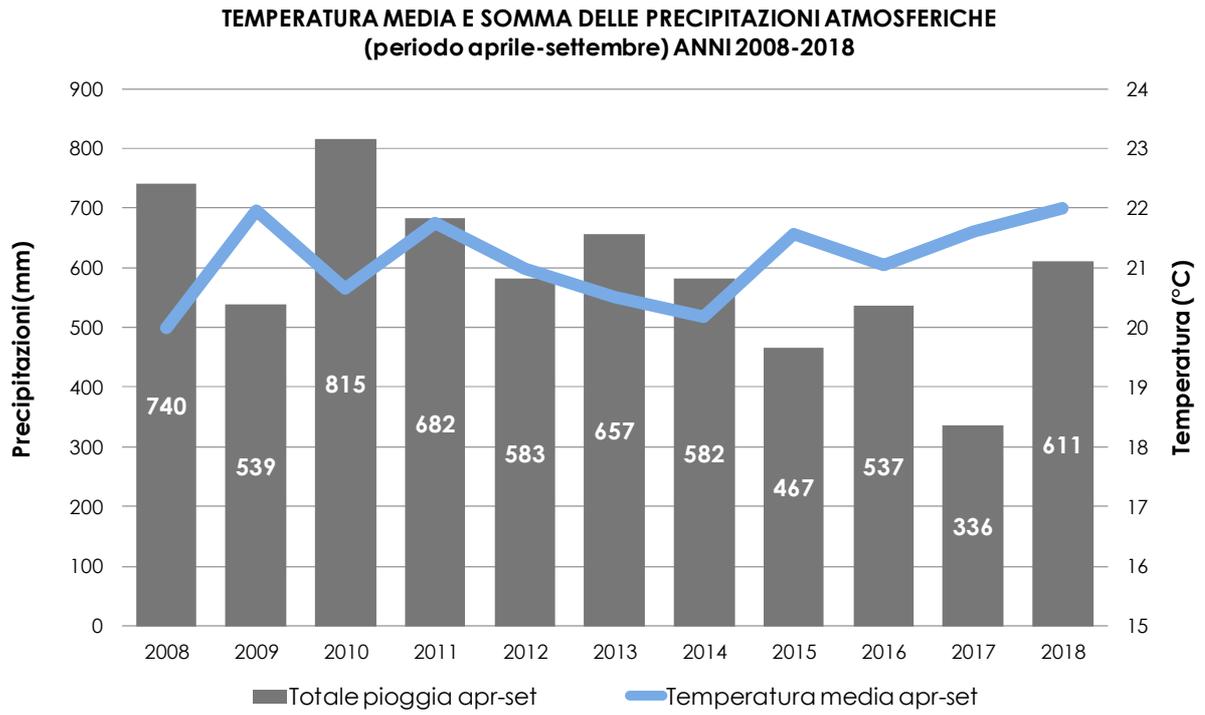


FIGURA 16: temperatura media e somma delle precipitazioni atmosferiche, nel periodo aprile-settembre, anni 2008-2018, stazione di To-Consolata.

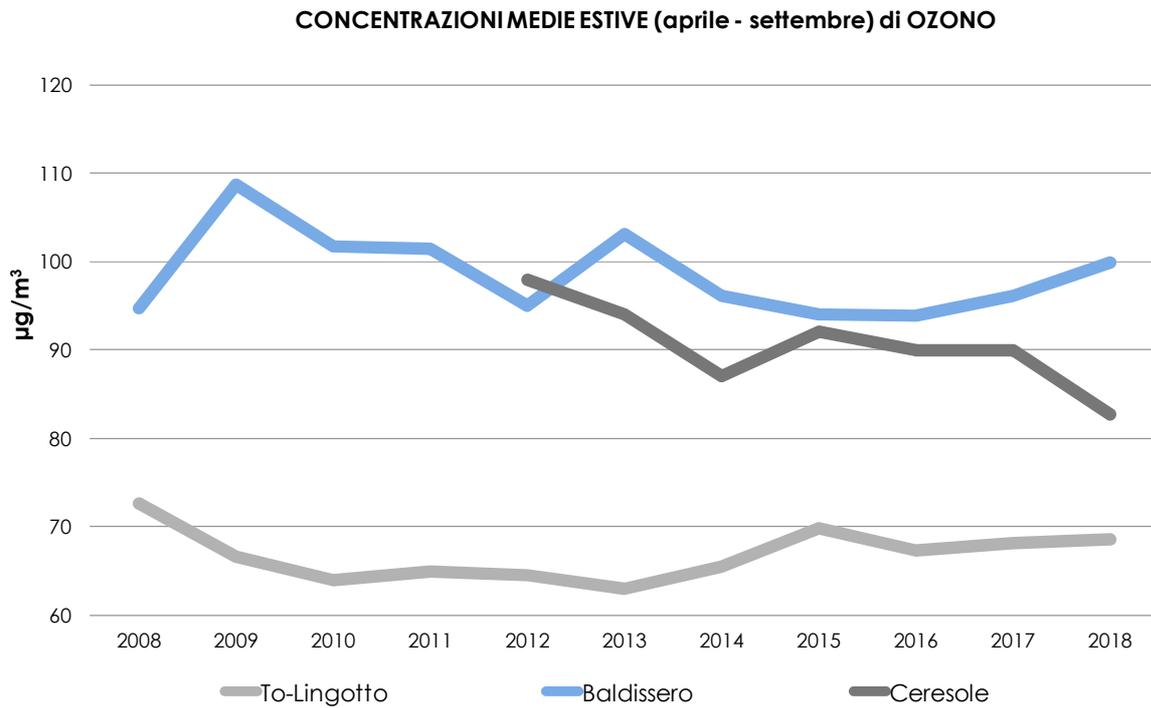


FIGURA 17: ozono, medie del periodo aprile-settembre dal 2008 al 2018.

BENZENE

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

A. Bertello, Città metropolitana di Torino.

DESCRIZIONE

Il benzene (C_6H_6) 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 1%.

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 $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di benzene per l'intera vita, quattro persone ogni milione sono sottoposte al rischio di contrarre la leucemia.

VALORE LIMITE		
Periodo medio	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data di entrata in vigore del valore limite
Anno civile	$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1 gennaio 2010

TABELLA 15: D.lgs. 155/2010, valori limite per il benzene.

ESAME DEI DATI

La FIGURA 18 18 mostra, a partire dal 1996, i valori medi annui di Benzene misurati dalle stazioni di To-Consolata. Dal 2004 il valore limite (pari a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale) è 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 con catalizzatore ossidante sul totale degli autoveicoli circolanti.

La TABELLA 16 16 evidenzia che le medie annuali del 2018 misurate in tutte le centraline della rete di monitoraggio sono ampiamente sotto il limite di legge, i valori misurati negli ultimi anni sono sostanzialmente stabili e si attestano su concentrazioni inferiori alla metà del valore limite. Il 2018 presenta un'ulteriore e significativa riduzione in tutti siti di monitoraggio. Tutte le misure sembrano assestarsi su un valore di fondo pari a circa $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di media annuale. Solo il sito di traffico di To-Rebaudengo presenta una concentrazione media annuale lievemente più alta, pari a $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I dati misurati confermano che il parametro benzene sia efficacemente sotto controllo.

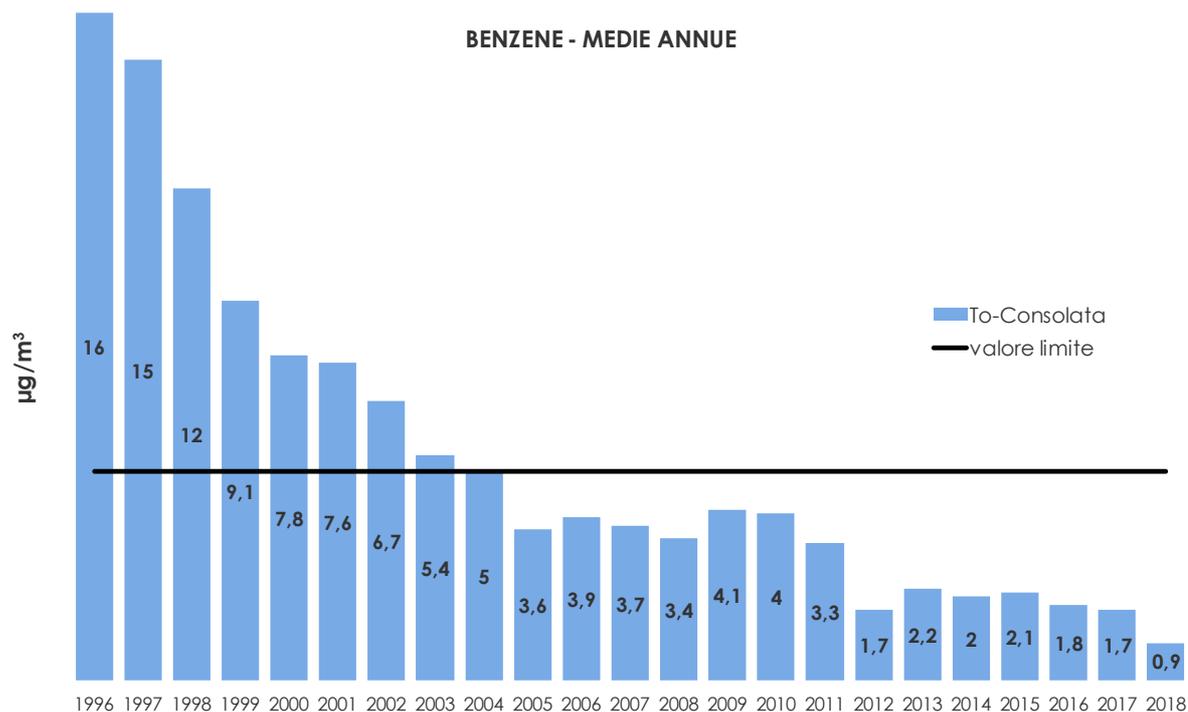


FIGURA 18: concentrazioni medie annue di benzene rilevate negli anni 1996-2018.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2018 (% dati validi)	VALORE MEDIO ANNUO									
		Valore limite annuale: 5 µg/m³									
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Beinasco (TRM)	93%					2,2*	2,1*	1,3	1,3	1,3	1
Borgaro T.se	94%					1,5	1,4	1,3	1,2	1,3	1,1
Settimo T.se	96%					2,0	2,1	2,3	2,1*	1,6*	0,9
To-Consolata	94%	4,1	4	3,3	1,7	2,2	2,0	2,1	1,8	1,7	0,9
To-Lingotto	83%				1,3	1,2*	1,0	1,1*	1,1*	1,1*	1*
To-Rebaudengo	91%				2,0	2,0	2,4*	2,6	2,1	2,3	1,5
To-Rubino	95%		3,3	2,7	2,6	2,5	2,2	2,1*	1,6	1,3	1,1
Vinovo	91%				1,2	1,7*	1,2*	1,6	1,4	1,5	1,1

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

TABELLA 16: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il benzene.

PARTICOLATO SOSPESO

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

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

DESCRIZIONE

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

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

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

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

I valori limite sono riportati nella TABELLA 17.

PM10 VALORE LIMITE		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data di entrata in vigore del valore limite
24 ore	50 µg/m ³ PM10 non superare più di 35 volte per anno civile	1 gennaio 2005
Anno civile	40 µg/m ³ PM10	1 gennaio 2005
PM2,5 FASE 1 ¹¹ - VALORE LIMITE		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data di entrata in vigore del valore limite
Anno civile	25 µg/m ³ PM2,5	1 gennaio 2015

TABELLA 17: D.Lgs. 13/8/2010 n. 155, valori limite per il PM10 e il PM2,5.

FRAZIONE PM10 E PM2,5

I dati di particolato nel 2018 mostrano valori in diminuzione rispetto all'anno precedente, sia per i valori medi annuali, sia per il numero di superamenti del valore limite di 24 ore. Per la prima volta in 19 anni di monitoraggio il valore limite annuale è stato rispettato in tutte le stazioni del territorio della Città Metropolitana, così come nel restante territorio regionale. Dal punto di vista climatico l'anno 2018 in Piemonte è stato il 2° più caldo degli ultimi 61 anni, con un'anomalia termica media di circa +1.6 °C rispetto alla climatologia del periodo 1971-2000. In particolare le temperature minime sono state le più calde dell'intero periodo di osservazione, sullo stesso livello di quelle registrate nel 2015.

Importante è stato l'apporto delle precipitazioni che, con circa 1400 mm medi sulla regione, posizionano il 2018 come il 5° anno più piovoso degli ultimi 61, con un surplus pluviometrico del 32% rispetto alla norma 1971-2000, decisamente all'opposto rispetto al 2017 (-33%).

Un rilevante contributo all'anomalia pluviometrica positiva è stato dato dal periodo di prolungato maltempo dei giorni 27 ottobre-7 novembre 2018.¹²

¹¹ Il Decreto Legislativo 155/2010, che ha sostituito il DM 60/2002, ha poi previsto una fase 2 per il PM2,5, da raggiungere entro il 2020, con un valore limite più restrittivo che sarà stabilito con successivo decreto, tenuto conto del valore indicativo di 20 µg/m³ e delle verifiche effettuate dalla Commissione Europea alla luce di ulteriori informazioni circa le conseguenze sulla salute e sull'ambiente, la fattibilità tecnica e l'esperienza circa il perseguimento del valore obiettivo negli Stati membri.

Il numero di occorrenze di giorni favorevoli all'accumulo di PM10 nel 2018 è stato pari a 107 giorni, valore più basso della serie storica disponibile. L'andamento mensile dell'indice evidenzia che i mesi di gennaio, febbraio e novembre si collocano sui valori inferiori della distribuzione del periodo 2006-2017. Il mese di Dicembre è l'unico a presentare una criticità accentuata rispetto al valore mediano.

In FIGURA 19 si osserva che il valore limite annuale di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ è stato rispettato in tutte le stazioni del territorio della Città Metropolitana, nella stazione di To-Grassi la media annuale è pari al valore limite. Considerando l'insieme delle stazioni metropolitane esistenti e con dati validi in entrambi gli anni 2017-2018, si osserva un decremento delle concentrazioni medie del 18% rispetto al 2017.

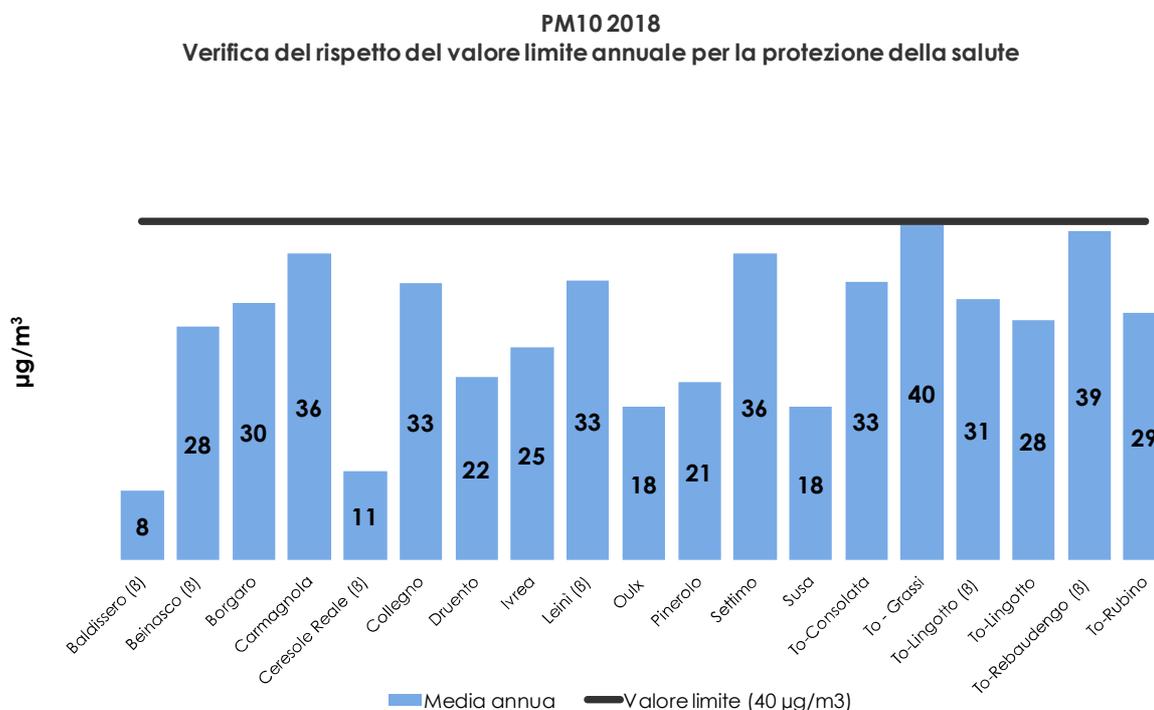


FIGURA 19: valore medio annuale misurato presso le stazioni di monitoraggio metropolitane.

In FIGURA 20 sono riportate le medie mensili per tre stazioni rappresentative della rete metropolitana; le concentrazioni maggiori si misurano in inverno, periodo in cui si aggiungono le emissioni degli impianti di riscaldamento e contemporaneamente si verificano le condizioni meteorologiche più sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti. Nel 2018 i mesi più critici sono stati gennaio e dicembre, quest'ultimo il mese più siccitoso dell'anno. Nei mesi da aprile a settembre prevalgono condizioni di instabilità atmosferica favorevoli alla dispersione degli inquinanti, per cui anche nelle stazioni più critiche i valori medi mensili risultano al di sotto o nell'intorno dei 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Il Decreto Legislativo 155/2010 stabilisce anche un limite giornaliero (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e un numero massimo di superamenti di tale valore nel corso dell'anno, pari a 35. Tale limite risulta più stringente di quello annuale¹³ e pertanto nella maggior parte delle stazioni non è rispettato (FIGURA 21). Il numero maggiore di superamenti del limite giornaliero si è verificato a To-Rebaudengo ed è stato pari a 87, seguita da To-Grassi con 76 superamenti, entrambe stazioni di traffico, ma anche nella stazione di fondo urbano di To-Lingotto (beta) la situazione si mostra critica con 45 superamenti.

A To-Rubino il valore limite viene rispettato, ma il rendimento strumentale è stato poco al di sotto del 90%. Se si adottasse il 90,4 percentile come indicatore per la verifica del rispetto del valore limite giornaliero del PM10, come nel caso delle misure discontinue (che deve essere inferiore o uguale a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, secondo quanto dettato dal D.Lgs. 155/2010) si suppone che il limite sarebbe stato superato, poiché il 90,4 percentile è stato di 54.

Al di fuori della città di Torino le stazioni più critiche sono quelle di Carmagnola (69 superamenti), Settimo Torinese (65 superamenti) e Collegno (56 superamenti).

¹² Arpa Piemonte Sistemi Previsionali, Il clima in Piemonte - Anno 2018

¹³ Si veda il capitolo Analisi del rapporto di correlazione fra media annuale e numero di superamenti del valore limite per il particolato pm10 – la situazione nella città metropolitana di torino nel quadro europeo, Uno sguardo all'aria 2014

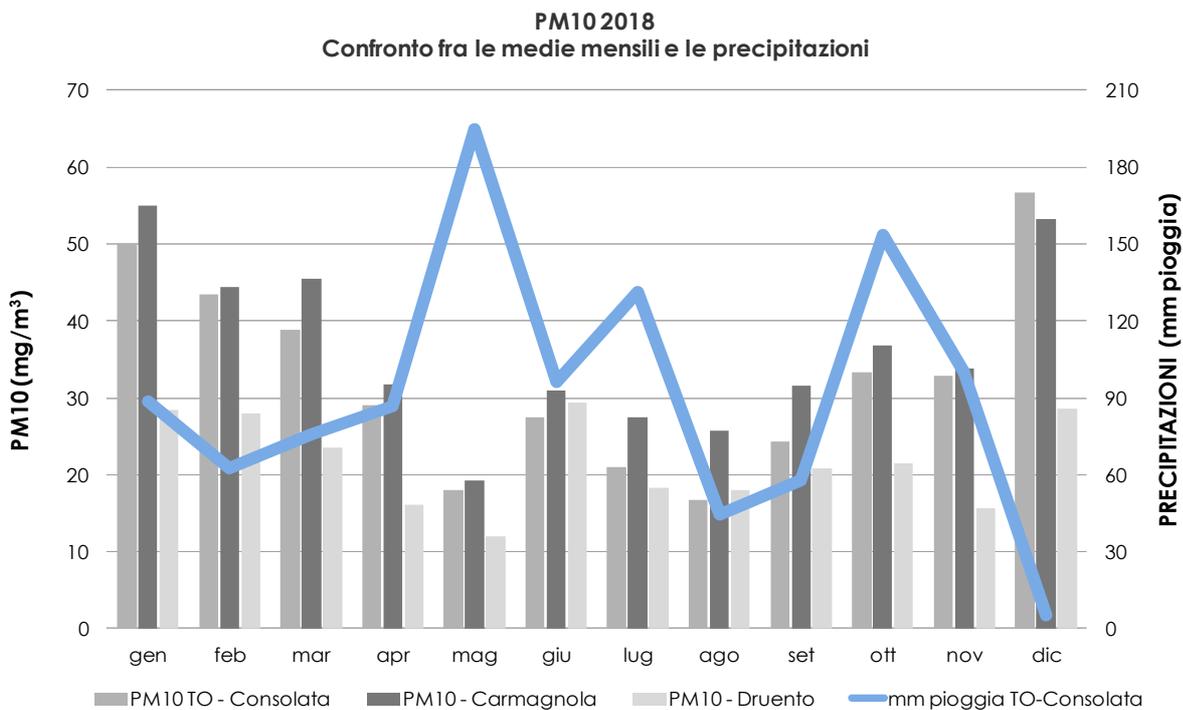


FIGURA 20: andamento delle precipitazioni atmosferiche e delle concentrazioni di PM10 in alcune stazioni della città metropolitana di Torino nell'anno 2018.

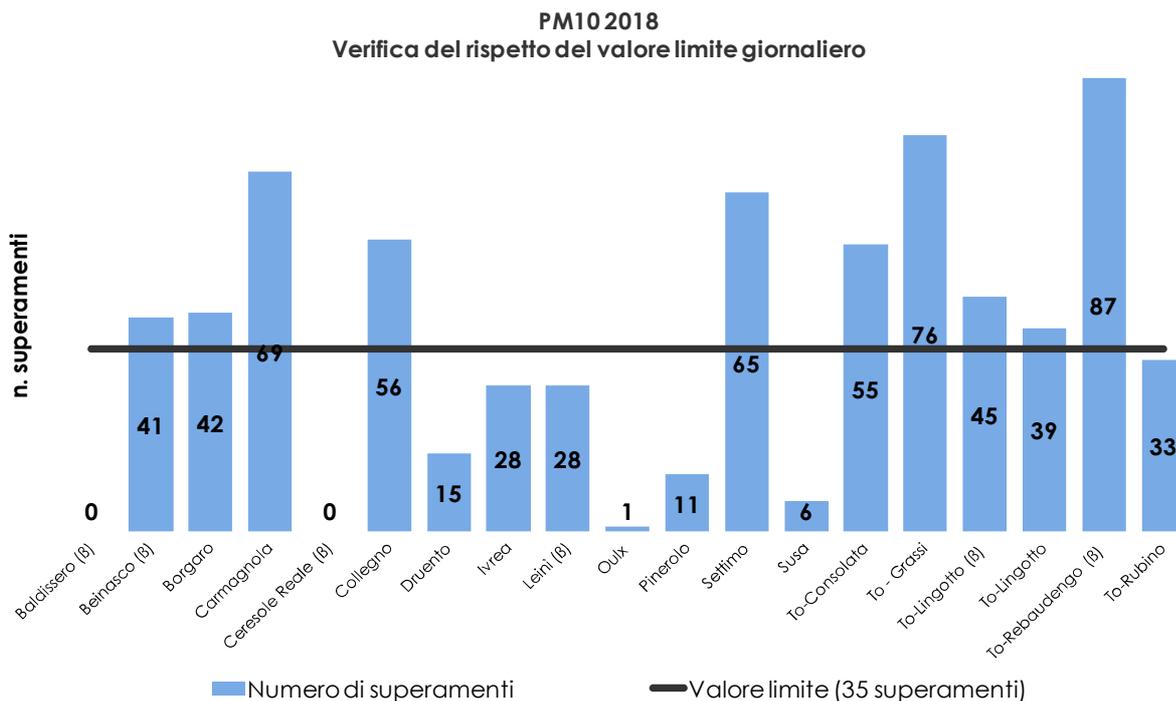


FIGURA 21: parametro PM10, numero di superamenti del limite di 24 ore per la protezione della salute (50 µg/m³ come media giornaliera).

Negli ultimi anni la normativa ha preso in considerazione anche le particelle di minori dimensioni e il Decreto Legislativo 155/2010 ha introdotto un valore limite per il PM2,5 (la cosiddetta frazione fine del particolato) pari a 25 µg/m³ come media annua da raggiungere entro il 1 gennaio 2015. La direttiva europea sulla qualità dell'aria ambiente ha inoltre stabilito un obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione umana per il PM2,5 basato sull'indicatore di esposizione media (IEM), valido a livello nazionale. L'IEM è un livello medio di concentrazioni (sulla base di 3 anni di dati), misurato in stazioni di monitoraggio di fondo urbano (rappresentanti dell'esposizione della popolazione urbana in generale) selezionate in ogni Stato Membro. Il DM 13.3.2013 ha scelto 23 stazioni tra le quali anche quella di To-Lingotto per valutare se l'obiettivo nazionale di riduzione

dell'esposizione è stato raggiunto. L'EM serve anche per stabilire se l'obbligo di concentrazione dell'esposizione, stabilito a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da raggiungere entro l'anno 2015, sia stato rispettato.

La rete della città metropolitana di Torino nel corso degli anni è stata arricchita di numerosi campionatori, infatti oltre a quelli "storici" delle stazioni di To-Lingotto e Leinì, attivi da tredici anni, attualmente il monitoraggio del PM_{2,5} avviene in ulteriori sette siti, scelti per rappresentare varie situazioni emissive (TABELLA 18). Da settembre 2012 inoltre Arpa Piemonte gestisce la stazione di Beinasco-Aldo Mei, di proprietà TRM, installata per monitorare la zona di massima ricaduta dell'inceneritore. Dal 2014 si è aggiunta la stazione di To-Rebaudengo.

Rispetto al 2017 la concentrazione media di PM_{2,5} su base annuale è diminuito ed il valore limite è stato rispettato in tutte le stazioni. Il trend su lungo periodo è decrescente per tutte le stazioni. La stazione di Ceresole invece rappresenta un'area rurale non soggetta ad emissioni antropiche e pertanto ha valori minimi.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2018 (% giorni validi)	PM _{2,5} - VALORE MEDIO ANNUO									
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Beinasco - TRM (β)	97%	-	-	-	38*	25	23	26	23	26	20
Borgaro	96%	-	25*	33	31	27	23	26	23	27	22
Ceresole Reale (β)	78%	-	-	-	5*	5*	4	6*	7	9	8*
Chieri	91%	-	-	-	43*	28	22	24	22	27	22
Ivrea	89%	-	-	28*	27	24*	19*	24	20	24	19*
Leinì (β)	55%	34*	29*	29*	29*	26	22	30	24	26*	17*
Settimo	96%	-	-	-	37	33	26	31	26	30	24
To-Lingotto	89%	33	29	35	33	29	24	27*	23	27	21*
To-Rebaudengo (β)	91%	-	-	-	-	-	25*	27*	29*	33	25

(*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 18: parametro PM_{2,5}, valutazione statistica anni 2009-2018.

In FIGURA 22 sono riportati i valori mensili di PM_{2,5} a confronto con quelli di PM₁₀ a To-Lingotto, prendendo in considerazione solo i giorni in cui entrambi gli strumenti erano funzionanti.

In questa stazione, ed in generale in quelle di fondo urbano, la frazione più fine incide mediamente in maniera maggiore nei mesi freddi, mentre nei mesi estivi è percentualmente meno alta rispetto al PM₁₀. Nel 2018 nella stazione di To-Lingotto questa differenza è meno marcata ed il PM_{2,5} costituisce in media circa il 75% del PM₁₀ nel semestre freddo e il 73% nel semestre caldo.

PM₁₀ E PM_{2,5} CONFRONTO DELLE MEDIE MENSILI
Stazione di Torino Lingotto - anno 2018

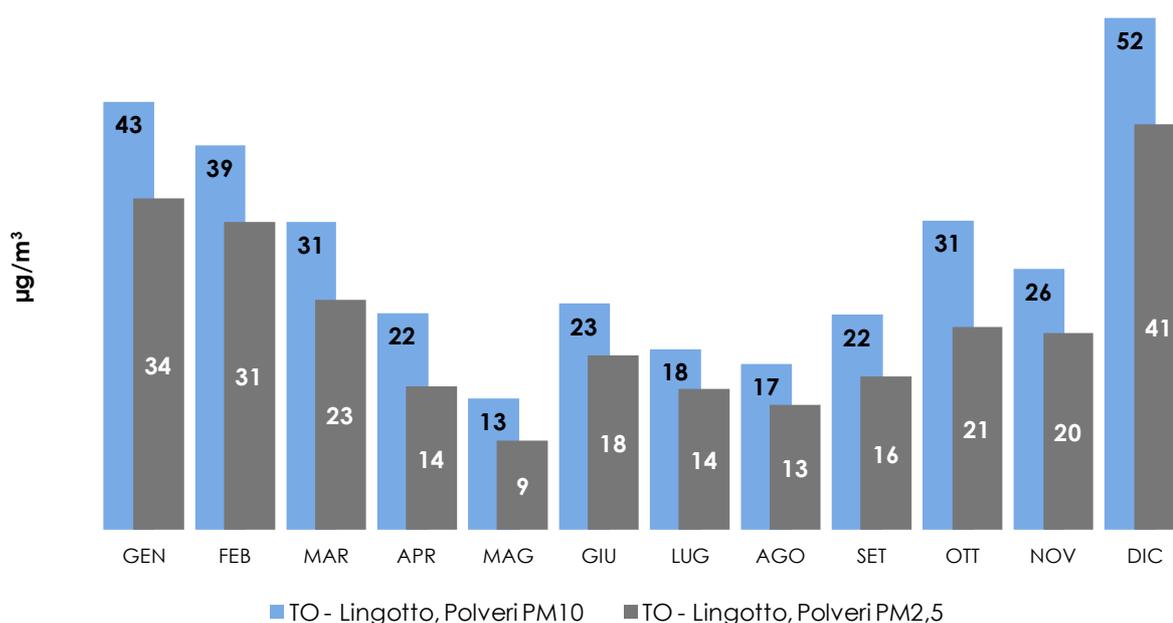


FIGURA 22: confronto tra PM_{2,5} e PM₁₀ presso la stazione di To-Lingotto.

Tale fenomeno, confermato dalle analisi sulla serie storica, è attribuibile al fatto che la componente secondaria del particolato si concentra maggiormente nella frazione PM_{2,5} ed è maggiore in periodo invernale rispetto a quello estivo. Da analisi eseguite in un sito urbano nell'area metropolitana torinese è risultato che nel periodo freddo la componente secondaria rappresenta il 61 % del PM_{2,5}, mentre nel periodo caldo cala al 49,5%¹⁴.

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 particolato¹⁵. Nei mesi freddi aumenta inoltre l'emissione di ossidi di azoto a causa dell'accensione degli impianti di riscaldamento e sono meno intensi i processi di fotolisi dell'acido nitrico aerodisperso, la cui presenza è necessaria alla formazione dei nitrati in fase particellare.

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

Il ruolo dell'irraggiamento solare quale fattore influenzante la formazione del particolato più fine è più evidente nella stazione di Ceresole Reale, lontana da fonti di emissione e posta a una quota più elevata dell'altezza dello strato rimescolato invernale, da cui hanno origine le elevate concentrazioni del particolato misurate in pianura durante i mesi freddi. In questa stazione si osserva che l'andamento delle medie mensili è opposto a quello delle stazioni collocate in ambiti urbani di pianura: mentre in queste ultime i valori massimi di PM₁₀ e PM_{2,5} si registrano in inverno, a Ceresole i valori mensili massimi solitamente si verificano nella stagione estiva, in corrispondenza della massima insolazione. Nel 2018 le massime medie mensili si sono registrate a giugno- luglio ed ottobre, ed in generale i valori medi mensili si collocano tra i massimi del periodo 2010-2017, ad eccezione dei mesi di novembre e dicembre, come si può osservare in FIGURA 23, dove è rappresentato un confronto con le medie mensili registrate negli anni 2010-2017.

¹⁴ Arpa Piemonte, Dipartimento Provinciale di Torino "Progetto di studio delle sorgenti di inquinamento atmosferico nel territorio circostante la centrale termoelettrica di IRIDE "Torino Nord", maggio 2013

¹⁵ 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

**PM10 (Beta) - MEDIE MENSILI A CERESOLE REALE
CONFRONTO ANNO 2018 CON ANNI 2010-2017**

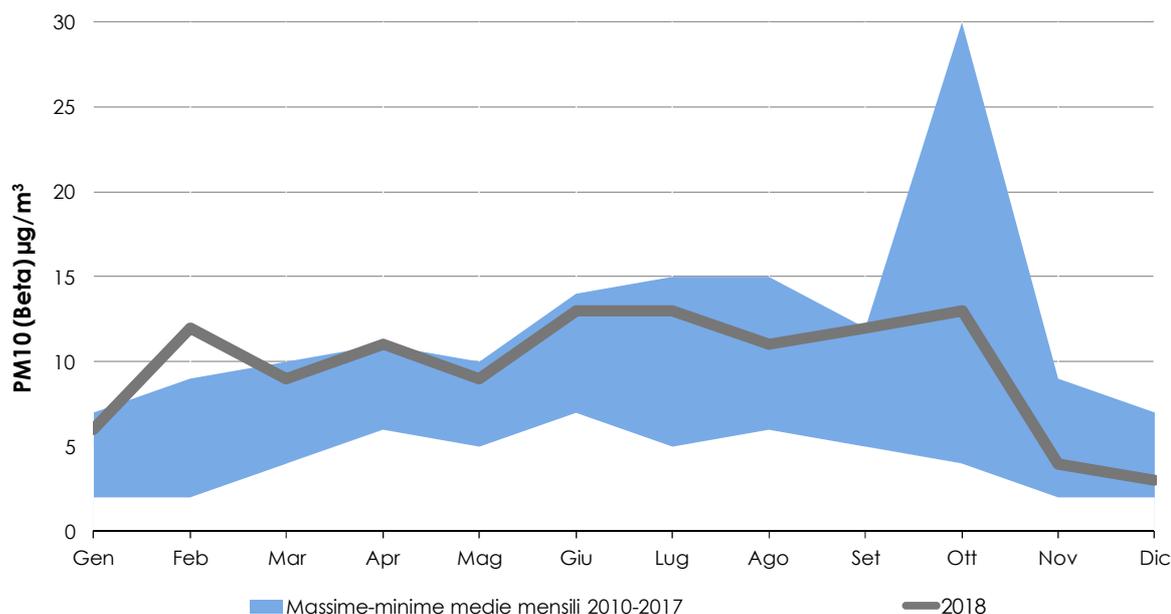


FIGURA 23: confronto tra le medie mensili di PM10 nel 2018 con le medie 2010-2017 presso la stazione di Ceresole Reale.

ANALISI DELLE SERIE STORICHE DI PARTICOLATO IN DUE SITI URBANI DI TRAFFICO E DI BACKGROUND.

E' possibile osservare, da un punto di vista qualitativo, un andamento decrescente delle medie annuali nelle stazioni di monitoraggio provinciali più critiche, per le quali la serie storica è quasi ventennale (dal 2000, FIGURA 24), ma un approccio di tipo statistico consente di stimare numericamente un trend e la sua significatività. Per questo è stato scelto il metodo Theil-Sen^{16,17}, utilizzato nel pacchetto software openair¹⁸, il cui vantaggio è che produce intervalli di confidenza accurati anche quando i dati non sono distribuiti normalmente e in caso di varianza dell'errore non costante. Inoltre, è un metodo robusto rispetto agli outliers (eventuali valori anomali).

Le serie storiche di dati giornalieri scelte per poter effettuare la stima sono quelle di To-Consolata, stazione di traffico nel centro di Torino, e di Borgaro, stazione di fondo collocata in un'area di verde pubblico, non direttamente esposta a sorgenti emmissive, e quindi rappresentativa dell'esposizione media della popolazione agli inquinanti atmosferici. Il trend è stato valutato dopo avere rimosso la componente stagionale dalla serie di dati.

Le medie mensili destagionalizzate del PM10 sono rappresentate in FIGURA25 per la stazione di To-Consolata (periodo 2000-2018) e in FIGURA 26 per la stazione di Borgaro Torinese (periodo dal 2002 al 2018). La linea rossa continua indica il trend stimato e le due linee rosse tratteggiate l'intervallo di confidenza al 95%. Il valore complessivo del trend, in µg/m³ per anno, è indicato in alto e tra parentesi è l'intervallo di confidenza.

L'analisi di trend evidenzia una riduzione nelle concentrazioni di PM10 per entrambi i siti, con elevata significatività statistica ($p < 0,001$); la riduzione più marcata è per To-Consolata, che mostra un trend complessivo di $-1,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ all'anno, mentre per la stazione di Borgaro la riduzione è limitata a $0,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ all'anno.

¹⁶ Theil, H., 1950. "A rank invariant method of linear and polynomial regression analysis, i, ii, iii." Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie Wetenschappen, Series A - Mathematical Sciences 53, 386-392, 521-525, 1397-1412.

¹⁷ Sen, P. K., 1968. "Estimates of regression coefficient based on Kendall's tau." Journal of the American Statistical Association 63(324).

¹⁸ Carlaw DC and Ropkins K (2012). "openair — An R package for air quality data analysis." Environmental Modelling & Software, 27-28(0), pp. 52-61. ISSN 1364-8152, doi: 10.1016/j.envsoft.2011.09.008.

PM10 - ANDAMENTO STORICO DEL VALORE MEDIO ANNUALE
stazioni di To-Consolata e To-Grassi (To-Rebaudengo per l'anno 2015)

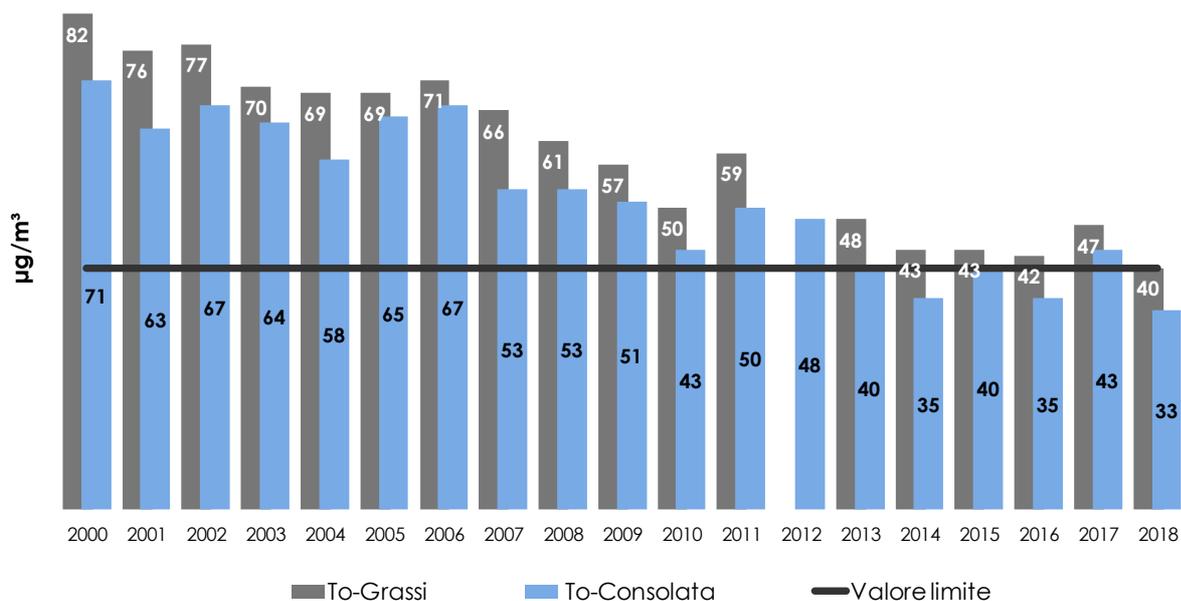


FIGURA 24: parametro PM10, concentrazioni medie annue rilevate nella città di Torino nel periodo 2000-2018 (per l'anno 2015 il dato è relativo a To-Rebaudengo).

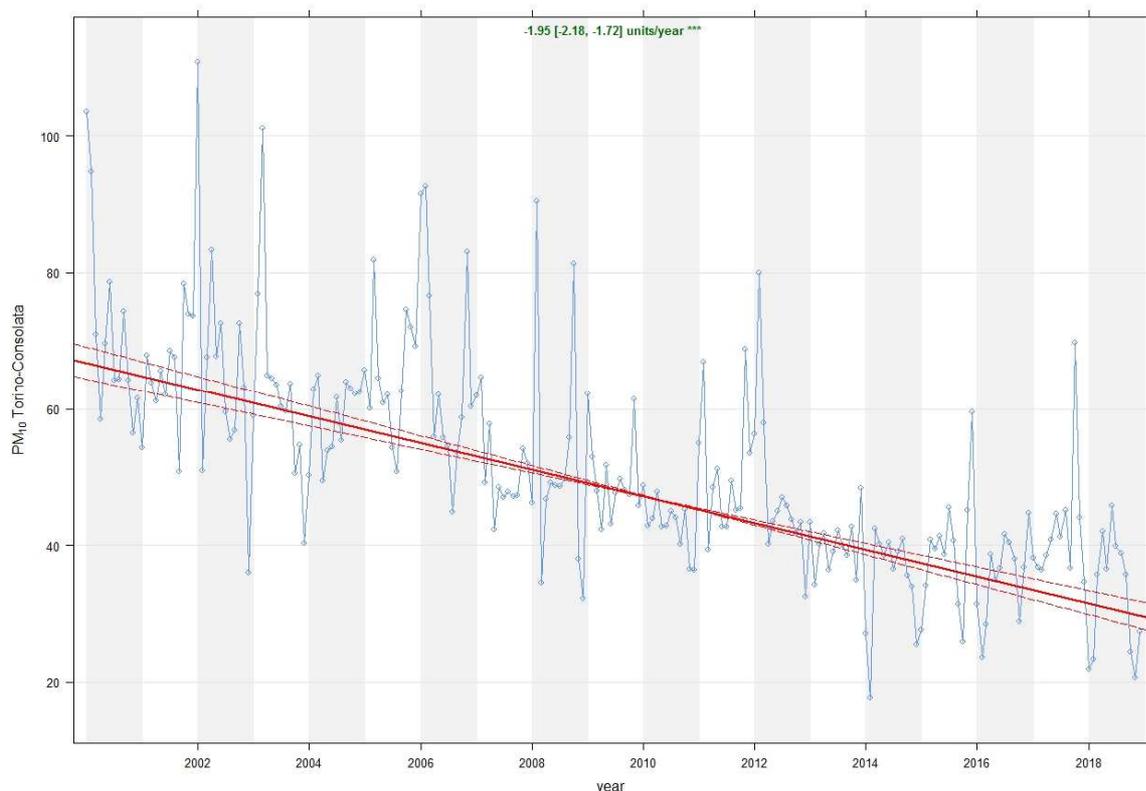


FIGURA25: stima del trend dal 2000 al 2018 delle concentrazioni giornaliere di PM10, per la stazione di To_Consolata (significatività statistica: $p < 0,001 = ***$, $p < 0,01 = **$, $p < 0,05 = *$ e $p < 0,1 = +$).

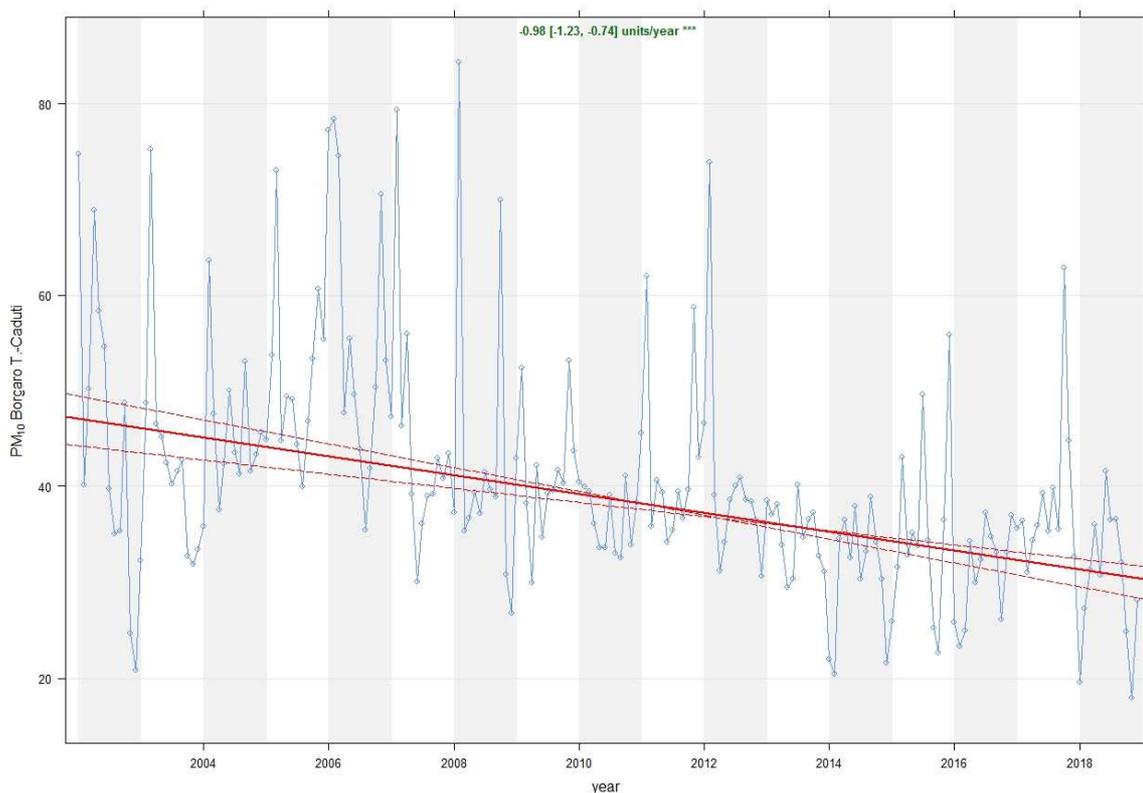


FIGURA 26: stima del trend dal 2002 al 2018 delle concentrazioni giornaliere di PM10, per la stazione di Borgaro Torinese (significatività statistica: $p < 0,001 = ***$, $p < 0,01 = **$, $p < 0,05 = *$ e $p < 0,1 = +$).

L'ANDAMENTO ORARIO DEL PARTICOLATO IN DUE SITI URBANI DI TRAFFICO E DI BACKGROUND.

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

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

Il valore di PM10 ottenuto dall'analizzatore beta in via Rubino è stato mediato a livello giornaliero e confrontato con le concentrazioni ottenute utilizzando il campionatore di riferimento europeo, che si basa sulla pesata in laboratorio dei filtri campionati. I risultati del 2018, come nei quattro anni precedenti, indicano un'ottima correlazione dei dati giornalieri e confermano la validità del dato acquisito dall'analizzatore automatico (FIGURA 27), seppure a fronte di una sottostima delle concentrazioni dell'ordine del 9%¹⁹.

In FIGURA 28 si possono confrontare gli andamenti delle medie orarie di PM10 e PM2,5 nel giorno tipo annuale. Come si può osservare, l'andamento del PM10 in piazza Rebaudengo presenta due massimi alle 9 del mattino e alle 22-23 con valori intorno ai 50 e 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ rispettivamente. I minimi hanno intorno alle 5-6 del mattino, quando le emissioni sono meno intense, e intorno alle 16, quando per la maggiore temperatura atmosferica si verifica il maggiore rimescolamento delle

¹⁹ Nelle condizioni di misura tipiche della Pianura Padana, in cui gli episodi di picco di particolato aerodisperso sono caratterizzati da una elevata componente secondaria, gli analizzatori a radiazione beta possono presentare sottostime del valore di PM10 a causa della perdita di composti semivolatili (in particolare nitrato d'ammonio) dovuta al riscaldamento dello strumento. Poiché di norma tali composti sono tanto più presenti quanto maggiore è il valore di concentrazione, la sottostima risulta percentualmente maggiore in presenza di concentrazioni più elevate.

masse d'aria atmosferica e quindi la maggiore diluizione degli inquinanti. Il PM_{2,5} presenta un andamento analogo con picchi alle 9 e alle 21-22, pari a 44 e 35 µg/m³. L'andamento del biossido di azoto, anch'esso inquinante di natura prevalentemente secondaria, presenta i massimi anticipati di un'ora rispetto al particolato (FIGURA 29). Inoltre il massimo assoluto si registra in ore serali, quando in assenza di radiazione solare, è sfavorita la fotolisi del biossido di azoto a monossido e le condizioni atmosferiche sono di maggiore stabilità. Invece per il particolato il picco mattutino è superiore a quello serale (FIGURA 30), come avvenuto nel 2016 e 2017, ma non nel 2015, quando i due picchi mattutino e serale presentavano una concentrazione praticamente identica. La presenza di valori alti notturni è strettamente dipendente dalle condizioni di stabilità atmosferica; quando si verificano frequenti inversioni termiche notturne e se l'inversione avviene anche nelle ore diurne può capitare che i picchi serali siano superiori a quelli mattutini. Il fenomeno è stato particolarmente evidente nell'ultimo trimestre dell'anno 2015.

Come detto la stazione di To-Rubino è meno soggetta a fonti primarie di emissione, e questo si manifesta nei valori di particolato misurati, che sono inferiori a quelli di To-Rebaudengo. C'è inoltre una certa differenza nel profilo del giorno tipo, che presenta valori molto più costanti nella giornata. Si può notare, inoltre, nel profilo del PM₁₀, che i valori dall'una alle 7 del mattino sono molto simili nelle due stazioni, nonostante la citata differenza nell'ubicazione delle stesse. Una possibile spiegazione al fenomeno sulla persistenza di alti valori notturni può essere il meccanismo di accrescimento delle particelle, che di notte aumentano la propria dimensione in conseguenza della condensazione sulla propria superficie dei precursori gassosi, favorita dalla diminuzione della temperatura. Inoltre, come descritto nel capitolo "La concentrazione numerica di particelle ultrafini nell'area metropolitana torinese", il numero di particelle progressivamente diminuisce a seguito della coagulazione per collisione tra loro, mentre aumenta la loro massa e quindi aumentano i valori di PM_{2,5} misurati, soprattutto in condizioni di alta stabilità atmosferica.

I minimi orari per il PM₁₀ e il PM_{2,5} di To-Rubino (27 e 21 µg/m³) si verificano alle 6 e nel pomeriggio alle 15-16 in corrispondenza alle ore di maggiore rimescolamento atmosferico e rappresentano concentrazioni di fondo urbano che è molto difficile ridurre, se non con interventi drastici per il contenimento delle emissioni di particolato primario e dei precursori gassosi del particolato.

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

I valori invernali di PM₁₀ e PM_{2,5} sono circa il doppio di quelli estivi; la differenza maggiore tra estate ed inverno si verifica per il PM_{2,5} di To-Rubino, dove i valori invernali sono 2,2 volte quelli estivi. Il giorno tipo del PM_{2,5} e PM₁₀ in piazza Rebaudengo presenta un andamento pressoché identico nei due periodi e mostra infatti il classico doppio picco mattutino e serale, come quanto riscontrato l'anno precedente.

Per quanto riguarda il giorno tipo di To-Rubino si nota una sostanziale costanza dei valori estivi di PM₁₀ e PM_{2,5}, mentre nel periodo invernale i valori notturni del PM₁₀ (dalle 19 alle 3 di notte) sono più alti della media, in conseguenza della maggiore stabilità atmosferica notturna (FIGURA 31).

In conclusione l'analisi dei dati orari di PM₁₀ e PM_{2,5}, pur non avendo una valenza normativa, costituisce un ulteriore strumento a supporto delle politiche di risanamento, in quanto permette di approfondire la conoscenza dei fenomeni di formazione del particolato e dell'interconnessione degli stessi con le proprietà meteo-dispersive dell'atmosfera.

Torino Rubino - Correlazione PM10 beta con PM10 gravimetrico, Anno 2018

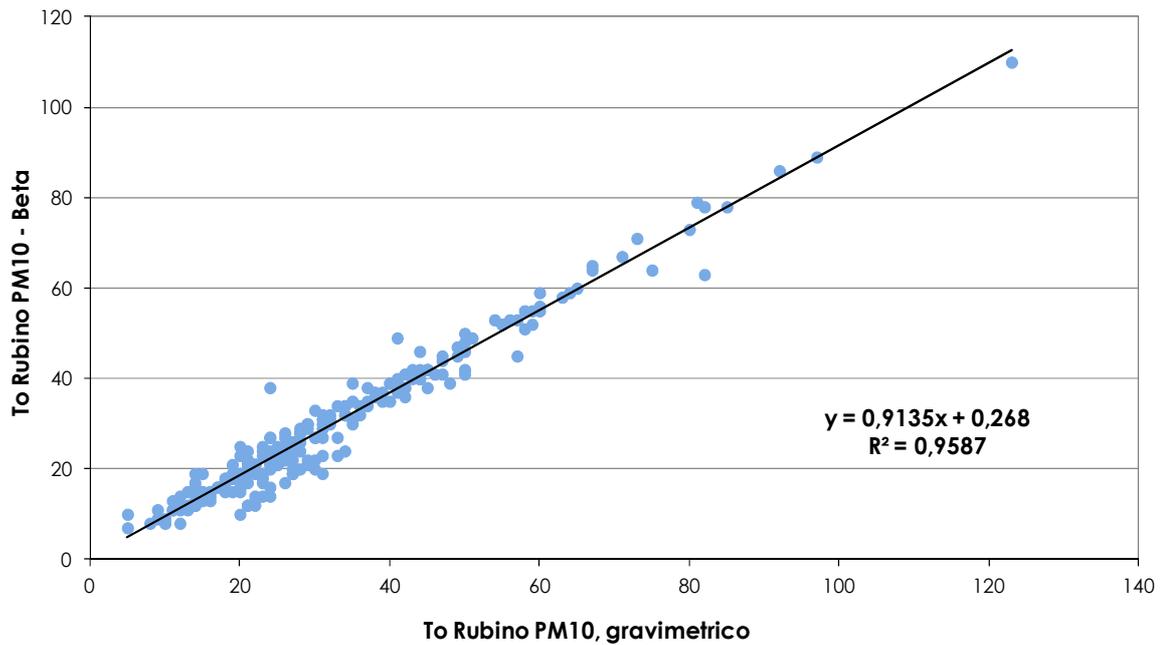


FIGURA 27: correlazione tra i dati giornalieri del PM10 di To-Rubino misurati con tecnica gravimetrica e analizzatore a raggi beta.

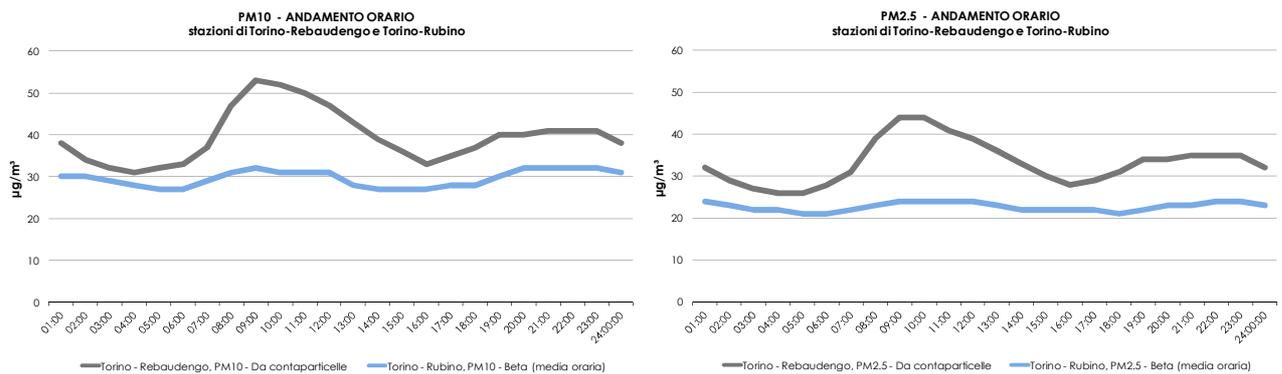


FIGURA 28: giorno tipo annuale di PM10 e PM2,5 a To-Rebaudengo e To-Rubino, anno 2018.

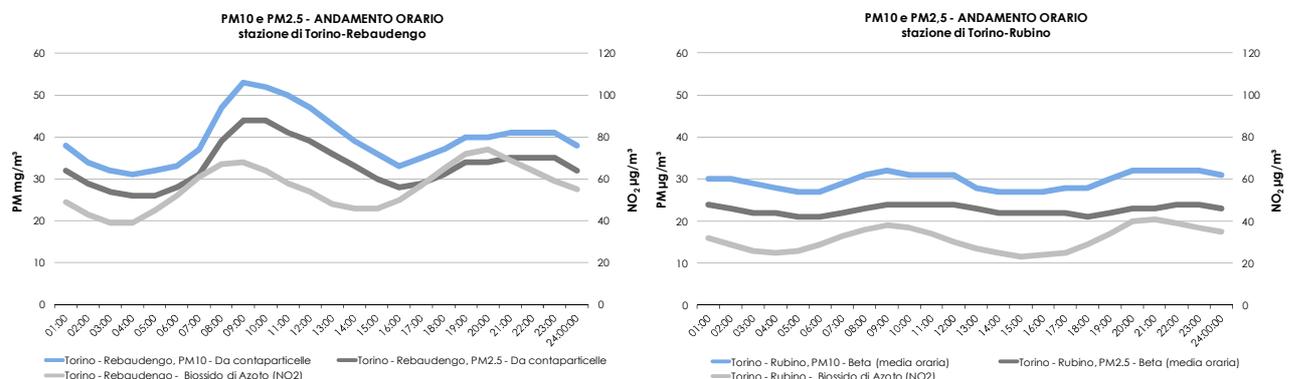


FIGURA 29: giorno tipo annuale di PM10 e PM2,5 a To-Rebaudengo e To-Rubino, confronto con le medie di NO₂, anno 2018.

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

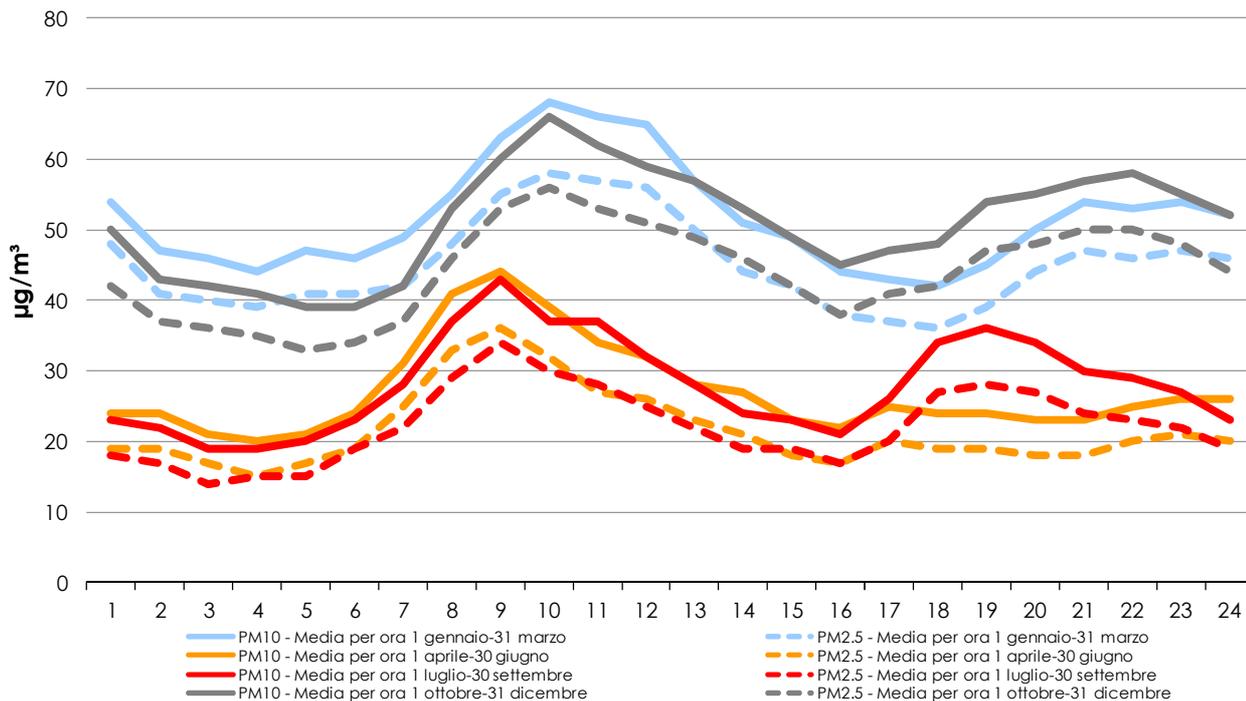


FIGURA 30: giorno tipo per trimestri di PM10 e PM2,5 a To-Rebaudengo, anno 2018.

**PM10 e PM2,5 - ANDAMENTO ORARIO
stazione di Torino-Rubino**

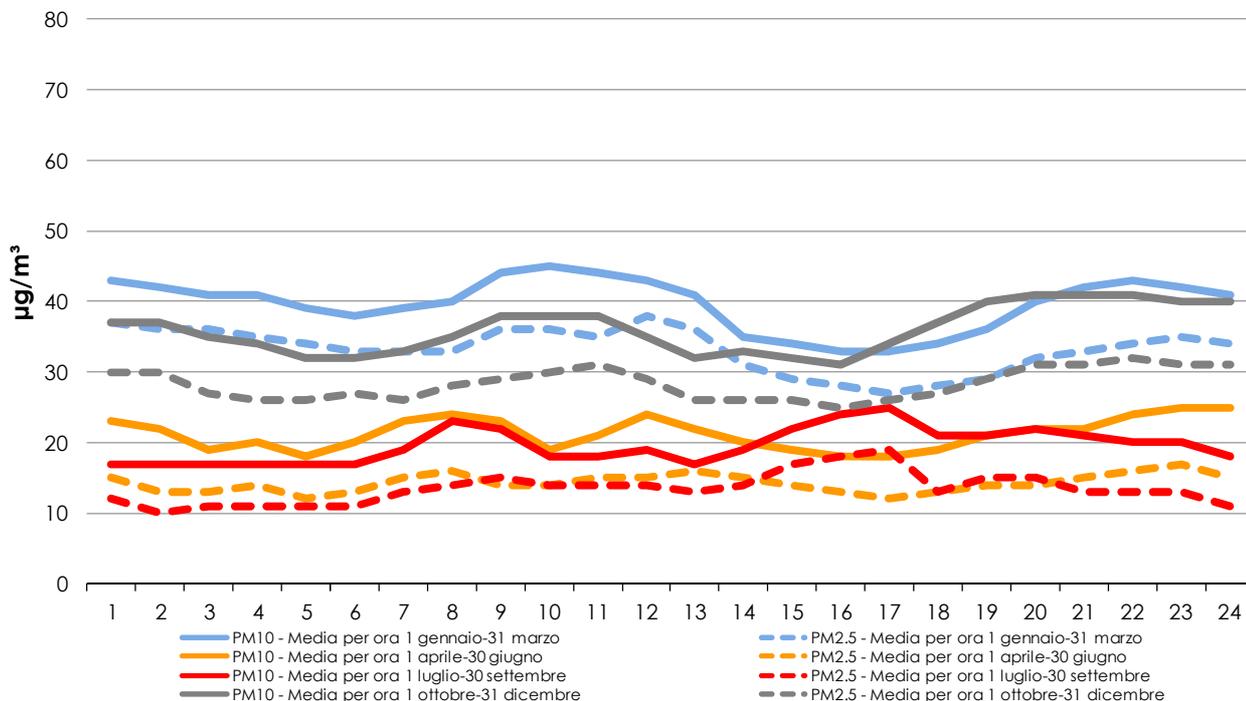


FIGURA 31: giorno tipo per trimestri di PM10 e PM2,5 a To-Rubino, anno 2018.

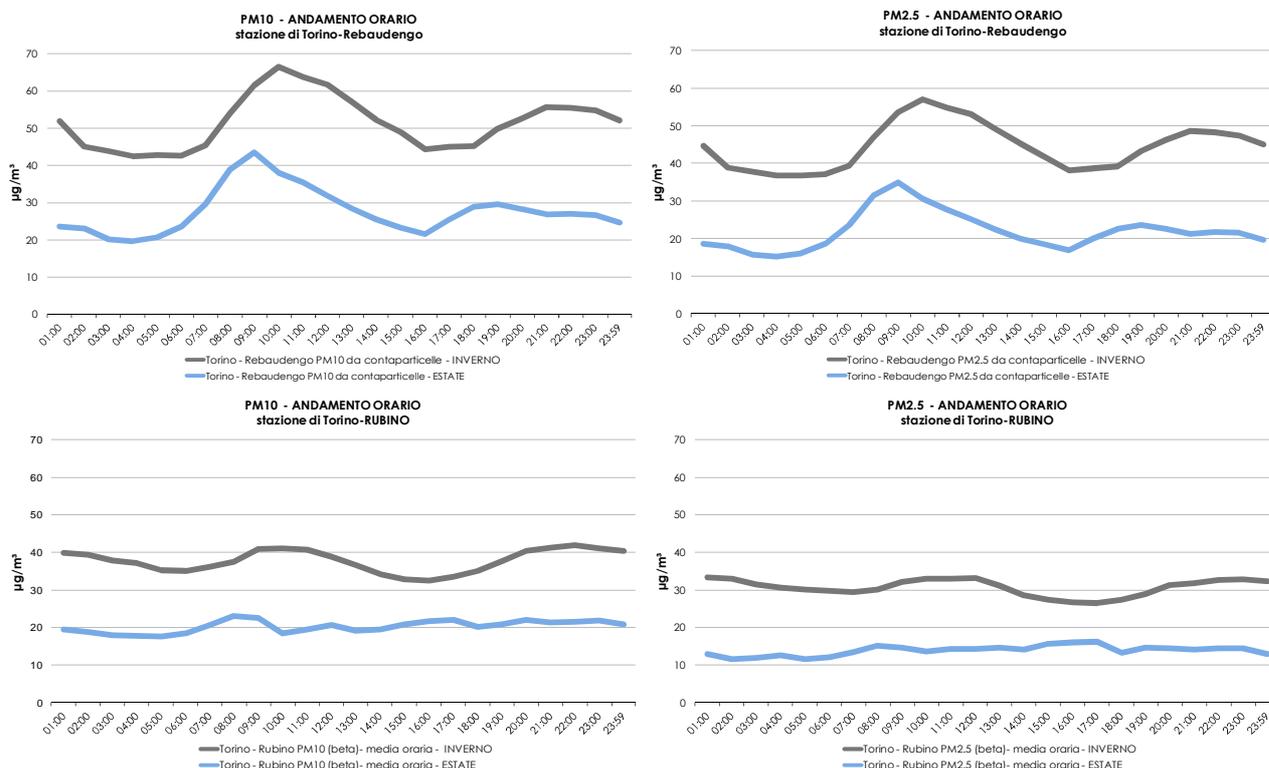


FIGURA 32: PM10 e PM2,5 orari confronto tra il giorno medio invernale ed estivo - anno 2018.

PARTICELLE SOSPENSE TOTALI

L'attenzione normativa si è incentrata negli ultimi anni sulla frazione di particolato PM10 e PM2,5, in quanto gli studi tossicologici ed epidemiologici hanno evidenziato che le particelle di minori dimensioni sono quelle più dannose per la salute umana. Le particelle sospese totali, che precedentemente al recepimento delle Direttive Europee costituivano il parametro di riferimento di legge, sono ancora misurate presso la stazione in via Consolata a Torino. L'esame dell'andamento della concentrazione delle polveri totali, vista la lunga serie storica di dati, è utile per avere un'indicazione del trend relativo al PM10 anche in periodi nei quali questo parametro non veniva misurato. Infatti, come si osserva in FIGURA 33 nella quale per la stazione di To-Consolata sono riportate le medie annuali di PTS e PM10, il PM10 costituisce circa il 70% delle polveri totali.

In FIGURA 33 per il PTS sono riportate le concentrazioni medie annue rilevate in 40 anni di monitoraggio. I valori che si misurano oggi sono molto minori rispetto agli anni '80; dal 1999 al 2006 si sono stabilizzati intorno ai 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre, dopo una serie di valori intorno ai 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrati dal 2012 al 2015, si è toccato il minimo storico proprio nel 2018, in cui la media annuale è stata di 42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, confermando il trend in miglioramento su lungo periodo.

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

CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI PARTICOLATO TOTALE SOSPESO Stazioni di Torino (1980-2018)

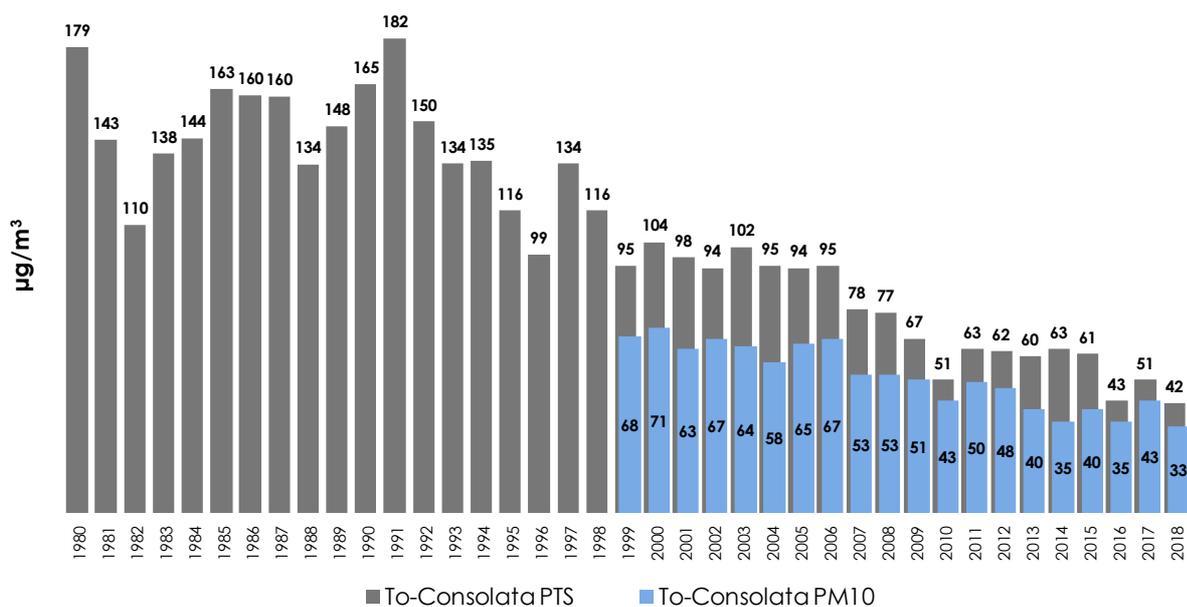


FIGURA 33: parametro PTS, medie annuali misurate nelle stazioni di Torino dal 1980 al 2018.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2018 (% 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)									
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Baldissero (β)	98%	19	20	23	21	17	14*	17	14	11	8	16	13	33	17	9	6*	8	1	1	0
Beinasco-TRM (β)	97%	-	-	-	48*	33	30	33	29	36	28	-	-	-	37*	70	47	68	52	88	41
Borgaro	96%	41	37	43	42*	35*	31*	35*	31	38	30	101	83	107	90*	75*	44*	71*	54	90	42
Carmagnola	99%	50	44	49	50	42	36	41	37	45	36	131	118	130	137	109	82	107	73	122	69
Ceresole Reale (β)	80%	-	6*	7*	7	6*	5	7	9	11	11*	-	0*	0*	0	0*	0	0	0	6	0*
Collegno	88%	-	-	-	33*	36	32	36	32	40	33*	-	-	-	50*	83	61	81	61	102	56*
Druento	99%	32*	27	31	28	24	19	23	21	27	22	52*	38	63	45	29	11	23	22	41	15
Ivrea	94%	33	28	35	34	27	23	28	26	31*	25	71	53	82	71	52	30	55	41	60*	28
Leini (β)	51%	39*	35*	36*	33	29	25	36	30	34	33*	81*	61*	74*	66	59	35	84	57	79	28*
Oulx	97%	18	19	20	17	18	17*	18*	16	18	18	3	7	11	3	6	5*	7*	0	8	1
Pinerolo (β)	94%	32*	28*	32	29	26	-	21	23	26	21	61*	29*	57	54	33	-	11	15	40	11
Settimo	86%	-	-	-	44	39	34	39	35	44*	36*	-	-	-	111	88	81	98	70	99*	65*
Susa	96%	21	22	23	21	18	16	18	17	22	18	16	21	24	15	10	1	11	10	27	6
To-Consolata	92%	51	43	50	48	40	35	40	35	43	33*	123	102	134	118	100	75	93	75	108	55
To-Grassi	84%	57	50	59	60*	48	43*	52*	42	47	40*	151	131	158	103*	126	77*	75*	89	112	76*
To-Lingotto (β)	86%	41	34	48*	41*	34	31	36	32	38	31*	92	72	95*	90*	69	56	85	60	101	45*
To-Lingotto	89%	-	36	44	42	38	32	38	34	39	28*	-	80	106	94	89	59	86	62	92	39*
To-Rebaudengo (β)	98%	-	-	-	-	37*	40	43	37	46	39	-	-	-	-	53*	94	101	74	118	87
To-Rubino	87%	44*	39	47	40*	35	31	36	32	38	29*	96*	83	111	83*	87	58	84	65	97	33*

(*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 19: parametro PM10, valutazione statistica anni 2009-2018.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2018 (% giorni validi)	PTS – VALORE MEDIO ANNUO									
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
To-Consolata	92%	67*	51	63	62*	60*	63*	61*	43	51*	42

(*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 20: parametro polveri totali (PTS), valutazione statistica anni 2009-2018.

MUTAGENICITÀ DEL PM2,5

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

D. Marangon - Laboratorio Specialistico Nord-Ovest.

DESCRIZIONE

La frazione del particolato atmosferico con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm rappresenta la componente più pericolosa per la salute in relazione alla sua capacità di superare le prime vie respiratorie e raggiungere i distretti polmonari più profondi. Le polveri sottili veicolano numerosi composti chimici con differente tossicità per l'uomo, sia considerati singolarmente, sia soprattutto in relazione al loro potenziale effetto sinergico. Sebbene la definizione quali-quantitativa dei livelli di concentrazione delle specie chimiche estratte dalle particelle solide rappresenti un approccio valutativo significativo, è possibile sottoporre una matrice così complessa a dei test che non si limitino a valutare solo la concentrazione di una o più specie chimiche, ma al contrario riescano a valutarne la complessità nel suo insieme considerando eventuali effetti sinergici od antagonisti delle varie specie chimiche presenti.

Quest'ultimo aspetto è soddisfatto dai test biologici che prevedono l'utilizzo di batteri, cellule animali e/o vegetali o organismi pluricellulari per valutare la tossicità e/o la genotossicità di matrici complesse come le matrici ambientali. Tali test sono utilizzati da anni nei laboratori di ricerca e di controllo.

Si è scelto di utilizzare il test di reversione genica in *Salmonella typhimurium*, sia in relazione alla tipologia di inquinanti atmosferici presenti sul particolato atmosferico e alla precedente esperienza maturata nella valutazione della mutagenicità delle polveri sottili, sia sulla base di pubblicazioni che indicano lo stesso come migliore test in vitro per la valutazione del particolato atmosferico da un punto di vista della mutagenicità.

Il test di routine utilizza due ceppi di *Salmonella* geneticamente modificati, il TA98 e il TA100, che con un differente meccanismo di azione sono in grado di rilevare la maggior parte dei composti mutageni.

Allo scopo di rilevare anche le sostanze pro-mutagene, in grado cioè di causare un danno al DNA dopo l'azione degli enzimi detossificanti del fegato, sono stati utilizzati estratti microsomiali epatici di ratto (S9) che forniscono un'attivazione metabolica esogena.

Nel 2018 sono proseguiti gli studi per la valutazione della mutagenicità del PM2,5. Alle stazioni To-Lingotto (fondo urbano), Settimo Vivaldi (Traffico) e Alessandria Dernice (bianco), già considerate negli anni precedenti, sono state affiancate le stazioni di Beinasco TRM (mutagenicità del PM10) per la valutazione di eventuali criticità derivanti dal vicino termovalorizzatore e Asti Vinchio, sito ritenuto interessante per la valutazione dell'eventuale incremento della mutagenicità derivante dall'utilizzo di biomasse per il riscaldamento domestico.

I prelievi del particolato atmosferico sono stati eseguiti su filtri in quarzo, diametro 47 mm, tramite campionatore a basso volume per particolato PM2,5; la durata del campionamento è stata di 24 ore effettuato quotidianamente. I filtri del mese sono stati uniti e analizzati con il test descritto in precedenza, secondo la procedura indicata da Maron e Ames (1983).

Il risultato è stato espresso come rapporto di mutagenicità (MR) riferito a 20 m³ di aria (quantità media respirata quotidianamente da un adulto). Il rapporto di mutagenicità confronta la risposta del campione con quella ottenuta su un controllo negativo. I campioni sono considerati positivi quando la risposta del campione è doppia rispetto al controllo, ciò si osserva con un rapporto di mutagenicità pari a 1. Inoltre all'aumentare della dose testata si deve osservare un proporzionale aumento della risposta del microorganismo indicatore.

Allo scopo di fornire un dato di mutagenicità complessivo, i valori di MR ottenuti con i ceppi TA98 e TA100 in presenza e in assenza di attivatore metabolico, sono stati sommati per costituire il Fattore di Genotossicità (FG).

ESAME DEI DATI

I dati ottenuti mostrano in tutte le stazioni esaminate un tipico andamento stagionale con picchi di massima attività mutagena nel periodo invernale e valori minimi nel periodo primaverile e autunnale. I campioni prelevati nel periodo estivo non evidenziano attività mutagena.

I diversi ceppi utilizzati, in presenza o assenza di attivatore metabolico, hanno risposto positivamente fornendo un quadro articolato. In particolare il ceppo TA98 si è dimostrato più sensibile mostrando generalmente valori più elevati, tuttavia la risposta positiva ottenuta con entrambi i ceppi in presenza e in assenza di attivatore metabolico evidenzia la complessità della matrice ambientale sottoposta ad analisi.

Le stazioni Settimo-Vivaldi (FIGURA 34), To-Lingotto (FIGURA 35), Beinasco-TRM (FIGURA 36) e Asti-Vinchio (FIGURA 37) forniscono dati di mutagenicità tra loro comparabili, con valori di mutagenicità più elevati nei mesi invernali (le analisi di mutagenesi per la stazione di Beinasco-TRM sono state effettuate sul PM10, tuttavia considerando che il PM10 'contiene' anche la frazione <math><2,5\mu\text{m}</math> e che quest'ultima è quasi interamente responsabile della mutagenicità del PM si ritiene possibile il confronto con gli altri siti).

In particolare, la stazione To-Lingotto fornisce risultati più elevati, mentre nella stazione di traffico Settimo Vivaldi, contrariamente agli anni passati, si registrano valori in diminuzione ma con una maggiore risposta del test ai composti promutageni rispetto alle altre stazioni considerate. I valori di mutagenicità rilevati nella stazione rurale Asti Vinchio sono comparabili a quelli ottenuti nei siti urbani, suggerendo un contributo degli inquinanti provenienti dalla combustione di biomasse alla mutagenicità totale. Le analisi di mutagenesi effettuate sul PM10 prelevato nella stazione di Beinasco-TRM denotano valori comparabili alla stazione di fondo To-Lingotto. I valori ottenuti da maggio a settembre compresi, non hanno mostrato criticità.

La stazione di Dernice (FIGURA 38) pur mostrando lo stesso andamento stagionale, mostra valori ridotti durante tutto il periodo di indagine.

La maggiore risposta ottenuta senza l'attivatore metabolico S9, nella maggior parte dei siti sottoposti ad indagine, suggerisce un importante contributo alla mutagenicità complessiva per la presenza di composti mutageni ad azione diretta (come evidenziato nella campagna del 2017 attraverso l'utilizzo di ceppi specifici per la determinazione di Nitro-IPA).

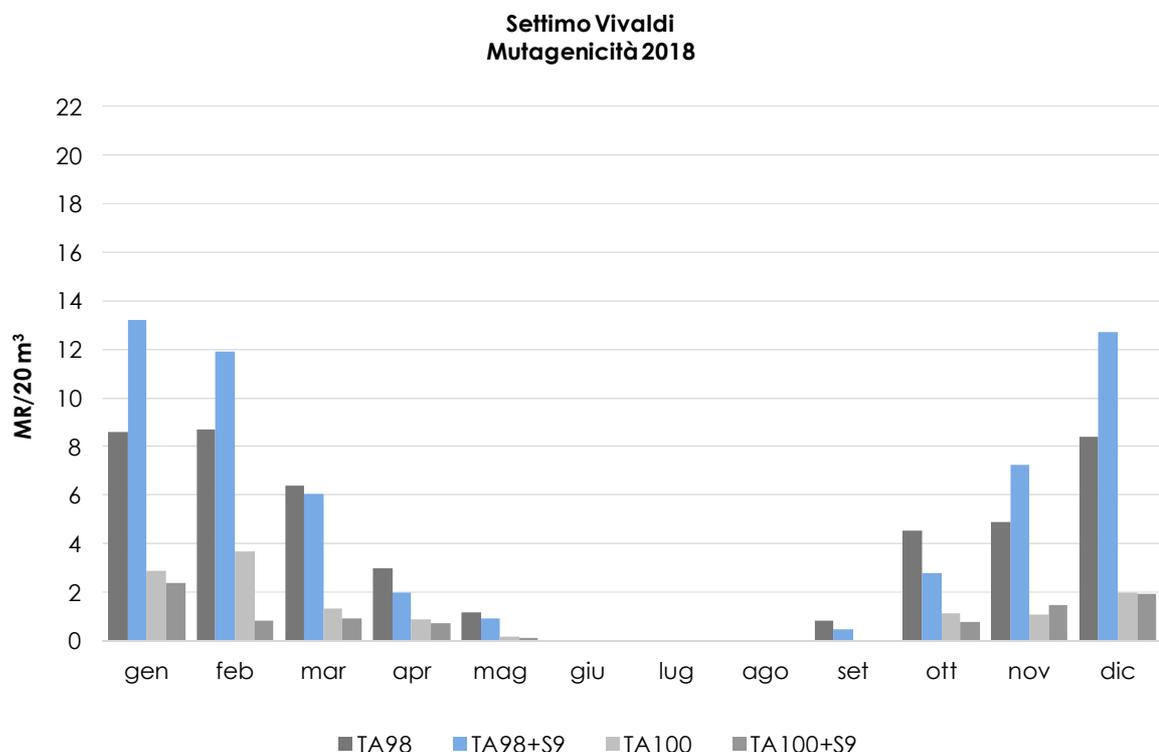


FIGURA 34: mutagenicità rilevata nella stazione di Settimo Vivaldi.

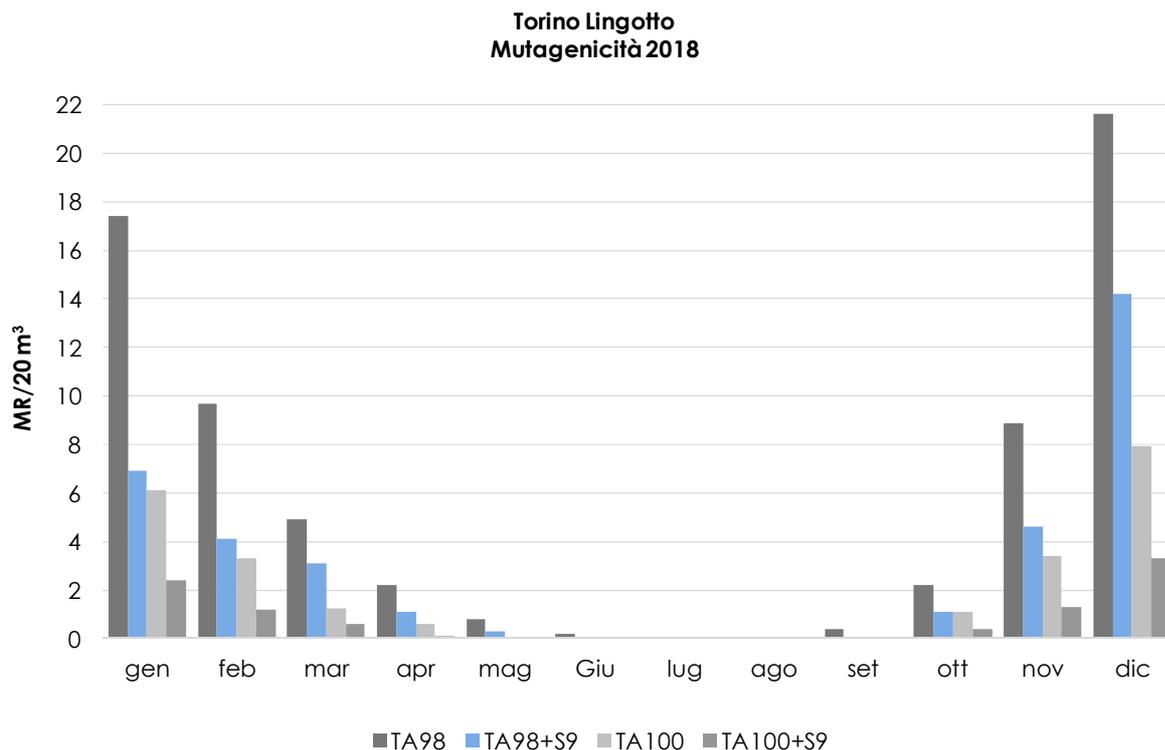


FIGURA 35: mutagenicità rilevata nella stazione di To-Lingotto.

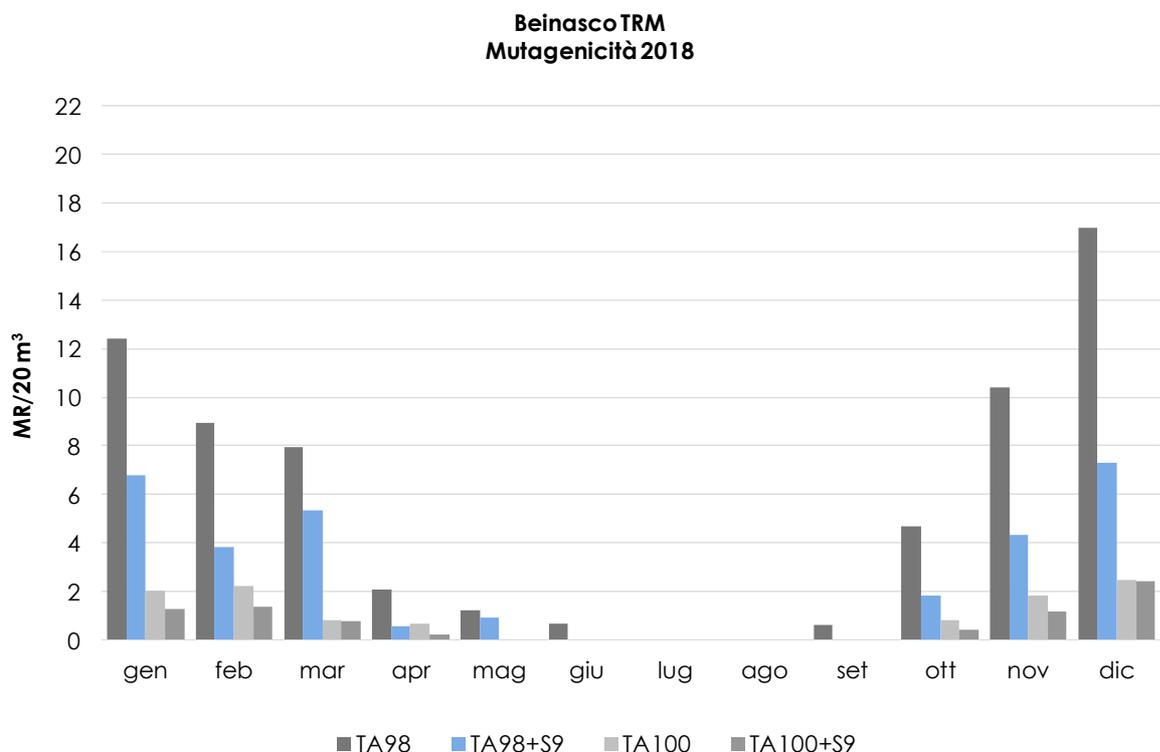


FIGURA 36: mutagenicità rilevata nella stazione di Beinasco TRM (analisi effettuata su PM10).

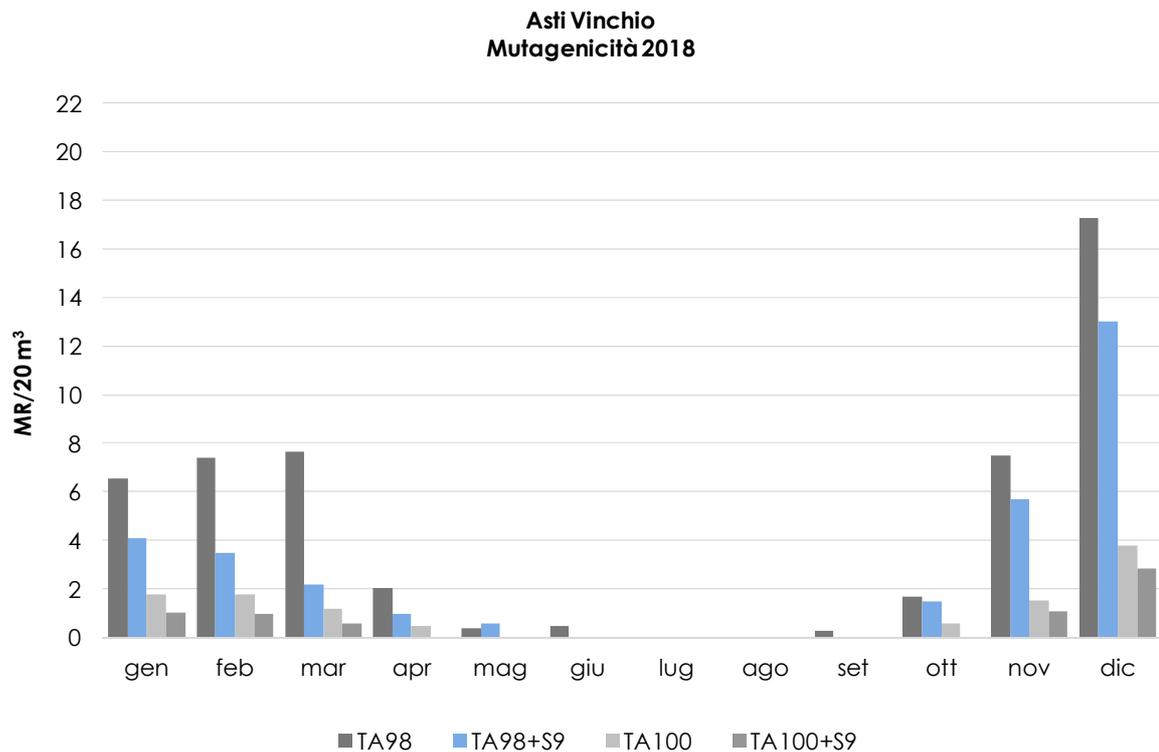


FIGURA 37: mutagenicità rilevata nella stazione di At Vinchio.

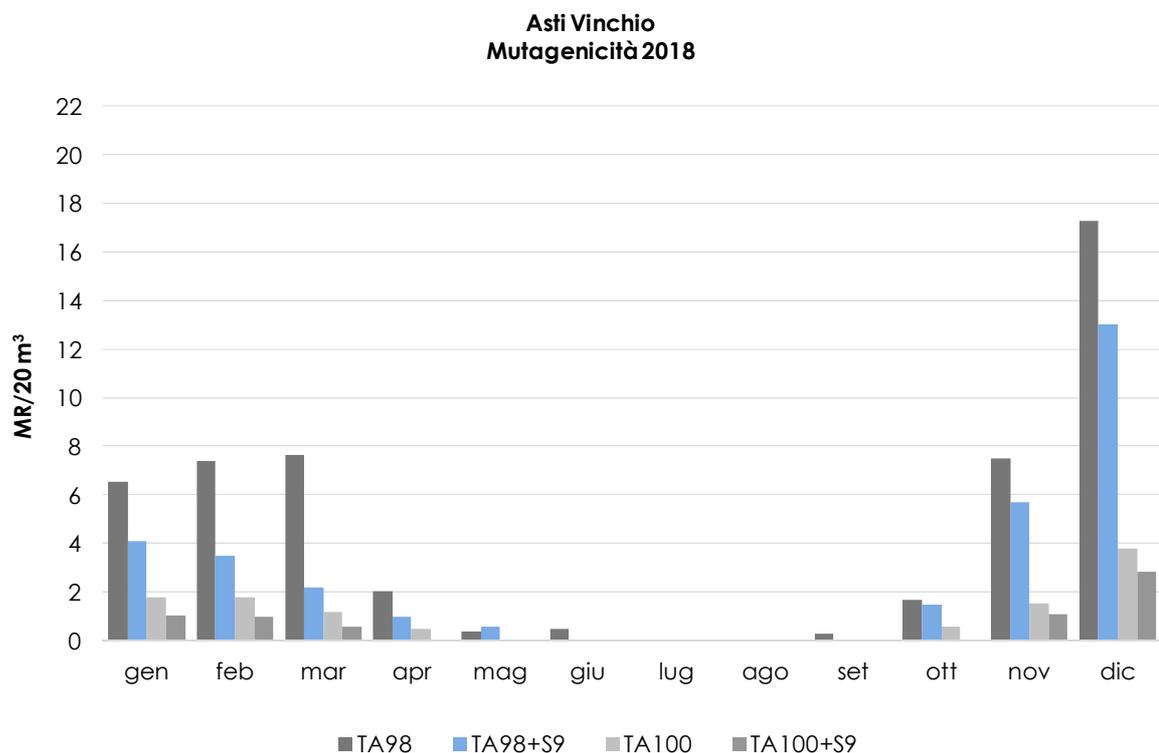


FIGURA 38: mutagenicità rilevata nella stazione di Alessandria Dernice.

Allo scopo di valutare la mutagenicità complessiva, i valori di MR ottenuti con ogni ceppo sono stati aggregati per ottenere il Fattore di Genotossicità (FG). Il grafico seguente (FIGURA 39) mostra l'andamento annuale della mutagenicità complessiva, consentendo un confronto tra i siti in esame.

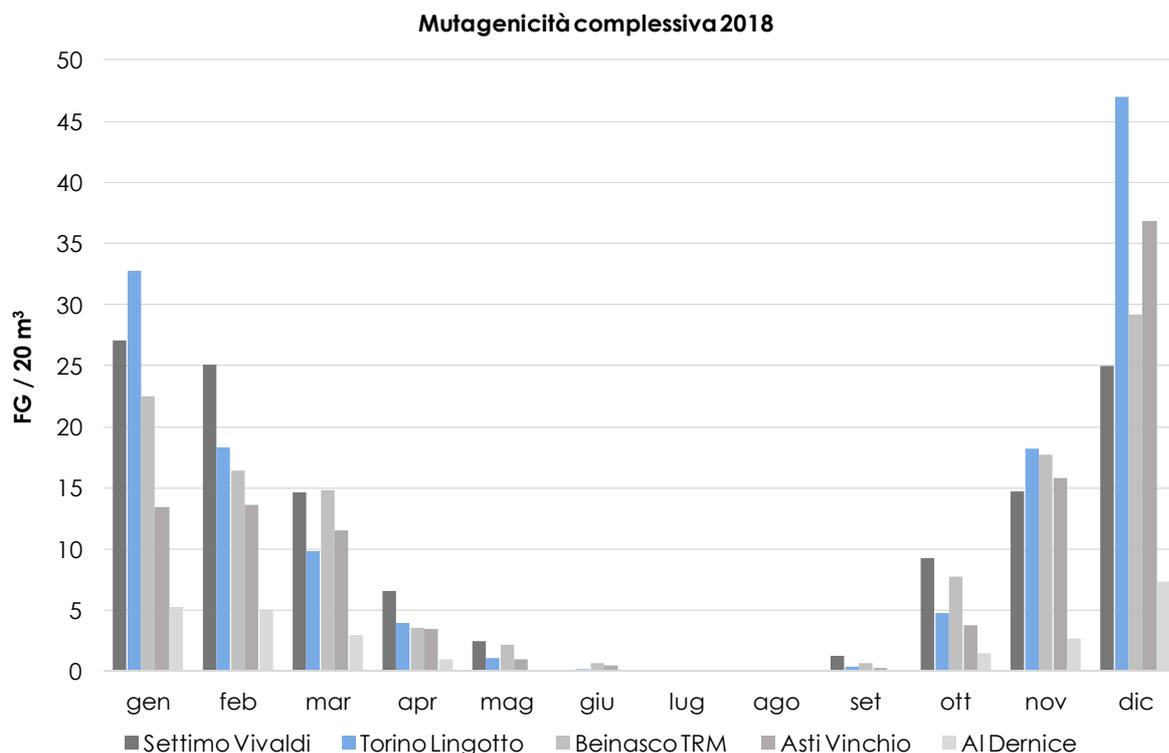


FIGURA 39: Mutagenicità complessiva - confronto tra le stazioni in esame.

Il seguente box-plot (FIGURA 40) considera solo i dati autunno-inverno, cioè comprende le risultanze analitiche totali di gennaio, febbraio, novembre e dicembre.

Le stazioni To-Lingotto, Settimo Torinese, Beinasco TRM e Asti Vinchio non mostrano differenze significative, seppur riscontrando nella prima stazione, valori più elevati. La stazione di Derrice (fondo rurale) presenta valori significativamente più bassi delle due stazioni precedenti.

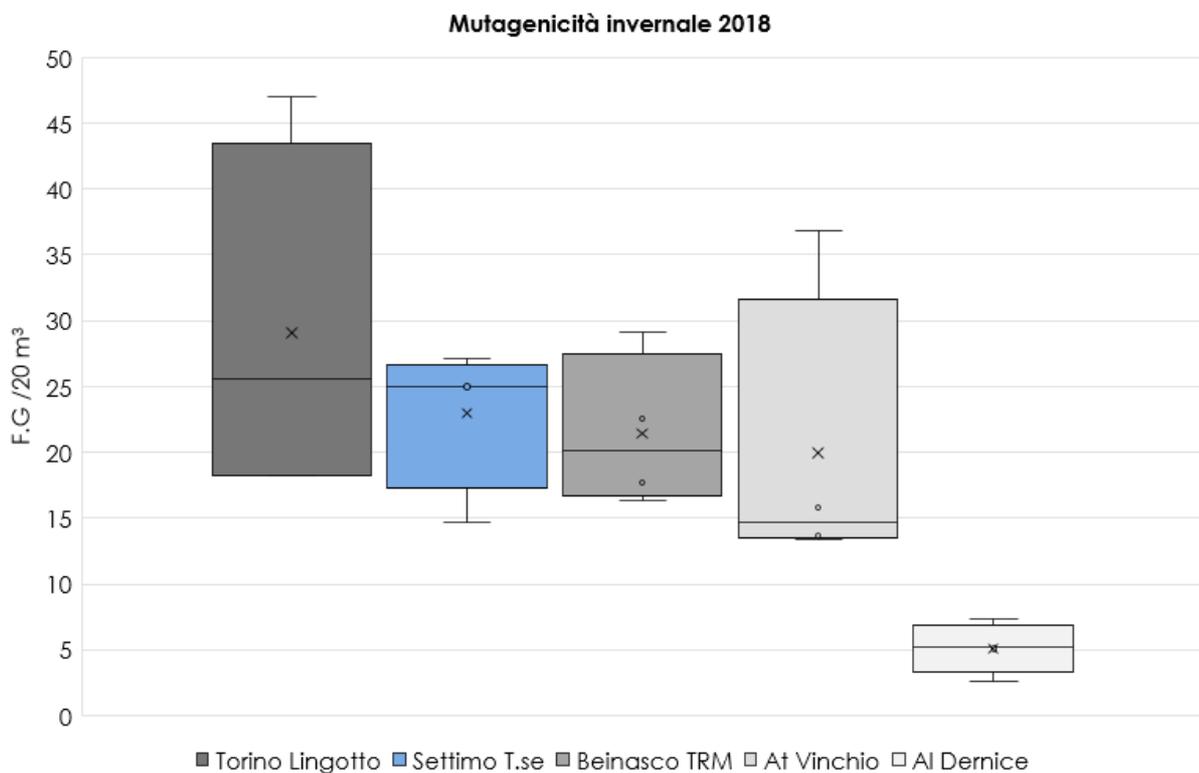


FIGURA 40: box-plot mutagenicità complessiva mesi invernali 2018 .

I dati in nostro possesso, sono stati aggregati per costruire Indici di Qualità Ambientali (IQA). Ci siamo serviti di curve di qualità ambientale descritte da equazioni, che permettono di passare rapidamente dai valori dei parametri ambientali rilevati (MR, FG) a valori di qualità espressi da un Indice di Qualità Ambientale.

Tale indice assume valori compresi tra 0 e 1 ai quali viene convenzionalmente assegnato rispettivamente il significato di qualità ambientale pessima (IQA=0) e qualità ambientale ottimale (IQA=1).

La TABELLA 21 mostra la situazione complessiva ottenuta adottando tali indici.

Stazione	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
TO - Lingotto	0,23	0,33	0,44	0,59	0,81	1,00	1,00	1,00	1,00	0,56	0,33	0,17
Settimo T.se	0,27	0,28	0,37	0,51	0,67	1,00	1,00	1,00	0,77	0,45	0,37	0,28
Beinasco - TRM	0,30	0,35	0,37	0,61	0,70	0,90	1,00	1,00	0,90	0,48	0,34	0,25
AT - Vinchio	0,38	0,38	0,41	0,62	0,84	0,94	1,00	1,00	1,00	0,60	0,36	0,21
AL - Dernice	0,55	0,55	0,64	0,84	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,76	0,66	0,49

TABELLA 21: IQA stazioni di To-Lingotto, Settimo Vivaldi, Beinasco TRM, AT-Vinchio e Alessandria Dernice.

Le analisi di mutagenesi sul PM2,5 sono state eseguite routinariamente a partire dall'anno 2016 sulle stazioni To-Lingotto e Settimo Torinese. A fronte di una diminuzione generalizzata nella concentrazione di polveri sottili rilevata nell'anno 2018, i dati ottenuti con i test di mutagenesi non mostrano un chiaro trend che indichi valori di mutagenicità in diminuzione. In particolare le due stazioni prese in esame mostrano un trend opposto: in diminuzione quella di traffico di Settimo Torinese (FIGURA 41a sinistra), in aumento quella di fondo urbano To-Lingotto (FIGURA 41a destra).

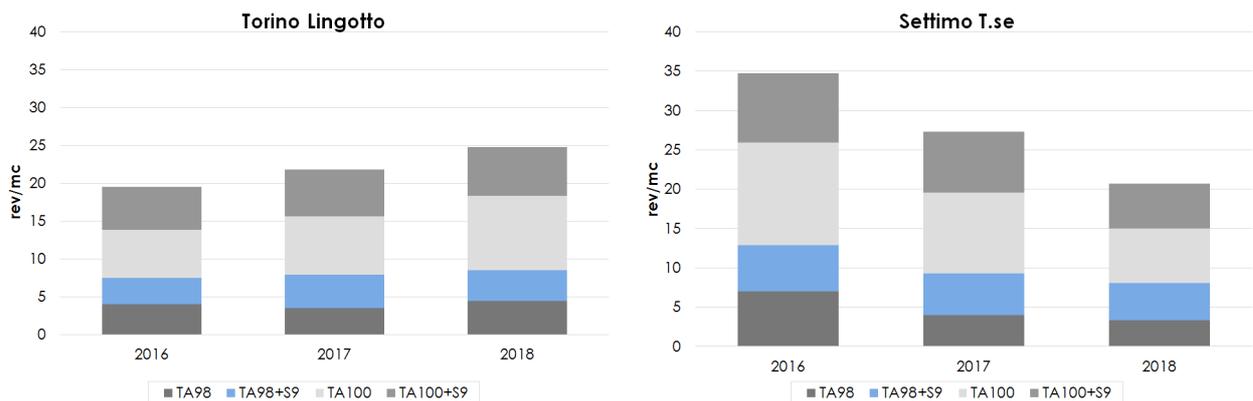


FIGURA 41: confronto dati storici (media annuale revertenti/m³).

CONSIDERAZIONI FINALI

La maggior parte dei campioni analizzati nel corso del 2018 ha fornito risultati positivi.

I dati di mutagenesi mostrano lo stesso andamento stagionale evidenziato negli anni precedenti, con valori particolarmente elevati nel periodo invernale. Le condizioni di stabilità atmosferica che si verificano durante il periodo invernale con il conseguente scarso ricambio dei composti inquinanti favoriscono l'assorbimento degli stessi sulle polveri; nello stesso periodo le emissioni dovute al riscaldamento domestico tendono ad incrementare la concentrazione di sostanze genotossiche nell'ambiente.

La frazione del particolato con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm è la più significativa ai fini della stima del danno per la salute, non solo in considerazione del potere di penetrazione e della persistenza biologica, ma anche in conseguenza delle specie chimiche presenti. Sono infatti numerosi i composti chimici presenti nel PM2,5 che possiedono una riconosciuta capacità genotossica. L'articolata risposta ottenuta con tutti i ceppi, con e senza attivazione metabolica, conferma la complessità della matrice analizzata. In particolare il ceppo TA98 ha risposto maggiormente evidenziando la presenza di composti mutageni ad azione diretta sul DNA con un meccanismo di azione per inserzione o delezione di basi azotate.

Il PM2,5 proveniente dalla stazione di fondo urbano To-Lingotto ha fornito i risultati di mutagenicità più elevati, in particolare nel mese di dicembre. I valori riscontrati risultano superiori anche alla stazione di traffico di Settimo Torinese.

I valori ottenuti nel periodo invernale nella stazione rurale di Asti Vinchio non si discostano significativamente dalle due stazioni precedenti. Tale evidenza suggerisce un importante contributo derivante dalla combustione di biomasse per il riscaldamento domestico alla mutagenicità totale.

La mutagenicità del PM rilevata nella stazione Beinasco TRM si attesta sui valori riscontrati nelle stazioni precedentemente descritte. Viceversa nella stazione di fondo rurale Dernice, si osservano bassi livelli di mutagenicità, significativamente differenti dalle quattro stazioni precedenti.

Le comparazioni con i dati di genotossicità ottenuti in passato, non evidenziano significativi miglioramenti della qualità dell'aria, in particolare negli ultimi tre anni si riscontra una diminuzione della mutagenicità complessiva nella stazione di traffico Settimo Torinese e un aumento per quanto riguarda la stazione To-Lingotto.

Si evidenziano buone correlazioni tra la mutagenicità complessiva e il valore medio mensile di IPA nelle stazioni cittadine, mentre la mutagenicità correla in modo meno soddisfacente con il valore ponderale delle polveri. Il solo dato ponderale e i valori dei quattro IPA determinati di routine non sono tuttavia totalmente esplicativi della reale mutagenicità del PM. La risposta ottenuta con i ceppi TA98NR e YG1021 nella campagna 2017, giustifica infatti la maggiore risposta del ceppo TA98 senza attivazione metabolica e pone l'accento sul contributo dei nitro composti alla mutagenicità complessiva del particolato atmosferico. I nitro-IPA sono infatti composti mutageni diretti, non necessitano cioè di attivazione metabolica per esplicare la loro azione genotossica.

Le regioni del Nord Italia (in particolare la Pianura Padana) rappresentano una criticità europea relativamente all'inquinamento da polveri sottili. La particolare conformazione geografica e le condizioni meteo climatiche invernali non permettono un'adeguata dispersione degli inquinanti che costituiscono un problema per la salute che interessa non solo i grossi centri urbani, ma tutta la pianura, compresi i centri suburbani e le aree rurali.

In questo territorio il contenimento dei livelli emissivi deve essere ricercato con determinazione, in relazione al costante riscontro di sostanze mutagene nel PM2,5 e vista la correlazione esistente tra evento mutagenetico e cancerogenetico per le sostanze genotossiche.

STUDIO DELLA CONCENTRAZIONE NUMERICA DI PARTICELLE ULTRAFINI NELL'AREA METROPOLITANA TORINESE – RISULTATI ANNO 2018 ED ANALISI DELLA SERIE STORICA

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

- costruire una prima base dati dei valori di concentrazione numerica di particelle ultrafini nell'area urbana di Torino, sulla base di misure di lungo periodo rappresentative delle diverse condizioni meteorologiche. Sono state quindi effettuate misure sia in prossimità del suolo che in quota, in relazione ai fenomeni di confinamento degli inquinanti atmosferici negli strati più bassi della troposfera che sono caratteristici della pianura padana. Le misure in quota sono state condotte da ottobre 2009 a giugno 2012, all'ultimo piano del grattacielo sede della Città Metropolitana di Torino, in Corso Inghilterra 7/9, ad un' altezza di 50 m. Da ottobre 2012 le misure sono condotte al suolo nella stazione di monitoraggio di 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 dati raccolti è stata oggetto di uno specifico capitolo all'interno delle edizioni dal 2009 al 2017 (escluso il 2012) della relazione "Uno sguardo all'aria".

ESAME DEI DATI RELATIVI ALL'ANNO 2018

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

In TABELLA 22 sono riportati i valori medi dell'anno 2018, calcolati come media delle medie orarie.

Il valore medio del periodo è $7700 \cdot 10^6$ particelle/m³ con massimi giornalieri di $25100 \cdot 10^6$ particelle/m³. I massimi medi giornalieri si sono misurati tutti nel mese di gennaio, ad eccezione della classe 100-200 nm, per la quale il massimo è avvenuto il 28 dicembre. Come si può osservare in FIGURA 42 la frazione più rilevante di particelle è quella con diametro compreso tra i 30 e i 50 nm (circa il 25%), mentre la classe numericamente inferiore è quella più grossolana (200-1000 nm), che rappresenta circa il 2% del totale. Complessivamente le particelle ultrafini (al di sotto dei 100 nm) rappresentano il 81 % del totale.

	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200-1000 nm	Totale
Minima media giornaliera	540*10 ⁶	640*10 ⁶	480*10 ⁶	260 *10 ⁶	190*10 ⁶	16*10 ⁶	2130*10 ⁶
Massima media giornaliera	5700*10 ⁶	6000*10 ⁶	3900*10 ⁶	4100*10 ⁶	4600*10 ⁶	750*10 ⁶	25100*10 ⁶
Media delle medie giornaliere	1700*10 ⁶	2000*10 ⁶	1400*10 ⁶	1300*10 ⁶	1300*10 ⁶	200*10 ⁶	7700*10 ⁶
Giorni validi	269	269	269	269	269	268	
Percentuale giorni validi	74%	74%	74%	74%	74%	73%	
Media dei valori orari	1700*10 ⁶	2000*10 ⁶	1400*10 ⁶	1300*10 ⁶	1300*10 ⁶	200*10 ⁶	7700*10 ⁶
Massima media oraria	28400*10 ⁶	22600*10 ⁶	10400*10 ⁶	6500*10 ⁶	6400*10 ⁶	1000*10 ⁶	75300*10 ⁶
Ore valide	6635	6635	6635	6635	6635	6610	
Percentuale ore valide	76%	76%	76%	76%	76%	75%	
Distribuzione percentuale rispetto al totale	21%	25%	18%	16%	16%	2%	

TABELLA 22: elaborazioni statistiche anno 2018.

DISTRIBUZIONE DIMENSIONALE - anno 2018

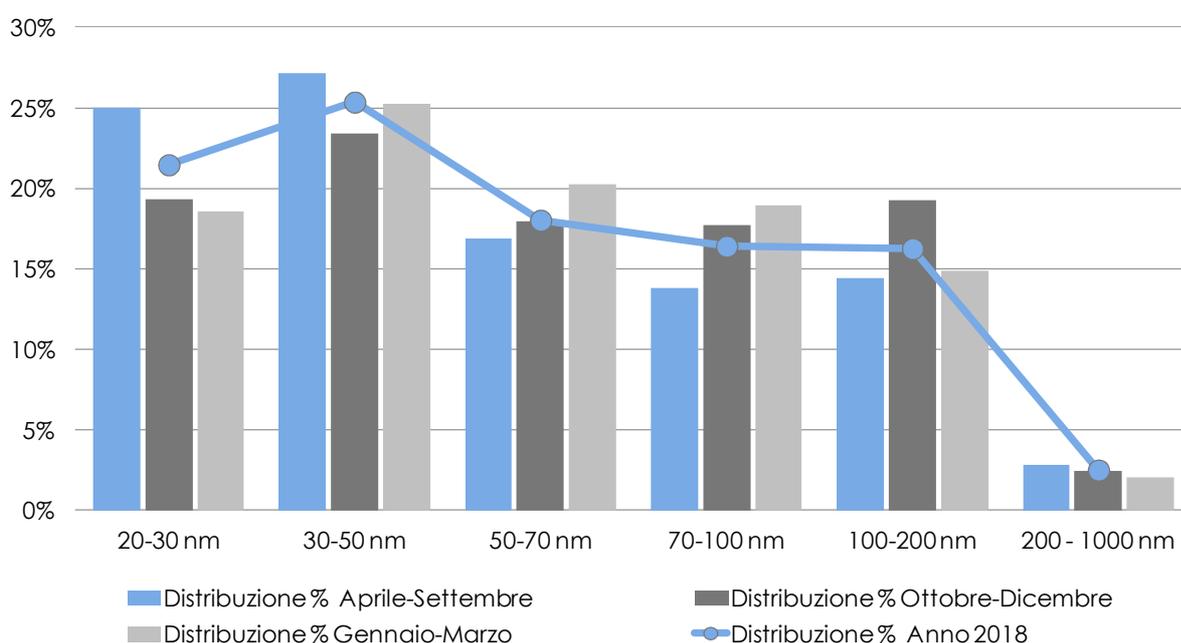


FIGURA 42: distribuzione dimensionale delle particelle – Anno 2018.

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):

- Barcellona²⁰ (5-1000 nm): 17000 * 10⁶ particelle/m³
- Lugano²¹ (7-1000 nm): 15000 * 10⁶ particelle/m³
- Nord Kensington UK² (7-1000 nm): 12000 * 10⁶ particelle/m³
- Roma²² (7-1000 nm): 25000 * 10⁶ particelle/m³ (Marconi et al 2007)
- Bologna²³ (5,6 - 560 nm): 9000 * 10⁶ particelle/m³
- Piacenza²⁴ (7nm – 10 µm, strumento identico a quello in esame): 5000-11000 * 10⁶ particelle/m³
- Leicester²⁵ (strumento identico a quello in esame): 8000* 10⁶ particelle/m³

²⁰ 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

²¹ 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

²² Marconi et al, Two Years of fine and ultrafine particles measurements in Rome, Italy, J Toxicol Environ Health, 70, 213-21, 2007

²³ 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

²⁴ Ozgen S., Lonati G., Progetto UPUPA: i rilevamenti ambientali, Convegno Progetto UPUPA, Piacenza, 22/1/2014

²⁵ Progetto INTERREG North-West Europe Joaquin, Ultrafine particles in Joaquin cities, www.joaquin.eu

- Londra⁶ (strumento identico a quello in esame): $8000 \cdot 10^6$ particelle/m³
- Anversa²⁶ (strumento identico a quello in esame): $8000 \cdot 10^6$ particelle/m³ (stazione suburbana), $11000 \cdot 10^6$ particelle/m³ (stazione in parco pubblico)
- Dresda²⁷ (10-100 nm): $4700 \cdot 10^6$ particelle/m³
- Praga⁷ (10-100 nm): $8200 \cdot 10^6$ particelle/m³

In Italia la serie storica più completa disponibile in area urbana è quella prodotta presso il sito di misura dell'Istituto Superiore di Sanità di Viale Regina Elena a Roma²⁸ dotata di una apparecchiatura in grado di determinare le particelle di dimensioni tra 7 nm e 10 µm. Il sito in questione è caratterizzato da un traffico veicolare più elevato di quello del sito di Torino (dell'ordine di 25.000 veicoli/giorno). Il dato relativo al 2006 è dell'ordine di $30.000 \cdot 10^6$ particelle/m³ e quindi circa quattro volte maggiore nel sito di viale Augusto Monti.

Analizzando le medie per classe dimensionale per i tre periodi "estivo" (aprile-settembre) ed "invernale" (trimestri da gennaio a marzo e da ottobre a dicembre), osservabili in FIGURA 43, si evidenzia come siano più alte le medie del primo trimestre rispetto al terzo (mediamente 1,3 volte, ma nel caso delle particelle dai 30 ai 100 nm si arriva a 1,5 volte). A partire dalle dimensioni di 50 nm i valori invernali ed estivi si allontanano sempre più tra di loro (i valori del trimestre gennaio-marzo arrivano ad essere 3 volte quelli estivi per le particelle tra i 70 e i 100 nm, mentre nel trimestre ottobre-dicembre la massima differenza si riscontra nell'intervallo 100-200 nm, per il quale i valori di ottobre-dicembre sono 2,2 volte quelli di aprile-settembre). Sembra pertanto che in periodo invernale sia favorita l'agglomerazione delle particelle in particelle più grandi (soprattutto nell'intervallo 70-100 e 100-200 nm) e la condensazione di gas semivolatili su particelle preesistenti; inoltre si deve ricordare che nel periodo invernale si aggiungono alle usuali fonti di traffico anche il riscaldamento civile ed industriale. Questi ultimi oltre ad essere emettitori diretti di particolato, sono sorgenti di inquinanti quali ossidi di azoto e zolfo, i quali nelle condizioni atmosferiche tipiche dell'inverno in pianura padana danno origine a nitrato e solfato d'ammonio in fase particolata.

Nel 2018 il mese in cui le particelle di dimensioni superiori ai 100 nm hanno rappresentato la maggioranza rispetto al totale è stato dicembre.

A livello annuale la variabilità del corso della giornata è più ampia per le classi dai 20 ai 200 nm rispetto alle classi con dimensioni maggiori di 200 nm, che presentano un andamento più costante, in accordo con altri dati in letteratura²⁹.

In estate si evidenzia un andamento con un massimo assoluto alle 8 del mattino ed un picco serale meno pronunciato intorno alle 23 (FIGURA 45), che permane fino alle prime ore notturne per tutte le classi, ad eccezione della classe superiore ai 200 nm, il cui andamento temporale non presenta variazioni significative. La concentrazione diminuisce nell'arco delle ore più calde della giornata, in corrispondenza dell'innalzamento dello strato rimescolato. Non è rilevabile nel giorno medio estivo (aprile-settembre) l'incremento intorno alle ore 15 per le particelle dai 20 a 30 nm, che si è sempre verificato nei precedenti anni di monitoraggio, ma si registra per i mesi da maggio a luglio tra le 15 e le 16, e ad agosto è anticipato, tra le 12 e le 13. Tale picco diurno è 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 Lazio³⁰. La forte radiazione solare rende disponibile il radicale ossidrilico OH che ossida l'SO₂ disponibile ad acido solforico, che porta poi alla formazione di particolato. Per il periodo maggio-luglio tale incremento si ha in corrispondenza del minimo della umidità relativa dell'aria, mentre rispetto al picco della radiazione solare ci sono 2-3 ore di ritardo, mentre ad agosto picco di radiazione e di particelle coincidono (in FIGURA 44 è riportato la media di T e UR del periodo aprile-settembre).

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 1,3 e 1,7, in inverno variano da 1,4 per le

²⁶ Progetto INTERREG North-West Europe Joaquin, Intra-urban variability of ultrafine particles in Antwerp (February and October 2013), VMM (2014)

²⁷ Handbook UFIREG Project, www.ufireg-central.eu

²⁸ Marconi et al. - Livelli di materiale particolato 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

²⁹ 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.

³⁰ Buonanno, Fuoco, Stabile, Viola, La misura dell'esposizione alle polveri aerodisperse: dal PM10 alle nano particelle, 2011, Libellula Edizioni

particelle maggiori di 200 nm a 3,2 per le particelle di dimensione 20-30 nm. In inverno il picco serale si presenta leggermente 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 45).

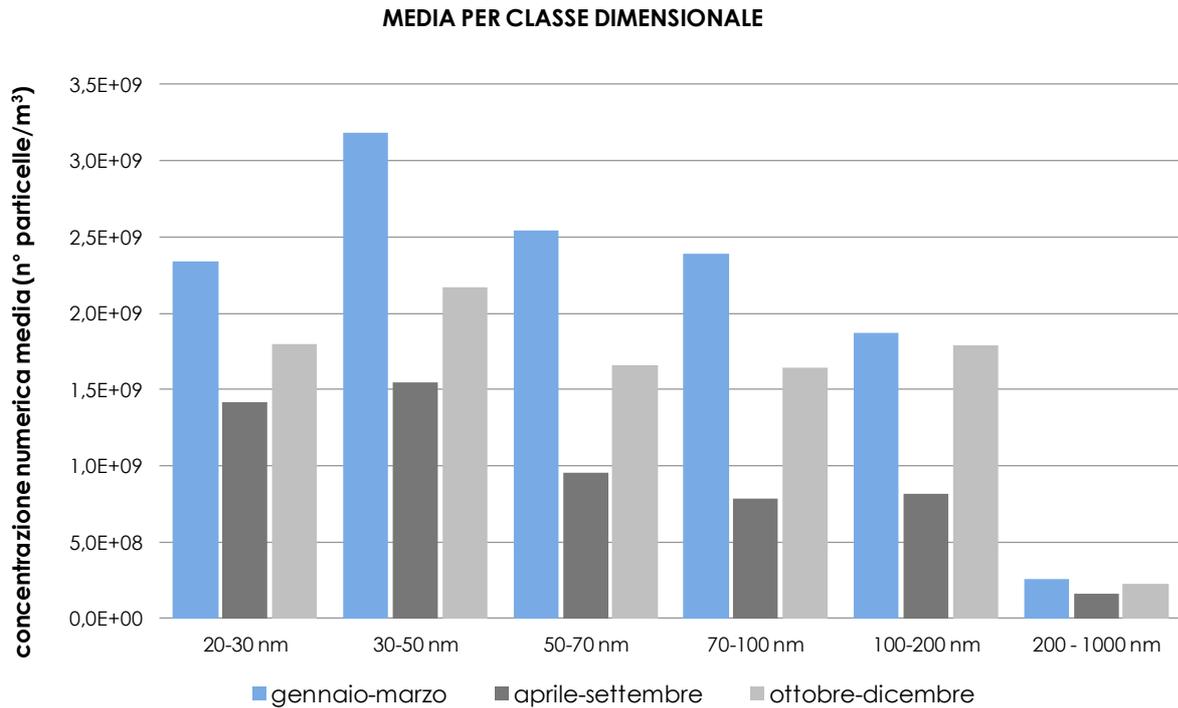


FIGURA 43: media per classe dimensionale.

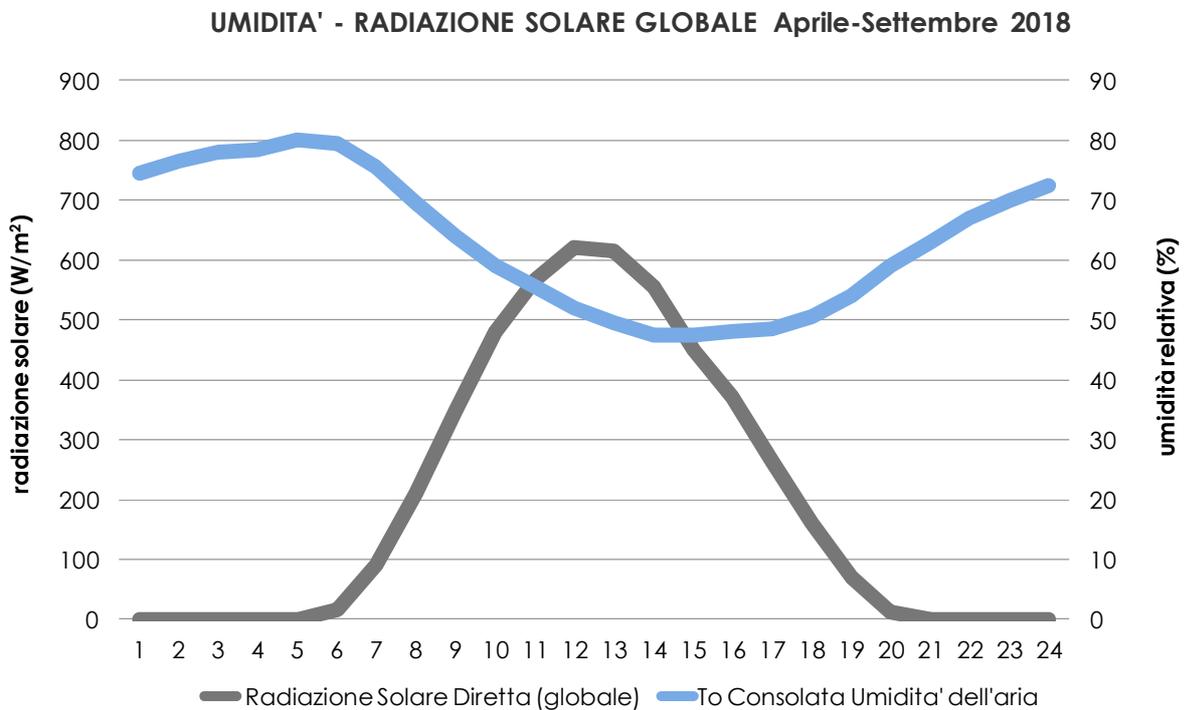


FIGURA 44: giorno medio Umidità relativa e radiazione solare – Aprile-Settembre 2018.

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'ammonio³¹.

In generale per tutte le classi dimensionali il picco serale nel periodo più freddo si verifica alle ore 20-21 rispetto alle ore 22-23 dell'estate, presumibilmente a causa del posticipo delle condizioni di stabilità notturna nel periodo caldo rispetto a quello freddo; mediamente infatti dall'analisi dei profili di temperatura con l'altezza risulta che l'ora di inizio dell'inversione termica in inverno si registra alle 19.30, mentre in aprile-settembre alle 21.00.

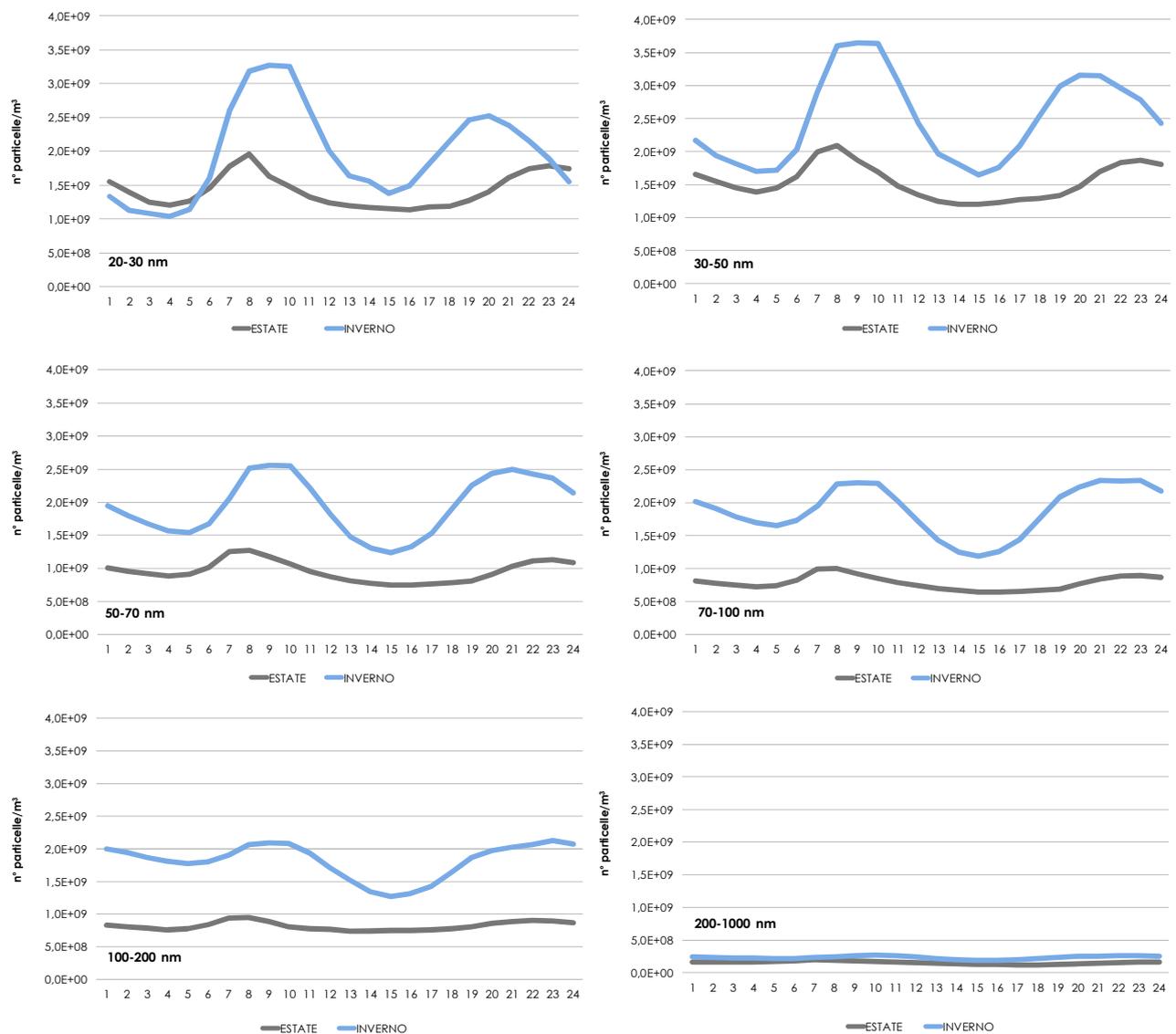


FIGURA 45: andamento giorno medio, confronto per classe dimensionale.

Per quanto riguarda gli andamenti di lungo periodo, in FIGURA 46 è rappresentato l'andamento delle concentrazioni medie mensili totali di particelle relative all'anno 2018.

Si osserva che i massimi assoluti si collocano nel periodo invernale, come per le concentrazioni in massa di PM10 e PM2,5. Per le particelle inferiori ai 50 nm, però, la differenza tra concentrazioni estive ed invernali è più bassa, mentre a partire dai 70 nm ed in particolare per la frazione 100-200 nm aumenta la differenza tra le concentrazioni, che segue l'andamento del PM2,5. La frazione 100-200 nm è quindi quella che maggiormente contribuisce alla massa del particolato ed

³¹ 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

umenta in maniera significativa nel periodo invernale quando si incrementano le emissioni in atmosfera ma anche l'aggregazione/condensazione delle frazioni più fini in frazioni più grossolane.

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

In estate (TABELLA 23) 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. Sono invece ben correlate le concentrazioni di PM10 e PM2,5 al suolo con le particelle superiori ai 100 nm, che hanno una maggiore massa rispetto alle particelle più fini.

ANDAMENTO MEDIE MENSILI - Anno 2018

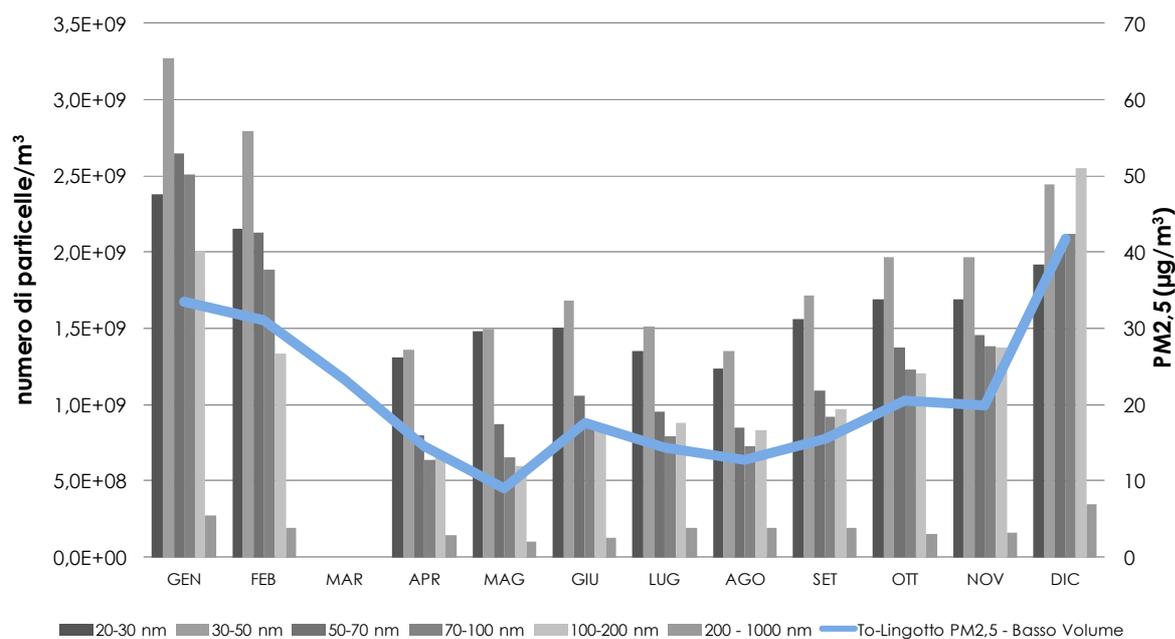


FIGURA 46: medie mensili del numero di particelle.

Nel periodo più freddo invece, come riportato in TABELLA 24, la correlazione delle particelle dai 50 ai 100 nm è buona anche con gli inquinanti di origine primaria, come il monossido di azoto e il benzene. Una possibile spiegazione è legata al fatto che la maggiore stabilità atmosferica e la maggiore frequenza di episodi di inversione termica fa sì che gli inquinanti si accumulino in maniera più omogenea negli strati atmosferici prossimi al suolo. La correlazione tra PM10 e PM2,5 al suolo e le particelle superiori ai 100 nm è ottima, con coefficienti superiori a 0,8. Le particelle con dimensione inferiore ai 30 nm invece risultano scarsamente o per nulla correlate con la concentrazione degli altri gas inquinanti. Dalla fine del 2016 nella stazione di To-Lingotto si è iniziato a misurare l'ammoniaca (NH₃), precursore del particolato soprattutto in periodo invernale, in quanto contribuisce alla formazione di solfato e nitrato d'ammonio. La correlazione con il numero di particelle è scarsa in periodo estivo, ma buona in periodo invernale per le particelle maggiori di 100 nm.

R di Pearson	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200-1000 nm
To-Lingotto, PM10 - Basso Volume	-0.10	0.03	0.29	0.49	0.65	0.61
To-Lingotto, PM2,5 - Basso Volume	-0.13	0.00	0.26	0.49	0.70	0.62
To-Lingotto, O ₃	-0.21	-0.19	-0.14	0.01	0.23	0.18
To-Lingotto, NO	0.24	0.24	0.25	0.20	0.04	-0.13
To-Lingotto, NO ₂	0.35	0.39	0.48	0.43	0.23	-0.05
To-Lingotto, Benzene	0.16	0.16	0.18	0.15	0.04	-0.04
To-Lingotto, NH ₃	-0.14	-0.10	0.12	0.33	0.56	0.49

TABELLA 23: correlazioni con i principali parametri chimici nel periodo aprile-settembre 2018.

R di Pearson	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200-1000 nm
To-Lingotto, PM10 - Basso Volume	0.17	0.32	0.49	0.64	0.85	0.94
To-Lingotto, PM2,5 - Basso Volume	0.14	0.30	0.48	0.64	0.85	0.95
To-Lingotto, O ₃	-0.31	-0.44	-0.56	-0.64	-0.64	-0.55
To-Lingotto, NO	0.51	0.60	0.70	0.79	0.88	0.68
To-Lingotto, NO ₂	0.56	0.60	0.63	0.65	0.64	0.45
To-Lingotto, Benzene	0.48	0.60	0.73	0.84	0.92	0.83
To-Lingotto, NH ₃	0.16	0.22	0.34	0.51	0.79	0.64

TABELLA 24: correlazioni con i principali parametri chimici nel periodo gennaio-marzo più ottobre-dicembre 2018.

ANALISI DELLA SERIE STORICA

Il monitoraggio è stato condotto in quota (a 50 m) da ottobre 2009 fino a luglio 2012. In FIGURA 47 si evidenzia l'andamento dal 2010 al 2018, escludendo il 2009 in quanto sono stati misurati solo dati invernali. La concentrazione numerica delle particelle è stata messa a confronto con la media del PM2,5 nello stesso periodo di monitoraggio. Il 2010, il 2014, il 2016 ed il 2018 sono stati caratterizzati da una meteorologia molto favorevole alla dispersione delle polveri PM10, in quanto sono stati rilevanti i fenomeni di precipitazione in termini di mm di pioggia caduti e numero di giorni piovosi. In particolare il 2014 ed il 2016 hanno registrato il superamento del valore limite annuale del PM10 esclusivamente nella stazione di To-Grassi in tutto il territorio provinciale, fenomeno mai avvenuto in precedenza; il 2018 è stato ancora migliore in quanto nessuna stazione provinciale ha superato il limite annuale. Il 2018 è stato l'anno che ha registrato il minor numero di giorni favorevoli all'accumulo da quando è iniziato il monitoraggio del numero di particelle, ma se il PM10 in Torino e provincia ha registrato i valori tra i più bassi mai misurati da sempre, il numero di particelle è stato il quinto più alto mai rilevato da quando ne è iniziata la misura. L'andamento complessivo del numero di particelle non rispecchia quindi quello della concentrazione in massa del particolato, fenomeno evidente soprattutto nei primi quattro anni di monitoraggio, mentre dal 2014 l'andamento dei due parametri appare maggiormente correlato.

Scendendo nel dettaglio della distribuzione del numero di particelle per classe dimensionale (FIGURA 48), si osserva che nel 2010 è stata molto maggiore la presenza di particelle nelle classi più fini (dai 20 ai 50 nm sono il 65% del totale) rispetto a quelle più grandi a confronto con i valori registrati negli anni successivi dal 2011 al 2013, che si attestano al 25% rispetto al totale delle particelle. Nel quadriennio 2014-2018 aumenta nuovamente la percentuale delle particelle sotto i 50 nm, che raggiungono il 38 % del totale. Queste differenze, più che essere specifiche del sito di misura, sembrano maggiormente attribuibili alle caratteristiche meteorologiche verificatesi negli anni in esame, in quanto lo strumento è rimasto in quota a 50 m dal 2009 al 2012 e solo nel 2013 è stato spostato al suolo. Inoltre, a supporto di tale ipotesi, nel 2010 in periodo invernale sono state confrontate misure di PM2,5 in quota e al suolo dalle quali è emerso come l'andamento e i valori assoluti siano molto simili, per cui si può ipotizzare che queste altezze stiano all'interno dello strato rimescolato e quindi non ci siano notevoli differenze.

In alcuni casi, come negli anni 2010 e 2014, la maggiore presenza in percentuale di particelle più fini potrebbe essere attribuita proprio alle alte precipitazioni che si sono verificate, poiché la pioggia abbatte in maniera più efficace le particelle di dimensioni maggiori, come già evidenziato nel 2013 (vedasi in Sguardo all'aria 2013 il capitolo "Studio della concentrazione numerica di particelle ultrafini nell'area metropolitana torinese – Risultati Anno 2013 e confronto con misure in quota"). Allora si è valutato complessivamente che le precipitazioni avevano ridotto le concentrazioni numeriche di circa il 20% per la classe più fine (20-30 nm), mentre per la classe di

maggiori dimensioni (200-1000 nm) l'abbattimento arrivava al 50%. L'anno 2015 è stato anomalo, in quanto nei primi dieci mesi dell'anno le precipitazioni sono assolutamente confrontabili con quelle verificatesi nel 2014 (903 contro 859 mm di pioggia del 2014), ma nel novembre-dicembre a Torino non è piovuto, pertanto nelle statistiche complessive il 2015 risulta in deficit pluviometrico rispetto alla norma 1971-2000. Il numero di particelle sotto i 50 nm nel 2015 è il 34%, quindi molto simile al 35% del 2014. Il 2016 è stato più piovoso rispetto all'anno precedente, sia in termini di precipitazioni totali, sia in termini di numero di giorni piovosi (il mese con meno precipitazioni è risultato gennaio, con un solo giorno di pioggia); in questo caso il numero di particelle sotto i 50 nm è aumentato rispetto al 2015, confermando la giustificazione riguardo la maggiore efficacia di abbattimento delle particelle più grandi da parte della pioggia. Nel 2017 le precipitazioni sono state le più scarse dal 2010, ma sono aumentate le particelle sotto i 50 nm, che hanno rappresentato il 41 % del totale. L'andamento quindi è in contrasto con quanto appena illustrato, ma si deve considerare l'anomalia del periodo ottobre-dicembre, nel quale il numero di particelle è notevolmente aumentato rispetto ai mesi precedenti. Il numero di particelle del quarto trimestre 2017 ha rappresentato circa il 41% delle particelle misurate nell'anno, fenomeno che si può ricondurre anche alla presenza degli incendi in Piemonte nel mese di ottobre.

Nel 2018 le precipitazioni sono state abbondanti, il numero di particelle sotto i 50 nm rappresenta il 42% del totale, la percentuale più alta dietro il 2010, quando il numero di particelle più fini è stato il 65%.

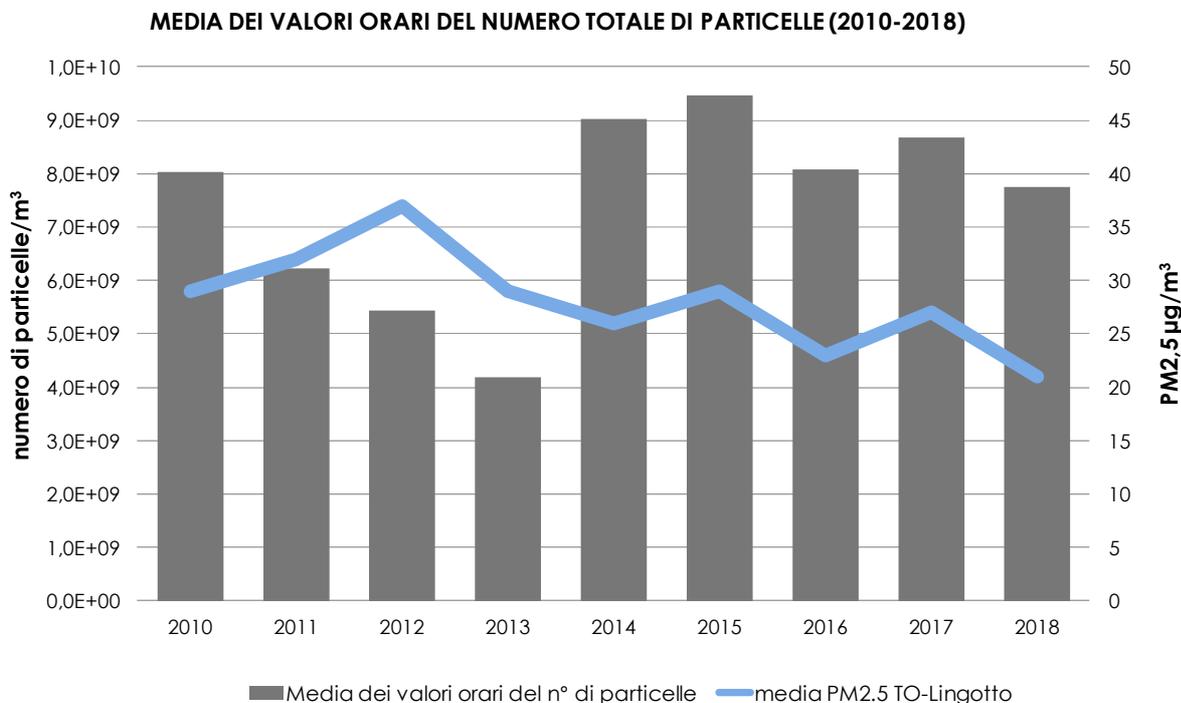


FIGURA 47: andamento dei valori medi annuali del numero di particelle e del PM2,5 dal 2010 al 2018.

DISTRIBUZIONE PERCENTUALE RISPETTO AL TOTALE

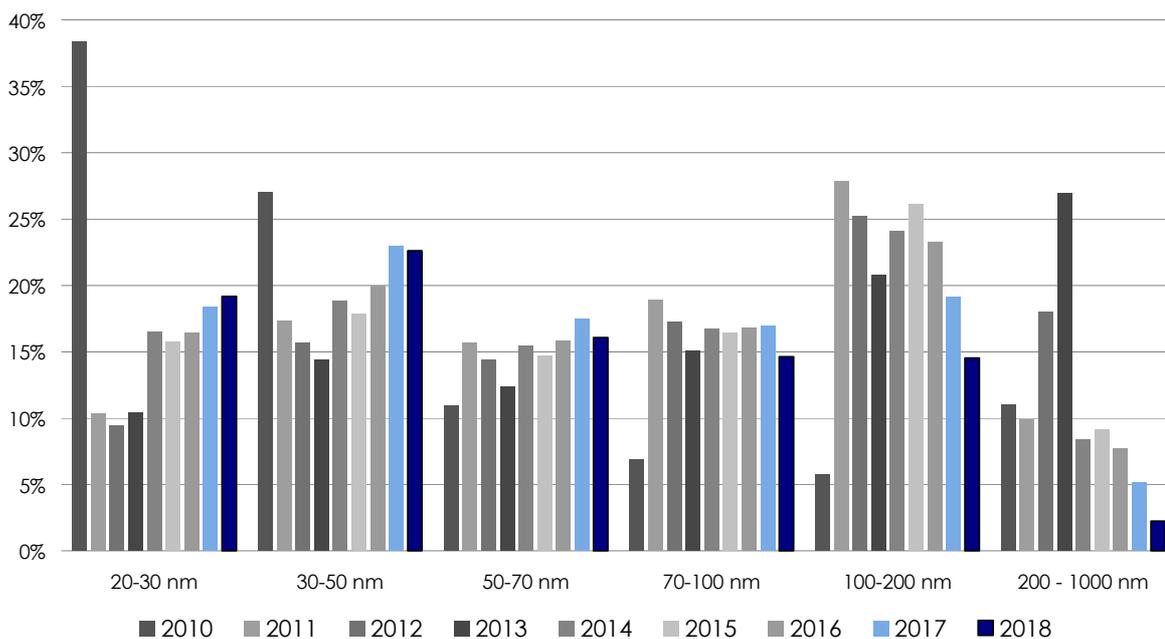


FIGURA 48: andamento della distribuzione percentuale nelle varie classi del numero di particelle.

CONCLUSIONI

Vi è una buona correlazione di lungo periodo con le misure in massa di PM₁₀-PM_{2,5} effettuate nella stessa stazione soltanto per le particelle superiori ai 100 nm, mentre non si presenta correlazione significativa con le particelle di dimensioni più fini. L'andamento temporale di lungo periodo delle medie mensili, da un punto di vista qualitativo, presenta analogie con l'andamento del PM₁₀-PM_{2,5} per le particelle superiori ai 50 nm.

Incrementi notevoli nel numero totale di particelle possono verificarsi in corrispondenza di diverse condizioni meteorologiche:

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

METALLI

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

L. Milizia, 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 dalle attività antropiche.

Riguardo l'inquinamento atmosferico i metalli che maggiormente preoccupano sono generalmente As (arsenico), Cd (cadmio), Co (cobalto), Cr (cromo), Mn (manganese), Ni (nicel) 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 (saturnismo), ad esempio, è responsabile di anemia emolitica e danni neurologici.

Tra i metalli che sono più comunemente monitorati nel particolato atmosferico, quelli di maggiore rilevanza sotto il profilo tossicologico sono il nichel, il cadmio e il piombo. I composti del nichel e del cadmio sono classificati dalla Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro come cancerogeni per l'uomo; l'Organizzazione Mondiale della Sanità stima che, a fronte di una esposizione ad una concentrazione di nichel nell'aria di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per l'intera vita, quattro persone su diecimila siano a rischio di contrarre il cancro. Nella TABELLA 25 sono riportati i valori obiettivo per As, Cd e Ni e il valore limite per la protezione della salute umana per il Pb previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155.

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

TABELLA 25: D.Lgs. 13/8/2010 n. 155, valori limite e valori obiettivo per i metalli.

ESAME DEI DATI

I dati riportati nelle tabelle che seguono (TABELLA 26, TABELLA 27, TABELLA 28 e TABELLA 29) si riferiscono alle concentrazioni medie annuali di arsenico, cadmio, nichel e piombo determinate nel materiale particolato aerodisperso PM10, campionato in 14 stazioni ubicate nella città metropolitana di Torino. Dal 2017 la determinazione dei metalli è stata effettuata solo sulla frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm.

Le concentrazioni di As, Cd e Ni sono espresse in ng/m³, quelle relative al piombo in µg/m³.

I limiti previsti dal D.Lgs. 155 del 13/8/2010 sono rispettati per tutti i parametri in tutti i siti monitorati e mostrano un generale decremento nel corso del 2018 rispetto al 2017.

La presenza di **arsenico** 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.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2018 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di ARSENICO nel materiale particolato aerodisperso (ng/m ³)											
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Beinasco-TRM	97%						0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Borgaro	96%	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7*	0,7*	0,7*	0,7*	0,7	0,7	0,7	0,7
Carmagnola	99%	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Ceresole Reale	78%		0,7*	0,7*	0,7*	0,7*	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7*
Druento	99%	0,7	0,7*	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Ivrea	94%	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7*	0,7	0,7
Oulx	97%						0,7	0,7*	0,7*	0,7	0,7	0,7	0,7
Settimo	88%										0,7*	0,7*	0,7*
Susa	96%	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
To-Consolata	92%	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
To-Grassi	84%	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7*	0,7*	0,7*	0,7*	0,7	0,7	0,7	0,7*
To-Lingotto PM10	89%	0,7*	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7*
To-Rebaudengo	97%					0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
To-Rubino	87%	0,9	0,7*	0,7	1,2	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7*

* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 26: concentrazioni medie annuali di arsenico determinate sul Particolato Atmosferico, 2008-2018.

Per il **cadmio** in tutti i siti la concentrazione è significativamente inferiore rispetto al valore obiettivo di 5 ng/m³. Nel 2018 si osserva un generale decremento dei livelli registrati rispetto all'anno precedente.

Nel corso del 2017 il cadmio registrato presso la stazione di Settimo T.se risulta elevato a causa dell'esigua percentuale di dati validi disponibili (pari a 30%); la ricerca dei metalli presso questa stazione è stata condotta a partire dal mese di settembre.

I livelli di cadmio più bassi sono stati rilevati presso le stazioni di Ceresole, Druento e Susa, analogamente agli anni precedenti. Nelle altre stazioni del territorio comunale e provinciale i livelli di cadmio risultano piuttosto uniformi con valori compresi tra 0,07 e 0,26 ng/m³.

A livello di composizione percentuale (TABELLA 30) si osserva una riduzione della presenza di tale metallo nelle polveri campionate in tutti i siti rispetto agli anni precedenti.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2018 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di CADMIO nel materiale particolato aerodisperso (ng/m ³)										
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Beinasco-TRM	97%						0,20	0,10	0,20	0,20	0,20	0,10
Borgaro	96%	0,25	0,19	0,17	0,30	0,21	0,17	0,12	0,16	0,15	0,14	0,13
Carmagnola	99%	0,33	0,22	0,18	0,27	0,19	0,15	0,11	0,13	0,12	0,13	0,10
Ceresole Reale	78%		0,12*	0,07*	0,07*	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07*
Druento	99%	0,21	0,14*	0,10	0,19	0,11	0,10	0,07	0,09	0,08	0,08	0,07
Ivrea	94%	0,28	0,17	0,16	0,29	0,18	0,12	0,13	0,14	0,12	0,11*	0,10
Oulx	97%						0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Settimo	88%										0,30*	0,10*
Susa	96%	0,11	0,10	0,07	0,12	0,10	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
To-Consolata	92%	0,38	0,25	0,19	0,32	0,28	0,24	0,15	0,17	0,14	0,15	0,10
To-Grassi	84%	0,38	0,31	0,23	0,52	0,39	0,28	0,21	0,36	0,22	0,23	0,15*
To-Lingotto PM10	89%	0,30*	0,25	0,19	0,31	0,26	0,19	0,14	0,17	0,15	0,13	0,10*
To-Rebaudengo	97%					0,42	0,33	0,27	0,38	0,26	0,26	0,19
To-Rubino	87%	0,29*	0,23*	0,17	0,27	0,23	0,19	0,13	0,16	0,15	0,15	0,11*

* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 27: concentrazioni medie annuali di cadmio determinate sul Particolato Atmosferico, 2008-2018.

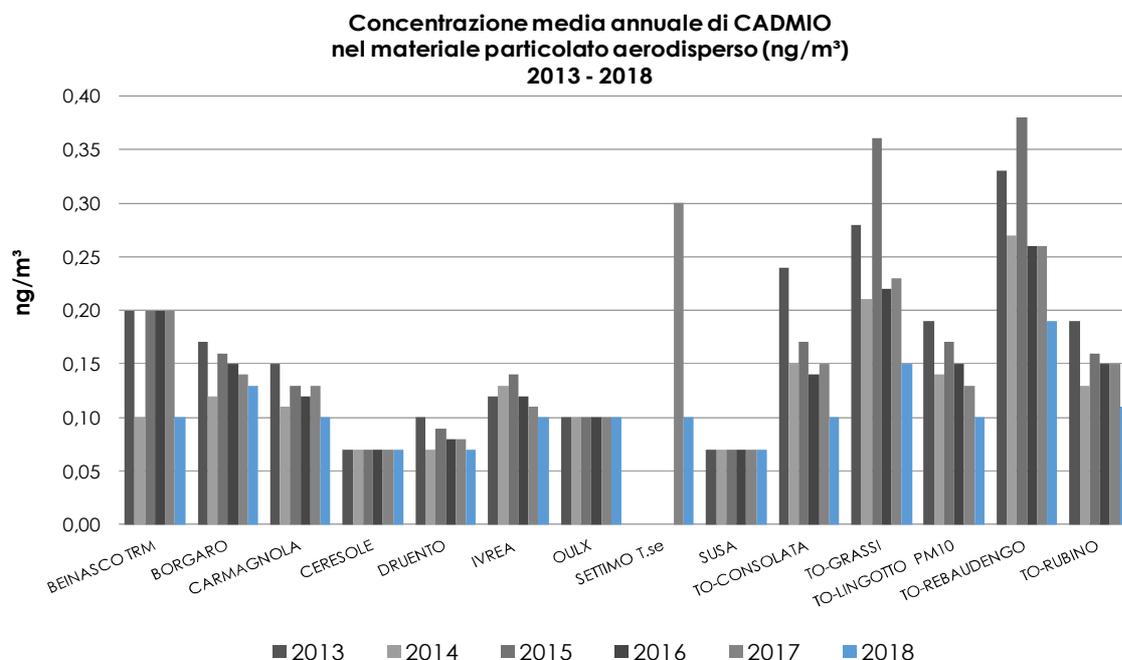


FIGURA 49: concentrazioni medie annuali di cadmio determinate sul Particolato Atmosferico 2013-2018.

Per il **nichel** si osserva una generale diminuzione delle concentrazioni rispetto all'anno 2017, anno in cui le condizioni meteorologiche hanno favorito l'accumulo degli inquinanti. I valori si confermano ampiamente al di sotto del valore obiettivo previsto dal D.Lgs. n. 155/2010 (20 ng/m³). I valori maggiori vengono registrati nelle stazioni di traffico dell'area metropolitana di To-Grassi, To-Consolata e To-Rebaudengo.

Analogamente a tutti gli altri parametri la concentrazione più bassa di nichel è stata rilevata nel sito montano di Ceresole con un valore pari a 0,8 ng/m³, mentre nelle altre stazioni della provincia le concentrazioni sono al di sotto dei 4 ng/m³.

A livello di presenza percentuale di nichel nelle polveri PM10 si osserva un generale riduzione rispetto agli anni precedenti, la diminuzione rilevata rispetto al 2017 è legata alle condizioni meteorologiche meno critiche registrate nell'ultimo anno. Il valore piuttosto elevato riscontrato presso la stazione di Settimo T.se nel 2017 è ascrivibile al fatto che l'analisi dei metalli è stata condotta a partire dal mese di settembre e questo determina una percentuale di giorni validi su base annuale pari a 30%, non rappresentativa dell'intero anno solare.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2018 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di NICHEL nel materiale particolato aerodisperso (ng/m ³)										
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Beinasco-TRM	97%						2,9	2,7	3,0	2,2	2,7	2,2
Borgaro	96%	6,1	6,2	4,3	5,2	4,7*	3,4*	3,0*	4,3*	2,4	4,2	2,2
Carmagnola	99%	4,2	5,0	4,0	5,1*	3,9	3,2	2,5	3,0	1,9	2,9	2,2
Ceresole Reale	78%		1,9*	1,3*	1,6*	1,0*	0,7	0,9	0,9	0,8	0,9	0,8*
Druento	99%	4,2	4,4*	3,5	4,0	3,2	1,6	1,5	3,8	1,1	2,6	1,3
Ivrea	94%	4,5	5,1	3,7	4,4	3,2	2,4	2,2	3,0	1,6	2,2*	1,4
Oulx	97%						1,4	1,8*	1,7*	1,3	2,0	1,3
Settimo	88%										4,0*	2,3*
Susa	96%	2,5	2,8	2,5	3,4	2,2	1,1	1,9	2,7	1,4	1,4	1,0
To-Consolata	92%	8,2	9,3	8,3	8,3	7,3	4,9	4,8	5,3	3,7	3,7	2,7
To-Grassi	84%	8,2	9,4	7,6	8,7	7,9*	5,8*	5,0*	5,5*	3,9	4,8	3,2*
To-Lingotto PM10	89%	4,1*	5,7	5,1	5,6	4,8	3,5	3,2	3,3	2,2	2,5	1,4*
To-Rebaudengo	97%					7,2	5,2	4,5	4,6	3,0	3,0	2,3
To-Rubino	87%	5,6	6,1*	4,7	5,2	4,8	3,0	3,2	3,4	2,0	2,8	1,7*

* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 28: concentrazioni medie annuali di nichel determinate sul Particolato Atmosferico, 2008-2018.

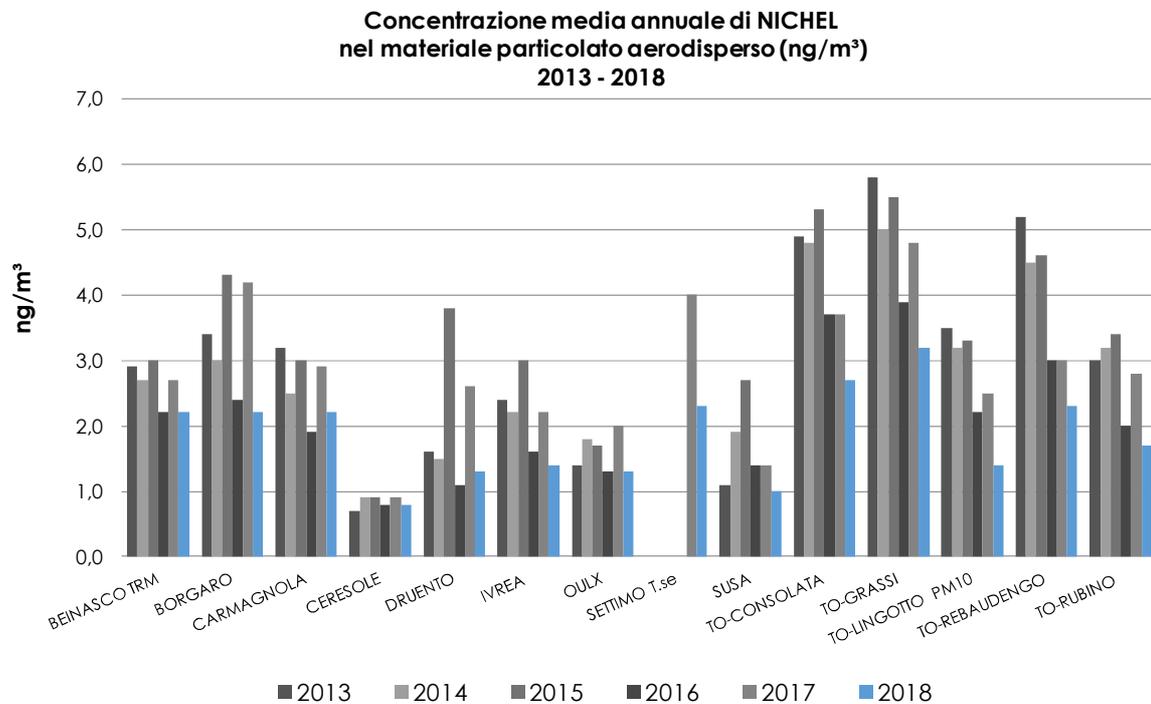


FIGURA 50: concentrazioni medie annuali di nichel determinate sul Particolato Atmosferico – 2013-2018

Per quanto riguarda il **piombo** in FIGURA 51 è riportata la serie storica a partire dagli anni '70. Attualmente i livelli di piombo sono due ordini di grandezza inferiori rispetto ai rilevamenti dei primi anni di monitoraggio. Già a partire dal 2001 le medie annuali sono di un ordine di grandezza inferiori al limite previsto dalla normativa (0,5 µg/m³). Anche per il piombo, si osservano gli andamenti descritti per gli altri metalli: rispetto al 2017 si registra una generale diminuzione delle concentrazioni.

La stazione con il valore maggiore, registrato nel 2018, è quella di P.zza Regaudengo dove si è rilevata una concentrazione di piombo pari a 0,011 µg/m³ (nel 2017 era pari a 0,016 µg/m³) anche il livello di composizione percentuale è superiore rispetto alle altre stazioni dell'area metropolitana.

Tuttavia, per tutti i siti i livelli risultano ampiamente al di sotto del valore limite e le concentrazioni risultano particolarmente basse nelle stazioni di Ceresole e Oulx.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2018 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di PIOMBO nel materiale particolato aerodisperso (µg/m ³)										
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Beinasco-TRM	97%						0,009	0,008	0,008	0,007	0,006	0,005
Borgaro	96%	0,013	0,011	0,010	0,013	0,009*	0,009	0,006	0,009	0,007	0,007	0,006
Carmagnola	99%	0,011	0,010	0,009	0,011	0,008	0,007	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004
Ceresole Reale	78%		0,002*	0,002*	0,002*	0,001*	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001
Druento	99%	0,007	0,008*	0,007	0,008	0,006	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005	0,003
Ivrea	94%	0,010	0,010	0,010	0,010	0,006	0,006	0,004	0,005	0,004	0,006	0,004
Oulx	97%						0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
Settimo	88%										0,015	0,006
Susa	96%	0,009	0,008	0,007	0,006	0,005	0,004	0,004	0,003	0,003	0,004	0,003
To-Consolata	92%	0,016	0,016	0,013	0,015	0,013	0,01	0,008	0,010	0,008	0,009	0,006
To-Grassi	84%	0,020	0,018	0,017	0,020	0,018*	0,012	0,012	0,020	0,011	0,011	0,008
To-Lingotto PM10	89%	0,010*	0,012	0,011	0,012	0,009	0,007	0,007	0,009	0,007	0,007	0,005
To-Rebaudengo	97%					0,020	0,019	0,015	0,021	0,013	0,016	0,011
To-Rubino	87%	0,011	0,012*	0,011	0,011	0,010	0,009	0,007	0,008	0,006	0,007	0,005

* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 29: concentrazioni medie annuali di piombo determinate sul Particolato Atmosferico, 2008-2018.

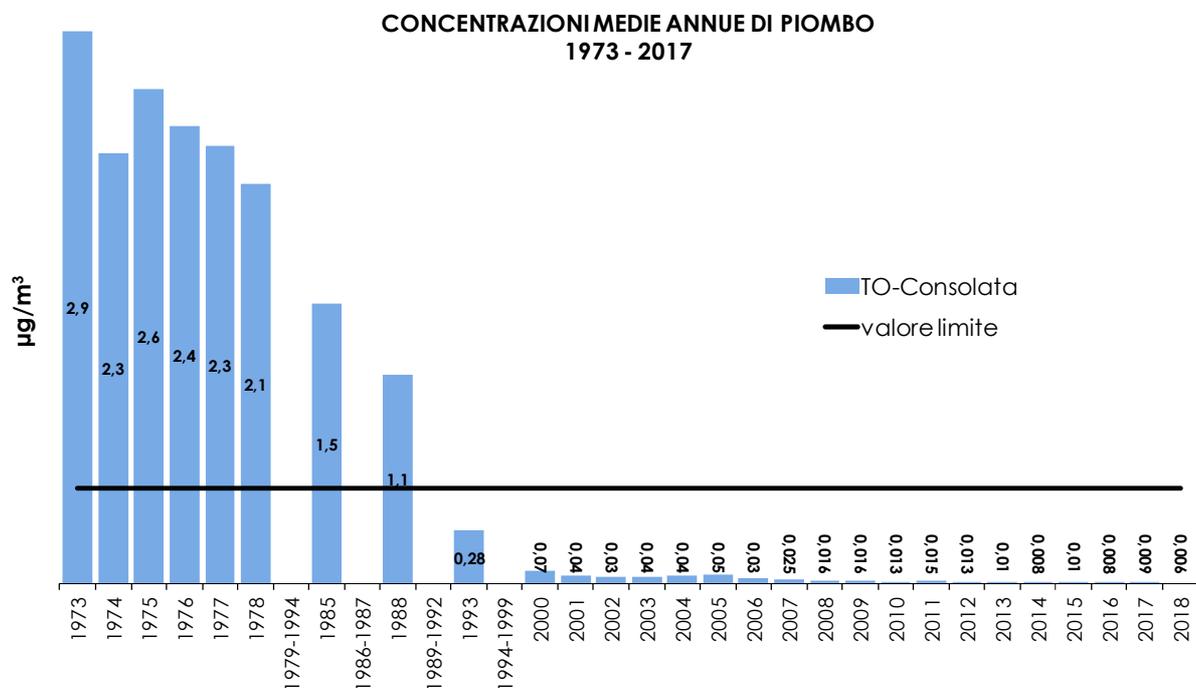


FIGURA 51: parametro piombo, medie annuali misurate presso la stazione di TO-Consolata nel periodo 1973 – 2018.

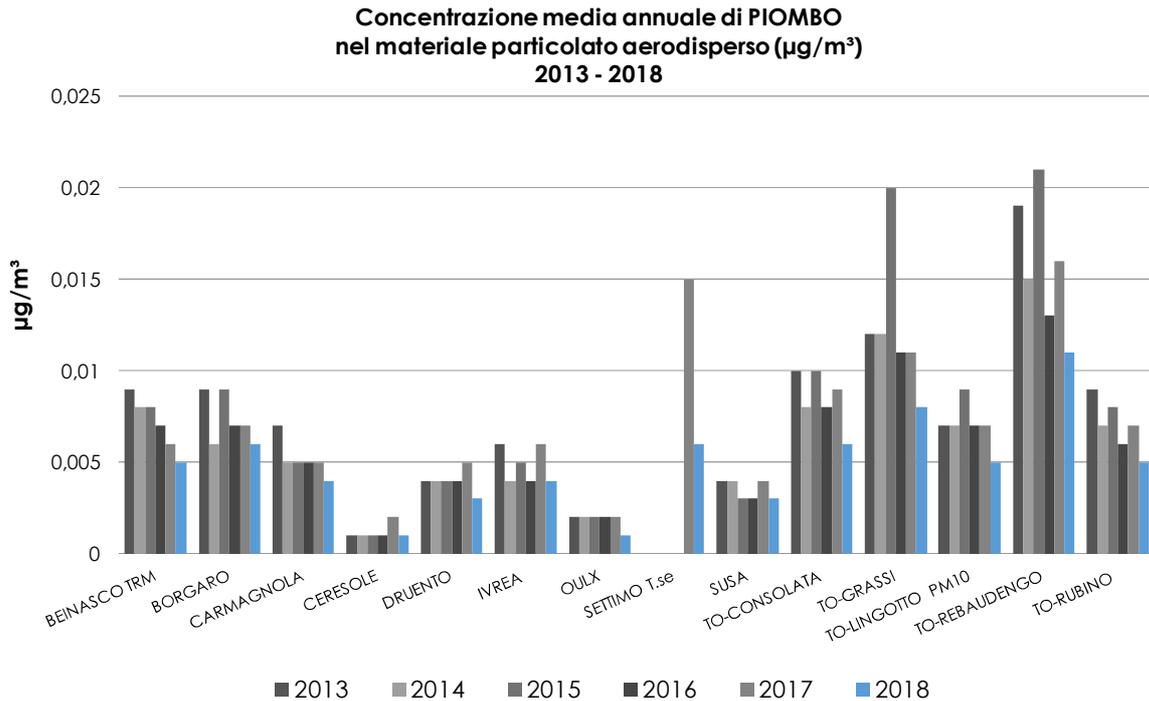


FIGURA 52: concentrazioni medie annuali di piombo determinate sul Particolato Atmosferico – 2013-2018.

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 città metropolitana di Torino di significative attività estrattive e metallurgiche, nonché alla dismissione di grandi centrali termoelettriche a carbone e ad olio combustibile, che sono le principali sorgenti antropiche di metalli pesanti quali arsenico, cadmio e piombo. Il quadro di insieme registrato nel 2018 mostra una generale diminuzione dei livelli rispetto agli anni precedenti.

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), tipologia di attività che può essere fonte di metalli pesanti, si osserva per tutti i metalli previsti dalla normativa un livello di concentrazione, negli anni di rilevamento disponibili, paragonabile a quelli rilevati in stazioni della rete di simile tipologia.

STAZIONE	Percentuale in massa dei metalli nel particolato %Cd										
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Beinasco-TRM						0,0006	0,0003	0,0006	0,0007	0,0006	0,0004
Borgaro	0,0006	0,0005	0,0005	0,0007	0,0005*	0,0005	0,0004	0,0005*	0,0005	0,0004	0,0004
Carmagnola	0,0005	0,0004	0,0004	0,0005	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Ceresole Reale		0,0013*	0,001*	0,0009*	0,0008	n.c.	n.c.	n.c.	0,0008	0,0006	0,0006
Druento	0,0007	0,0004	0,0004	0,0006	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003
Ivrea	0,0008	0,0005*	0,0006	0,0008	0,0005	0,0004	0,0006	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004
Oulx						0,0006	0,0006	0,0006*	0,0006	0,0006	0,0006
Settimo										0,0007	0,0003
Susa	0,0004	0,0005	0,0003	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003	0,0004
To-Consolata	0,0007	0,0005	0,0004	0,0006	0,0006	0,0006	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003
To-Grassi	0,0006	0,0005	0,0005	0,0009	0,0007	0,0006	0,0005	0,0007*	0,0005	0,0005	0,0004
To-Lingotto PM10	0,0007*	0,0006	0,0005	0,0007	0,0006	0,0005	0,0004	0,0005	0,0004	0,0003	0,0004
To-Rebaudengo						0,0009	0,0007	0,0009	0,0007	0,0006	0,0005
To-Rubino	0,0007*	0,0005*	0,0004	0,0006	0,0006	0,0005	0,0004	0,0004	0,0005	0,0004	0,0004
STAZIONE	Percentuale in massa dei metalli nel particolato %Ni										
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Beinasco-TRM						0,009	0,009	0,009	0,008	0,008	0,008
Borgaro	0,014	0,015	0,012	0,012	0,011	0,010	0,010	0,012*	0,008	0,011	0,007
Carmagnola	0,015	0,010	0,009	0,010	0,008	0,008	0,007	0,007	0,005	0,006	0,006
Ceresole Reale		0,021	0,018	0,020	0,011	0,012	0,018	0,013	0,009	0,008	0,007
Druento	0,013	0,014	0,013	0,013	0,011	0,007	0,008	0,017	0,005	0,010	0,006
Ivrea	0,013	0,015	0,013	0,013	0,009	0,009	0,010	0,011	0,006	0,007	0,006
Oulx						0,008	0,011	0,009*	0,008	0,011	0,007
Settimo										0,009	0,006
Susa	0,010	0,013	0,011	0,015	0,011	0,006	0,012	0,015	0,008	0,006	0,006
To-Consolata	0,015	0,018	0,019	0,017	0,015	0,012	0,014	0,013	0,011	0,009	0,008
To-Grassi	0,013	0,017	0,015	0,015	0,013	0,012	0,012	0,011*	0,009	0,010	0,008
To-Lingotto PM10	0,010	0,014	0,014	0,013	0,011	0,009	0,010	0,009	0,006	0,006	0,005
To-Rebaudengo						0,014	0,011	0,011	0,008	0,007	0,006
To-Rubino	0,013	0,014	0,012	0,011	0,012	0,009	0,010	0,009	0,006	0,007	0,006
STAZIONE	Percentuale in massa dei metalli nel particolato %Pb										
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Beinasco-TRM						0,027	0,027	0,024	0,024	0,017	0,018
Borgaro	0,030	0,027	0,027	0,030	0,021	0,026	0,019	0,026*	0,023	0,018	0,020
Carmagnola	0,033	0,020	0,020	0,020	0,016	0,017	0,014	0,012	0,014	0,011	0,011
Ceresole Reale		0,022	0,029	0,025	0,011	0,017	0,020	0,014	0,011	0,018	0,009
Druento	0,022	0,025	0,026	0,026	0,021	0,017	0,021	0,017	0,019	0,019	0,014
Ivrea	0,029	0,030	0,036	0,029	0,018	0,022	0,017	0,018	0,015	0,019	0,016
Oulx						0,011	0,012	0,011*	0,013	0,011	0,006
Settimo										0,034	0,017
Susa	0,036	0,038	0,032	0,026	0,024	0,022	0,025	0,017	0,018	0,018	0,017
To-Consolata	0,030	0,031	0,030	0,030	0,027	0,025	0,023	0,025	0,023	0,021	0,018
To-Grassi	0,033	0,032	0,034	0,034	0,030	0,026	0,028	0,038*	0,026	0,023	0,020
To-Lingotto PM10	0,023	0,029	0,031	0,027	0,021	0,018	0,022	0,025	0,021	0,018	0,018
To-Rebaudengo						0,051	0,038	0,049	0,035	0,035	0,028
To-Rubino	0,026	0,027	0,028	0,023	0,025	0,026	0,023	0,022	0,019	0,018	0,017

TABELLA 30: concentrazioni medie annuali di cadmio, nichel e piombo determinate sul Particolato Atmosferico, 2008-2018.

IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

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

E. Calderaro, ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.

DESCRIZIONE

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici, noti come IPA, sono composti chimici organici formati da due o più anelli aromatici condensati. Gli IPA presenti in aria ambiente si originano prevalentemente dalla combustione incompleta della biomassa e dei combustibili fossili utilizzati per la produzione di energia. Gli IPA sono presenti nell'atmosfera in quantità più contenute rispetto ad altri inquinanti e la loro concentrazione negli ultimi anni è diminuita in seguito all'adozione dei convertitori catalitici sui veicoli, l'introduzione di moderne tecnologie di riduzione delle emissioni industriali, la chiusura/delocalizzazione delle grandi industrie manifatturiere presenti sul territorio e l'utilizzo di combustibili a minore impatto ambientale. Infatti, 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 notevolmente maggiore di quella emessa da un impianto alimentato con combustibile liquido (kerosene, gasolio da riscaldamento, ecc.); l'aggiornamento del 2016 del "EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook" stima un fattore di emissione di oltre 1000 volte superiore⁶⁷.

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, dal momento che per la quasi totalità sono adsorbiti sulla frazione di particolato con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm, ossia la frazione che più facilmente raggiunge la regione alveolare del polmone e da qui il sangue.

I dati ricavati da test su animali di laboratorio indicano che molti IPA hanno effetti sanitari rilevanti che includono l'immunosoppressione, 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 genera sugli animali da laboratorio tumori a livello di diversi tessuti ed è inoltre l'unico idrocarburo policiclico aromatico per il quale sono disponibili studi approfonditi di tossicità per inalazione, che evidenziano come questo composto sia in grado di indurre il tumore polmonare in alcune specie.

A tal proposito, l'International Agency for Research on Cancer (IARC)⁶⁸ 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".

La normativa italiana (D.Lgs. 155/2010) prevede per gli IPA determinati nella frazione PM10 del particolato atmosferico un valore limite di concentrazione esclusivamente per il benzo(a)pirene, come riportato in TABELLA 31. Non sono previsti limiti normativi per gli altri IPA perché, essendo il BaP il composto più pericoloso per la salute, viene considerato come rappresentativo dell'inquinamento ambientale dell'intero gruppo degli IPA.

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

TABELLA 31: benzo(a)pirene, valori di riferimento e normativa in vigore.

⁶⁷ EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook – 2016 Part. 1.A.4. Small Combustion Tab. 3-5 e Tab. 3-6

⁶⁸ International Agency for Research on Cancer (IARC) –Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A last updated 2 april 2009

ESAME DEI DATI

In TABELLA 32 sono riportate le concentrazioni medie annuali di Benzo(a)Pirene rilevate nella frazione di particolato atmosferico con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm a partire dal 2007 nelle stazioni presenti sul territorio provinciale. Come si evince dalla tabella, nel corso degli anni il numero delle stazioni presso le quali sono state effettuate le analisi degli IPA è aumentato, in seguito alla revisione della rete di monitoraggio e all'installazione della stazione TRM di Beinasco, che è stata attivata per monitorare la zona di massima ricaduta delle emissioni prodotte dal termovalorizzatore.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2018 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di Benzo(a)pirene nel materiale particolato aerodisperso (ng/m ³)											
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Beinasco-TRM	97%							0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,5
Borgaro	96%	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8*	0,7*	0,7*	0,9*	0,8	0,8	0,6
Carmagnola	99%	0,8*	0,7	0,7	0,7	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,5
Ceresole Reale	80%			0,2*	0,1*	0,1*	0,1*	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0*
Druento	99%	0,4	0,4	0,5*	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2
Ivrea	94%	0,9*	0,7	0,8	0,7	0,8	0,8	0,9	0,7	1,1	0,8	0,9*	0,6
Oulx	97%							0,5	0,5*	0,5*	0,3	0,3	0,2
Settimo	86%						1,0	1,2	1,3	1,4	1,1	1,3*	0,7*
Susa	96%	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4
To-Consolata	92%	0,6	0,6	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,4
To-Grassi	84%	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	1,1*	1,1*	1,0*	1,7*	0,9	1,0	0,7*
To-Lingotto PM10	89%	0,7	0,6*	0,6	0,6	0,8	0,7	0,8	0,8	0,9	0,7	0,8	0,5*
To-Rebaudengo	98%						0,9	1,2	1,1	1,2	1,1	1,6	0,7
To-Rubino	87%	0,4	0,5	0,6*	0,5	0,8	0,7	0,8	0,7	0,9	0,7	0,7	0,5*

* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 32: concentrazioni medie annuali di benzo(a)pirene rilevate sul Particolato Atmosferico– 2007-2018.

Si precisa che per l'analisi dei dati sono stati utilizzati i valori di concentrazione relativi alle medie annuali calcolate partendo dalle medie giornaliere; tali valori potrebbero presentare piccole differenze rispetto al valore ricavato dalle medie mensili, a causa del diverso peso statistico dei singoli mesi.

I dati raccolti nel corso del 2018 mostrano una generale diminuzione dei valori della concentrazione media annuale del B(a)P rispetto al 2017; in alcuni casi il decremento è stato piuttosto rilevante, come per la stazione di To-Rebaudengo, presso la quale si è registrata una diminuzione del 56%.

Nel corso del 2018 in nessuna stazione si è registrato il superamento del valore obiettivo di 1 ng/m³ fissato per il Benzo(a)Pirene dalla normativa, in controtendenza a quanto si è riscontrato nel periodo compreso tra il 2012 e il 2017.

Nonostante la percentuale di dati validi inferiore al 90% e la conseguente poco significatività del dato di concentrazione media annuale, la stazione con le concentrazioni più basse di B(a)P si conferma quella di Ceresole Reale, per la quale spesso i livelli mensili risultano dell'ordine del limite di quantificazione del metodo. Questo è dovuto principalmente al fatto che la stazione di monitoraggio si trova lontano da fonti di inquinamento antropogenico, ma anche perchè all'altitudine in cui è posizionata la stazione non si verificano le condizioni di stabilità atmosferica invernali che determinano i fenomeni di confinamento al suolo degli inquinanti.

Invece, i maggiori valori di concentrazione media annuale di B(a)P sono stati misurati presso la stazione di To-Rebaudengo, con un valore di 0,7 ng/m³. Nelle stazioni di To-Grassi e Settimo Torinese si è registrato lo stesso valore di concentrazione, ma in queste due stazioni il dato di media annuale risulta poco rappresentativo perchè la percentuale di dati validi è inferiore al 90%.

I valori delle concentrazioni medie mensili registrate presso la stazione di To-Rebaudengo sono stati confrontati con i valori medi, minimi e massimi registrati su tutto il territorio comunale e provinciale. Come evidenziato in FIGURA 53, i valori di concentrazione misurati presso questa stazione, pur essendo i più elevati, non si discostano molto dai valori misurati presso le altre stazioni di monitoraggio.

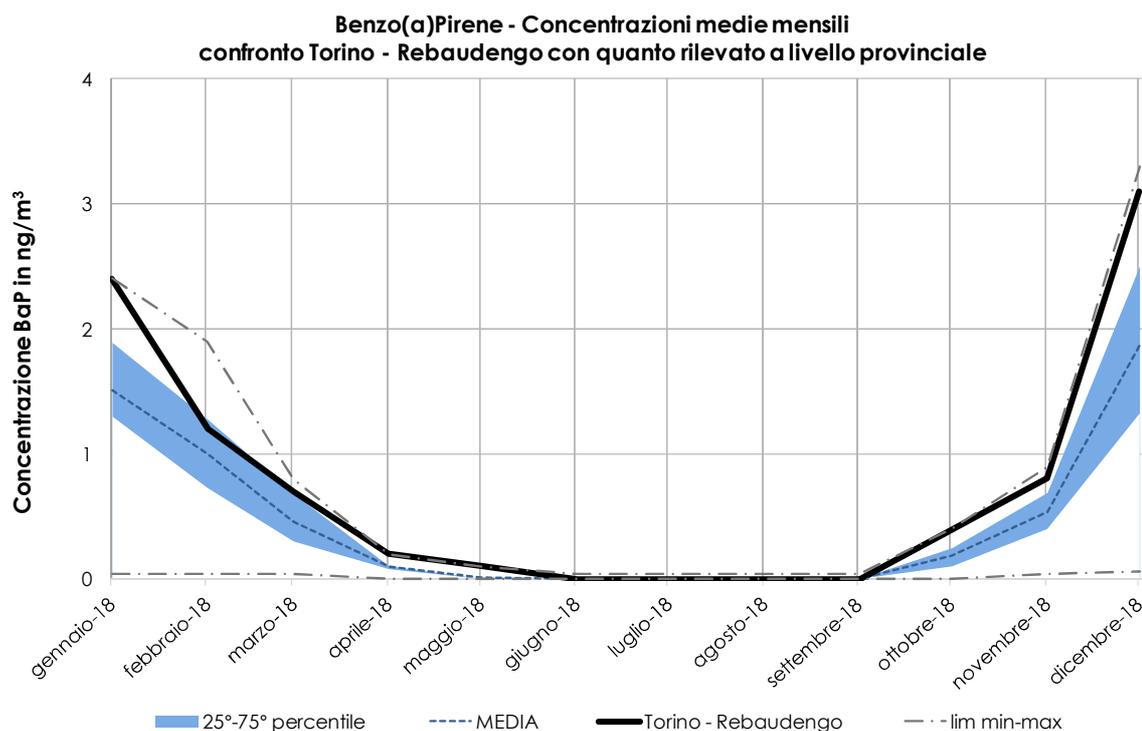


FIGURA 53: benzo(a)pirene presso To-Rebaudengo.

In FIGURA 54 sono state riportate le concentrazioni medie annuali degli IPA totali determinate negli ultimi sei anni presso le stazioni di monitoraggio presenti sul territorio provinciale.

Nel 2018 le maggiori concentrazioni medie annuali degli IPA totali sono state misurate presso la stazione di To-Rebaudengo, pur presentando valori in diminuzione del 47% rispetto al 2017. Come evidenziato dall'istogramma, si è registrato un decremento delle concentrazioni di IPA totali presso tutte le stazioni di monitoraggio del territorio provinciale.

Si precisa che le medie annuali registrate per la stazione di Settimo T.se negli anni 2017- 2018, To-Grassi nel 2012 e nel 2015, nonché per To-Rubino, To-Lingotto e Ceresole Reale nel 2018, sono calcolate su un numero di dati validi inferiore al 90%, pertanto non sono rappresentative dell'intero anno solare.

La diminuzione delle concentrazioni degli IPA totali che si è registrata nel corso del 2018 può essere imputabile alle condizioni climatiche che hanno favorito la dispersione degli inquinanti. Infatti, le precipitazioni cumulate medie dell'anno 2018 in Piemonte sono risultate superiori alla norma del periodo 1971-2000 con un surplus del 33% e con precipitazioni rilevanti soprattutto nei mesi autunnali e invernali, ossia durante i mesi nei quali sono più marcati i fenomeni di accumulo al suolo degli inquinanti. Inoltre, si sono verificati pochi episodi di nebbia⁶⁹, tipico fenomeno atmosferico del periodo autunnale e invernale che influisce negativamente sulla dispersione degli inquinanti.

⁶⁹ Il clima in Piemonte 2018 – Arpa Piemonte Sistemi Previsionali

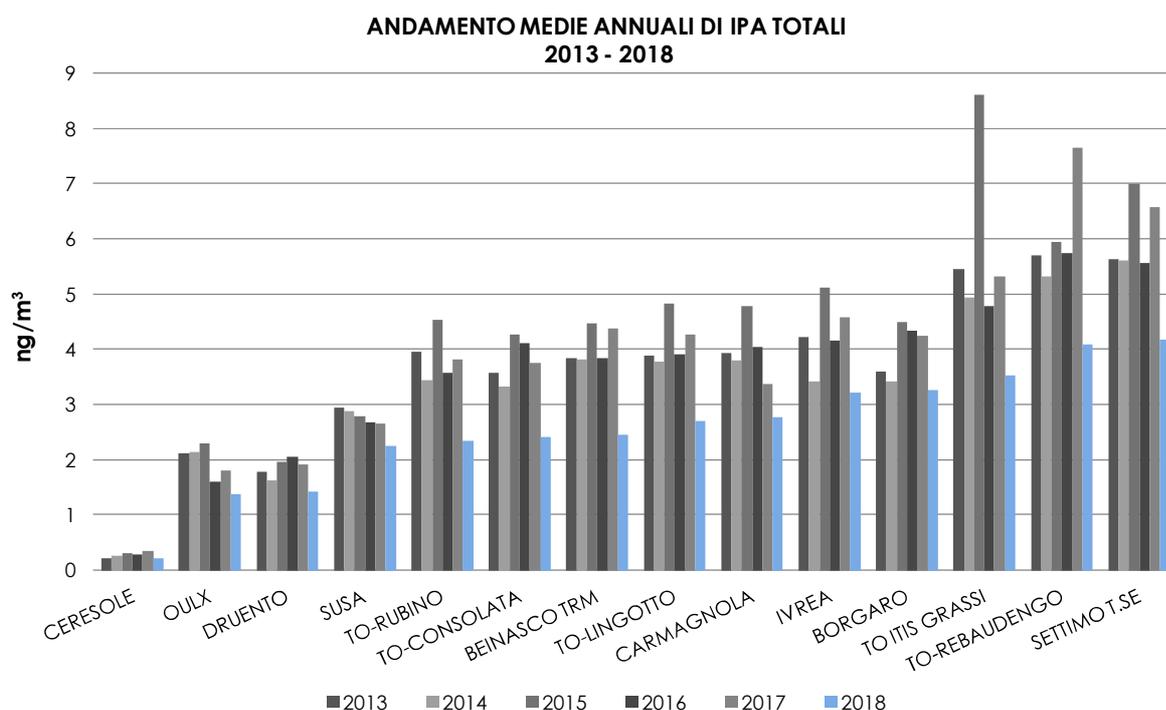


FIGURA 54: andamento medie annuali IPA totali periodo 2013-2018 – Benzo(a)Pirene + Benzo(a)Antracene + Benzo(b,j,k)Fluorantene + Indeno(1,2,3-cd)Pirene.

Oltre all'informazione relativa alla quantità totale di IPA rilevata nei vari siti, è stato analizzato anche il valore relativo alla percentuale in cui essi sono presenti nella frazione di particolato atmosferico con diametro aerodinamico inferiore a $10 \mu\text{m}^{70}$.

Relativamente a questo parametro si evidenzia la notevole differenza stagionale nella composizione delle polveri (FIGURA 55). Infatti, da aprile a settembre si osservano percentuali molto basse e uniformi nei vari siti perché si verificano condizioni atmosferiche favorevoli alla dispersione degli inquinanti e perché l'elevata radiazione solare contribuisce notevolmente alla degradazione degli IPA. Al contrario, nei mesi invernali le polveri risultano maggiormente arricchite di questi composti. Come osservato negli anni precedenti, questo fenomeno risulta particolarmente evidente in alcuni siti suburbani come Susa ed Ivrea, che risultano essere le stazioni con percentuali maggiori di IPA nelle polveri. Questo conferma quanto stabilito nell'Inventario regionale delle emissioni, ossia che la combustione di biomassa per il riscaldamento domestico sia la principale fonte di PM10 primario.

Tra le stazioni urbane torinesi il livello percentuale di IPA sul PM10 risulta piuttosto omogeneo.

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.

Sono stati inoltre confrontati i contenuti percentuali di IPA totali rilevati presso le stazioni di Druento, Susa e To-Consolata, rappresentative di diverse situazioni territoriali. In particolare, la stazione di Druento è rappresentativa di una situazione di fondo di tipo rurale, quella di Susa di fondo suburbano e quella di To-Consolata è una stazione di traffico urbano.

In FIGURA 56 si osserva il basso contenuto percentuale di IPA durante i mesi caldi, con valori equivalenti nelle varie aree territoriali confrontate. Durante il periodo freddo i valori sono più elevati in quanto le condizioni climatiche favoriscono l'accumulo degli inquinati negli strati dell'atmosfera più a contatto con il suolo. Inoltre, i valori percentuali nei mesi invernali presentano differenze più marcate tra le varie stazioni analizzate. In particolare, a Susa la percentuale di IPA nel particolato atmosferico risulta, nei mesi freddi (soprattutto a dicembre), molto più elevata rispetto a Druento e To-Consolata, confermando ulteriormente l'ipotesi che la presenza di IPA in atmosfera sia principalmente imputabile alla combustione delle biomasse per il riscaldamento domestico.

⁷⁰ 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 per il semestre freddo nei mesi di gennaio, febbraio, marzo, ottobre, novembre, dicembre e per il semestre caldo le concentrazioni misurate nei mesi di aprile, maggio, giugno, luglio, agosto, settembre.

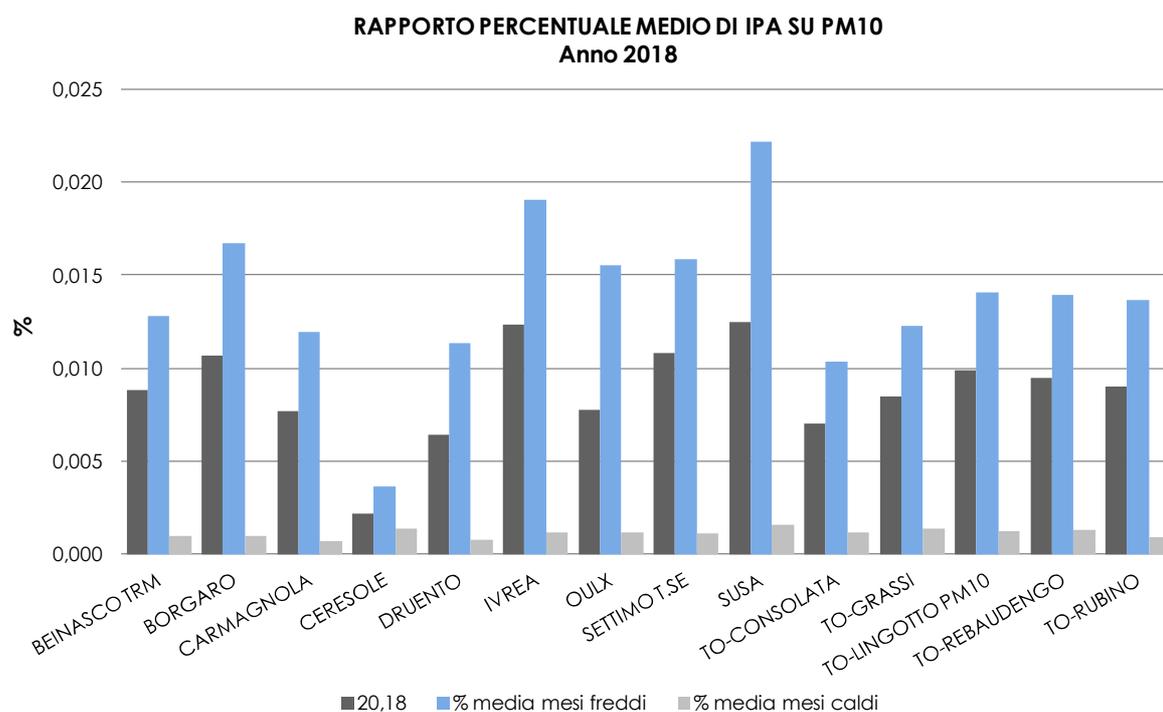


FIGURA 55: percentuale di IPA totali nel PM10 – anno 2018.

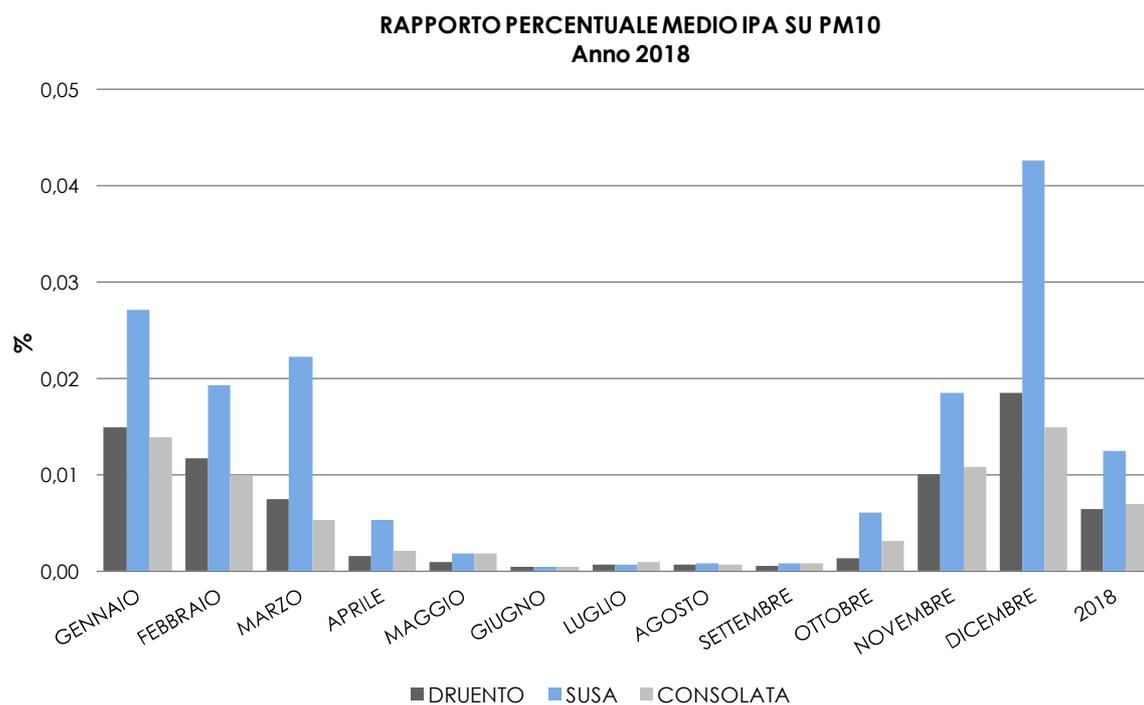


FIGURA 56: percentuale IPA totali nel PM10 – Andamento delle medie mensili – anno 2018.

DEPOSIZIONI ATMOSFERICHE “BULK” DI IPA E METALLI NELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO

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

L.Gerosa, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.

DESCRIZIONE

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

Nel corso del 2010 e fino al 2012, il quadro normativo in materia di qualità dell'aria ha subito sostanziali modifiche.

Con il D.Lgs del 13 agosto 2010, n.155 “Attuazione della Direttiva 2008/50/Ce relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa”, poi modificato dal D.Lgs. 250/2012, si ha un'unica norma che sostituisce la precedente legge quadro (D.Lgs. 351/99) e vari decreti attuativi.

Con Decreto 29 novembre 2012, Art.4, vengono individuate le stazioni speciali di misurazione della qualità dell'aria previste dal D.Lgs 13 agosto 2010, n. 155.

Nessuna di queste leggi prevede valori limite o valori obbiettivo per le deposizioni atmosferiche totali ma fornisce indicazioni di riferimento per i diversi inquinanti, permettendo quindi una valutazione dell'aria, su base annuale in relazione alla concentrazione.

Il dato ottenuto è il risultato del rapporto tra la quantità di analita, in relazione con i giorni di esposizione, e la superficie di esposizione espressa in m².

In caso di dati inferiori al limite di quantificazione, nel calcolo dei risultati analitici si è utilizzato l'approccio “medium-bound”, sostituendo NR con LR/2 (Rapporto ISTISAN 04/15).

Seguendo quanto previsto dalla norma ogni singolo campionamento ha la durata di un mese, nel corso del quale in un unico contenitore vengono raccolte le deposizioni secche e quelle umide in caso di pioggia o neve, nelle quali sono stati analizzati, a mesi alterni IPA e Metalli.

A scopo di studio, ARPA ha deciso di inserire nelle analisi un'altra serie di metalli quali: Cobalto, Cromo, Rame, Selenio e Vanadio.

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

Nella città metropolitana di Torino il primo deposimetro è stato installato nel 2007 nella cabina di monitoraggio di Baldissero T.se acquistata da GdF Suez Produzione S.p.A. in ottemperanza alle prescrizioni emanate dal Ministero delle Attività Produttive in fase di autorizzazione alla costruzione e all'esercizio della centrale termoelettrica sita nel comune di Leini e secondo quanto previsto da tali prescrizioni, tramite convenzione, i dati prodotti e le analisi effettuate sui campioni sono gestiti da Arpa. Dal 2007 al 2012 nelle deposizioni raccolte presso Baldissero sono stati determinati i metalli

(dal 2007 a febbraio 2010 era presente un campionatore wet&dry, sostituito con un campionatore bulk nel marzo 2010), a partire da gennaio 2013 a dicembre 2018 invece si sono determinati gli idrocarburi policiclici aromatici, per poter avviare uno studio del sito anche in merito a questi inquinanti.

Nel mese di agosto 2012 sono stati installati altri tre deposimetri nella provincia di Torino, nello specifico nell'area indicata dalle simulazioni modellistiche come potenzialmente interessata alle ricadute del termovalorizzatore TRM che è stato avviato l'anno successivo nel mese di aprile. Sono stati scelti tre siti di monitoraggio presso i comuni di Rivalta, Orbassano e Grugliasco in cui a mesi alterni si campionano IPA e metalli. In merito alla costruzione ed autorizzazione del termovalorizzatore, con D.G.P. n. 1317- 433230/2006, successivamente modificata con D.G.P. n. 35-225/2012, la Provincia di Torino ha espresso giudizio positivo di compatibilità ambientale prevedendo, tra le diverse prescrizioni, l'installazione di una cabina di monitoraggio della qualità dell'aria nel punto di potenziale massima ricaduta, con l'obbligo per TRM S.p.A. di affidarne la gestione tecnica a Arpa Piemonte. La cabina è stata installata nel comune di Beinasco presso il giardino pubblico Aldo Mei a partire da novembre 2012. In tale sito vengono determinate le deposizioni di IPA e metalli tramite due campionatori bulk.

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

ESAME DEI DATI

Idrocarburi policiclici aromatici

Secondo il d.lgs. 155/2010 la presenza di benzo(a)pirene nell'aria ambiente non deve superare 1 ng/m³ come media annuale nella frazione PM10, ma non vengono date indicazioni per valori nelle deposizioni.

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

Per tutti i siti l'ordine di grandezza dei vari IPA rilevati risultano confrontabili e piuttosto uniformi nei cinque anni di monitoraggio.

In TABELLA 33 sono riportati i dati relativi ai campioni raccolti e analizzati negli anni 2013 - 2018 presso i 5 siti della Città Metropolitana di Torino, nei quali sono installati deposimetri bulk per la determinazione degli IPA. A Baldissero T.se e Beinasco – TRM gli IPA sono stati determinati in tutti i mesi, mentre presso i siti di Grugliasco – Circolo Golf, Str. del Gerbido, Rivalta – Campo Pozzi SMAT, Campo Fregoso Dojrone e Orbassano – Ospedale San Luigi a mesi alterni vengono analizzati IPA e metalli.

In FIGURA 57 è rappresentato, per ogni singolo sito di campionamento, il contributo che ogni IPA, oggetto di studio ha nel quadro generale per l'anno 2018. Grugliasco, Rivalta ed Orbassano, data la loro posizione geografica, subiscono infatti lo stesso tipo di inquinamento con valori molto simili, mentre Baldissero situato in una zona geograficamente diversa per esposizioni, presenta una riduzione generale dei contaminanti. La stazione di TRM, pur trovandosi geograficamente confrontabile con Rivalta, Orbassano e Grugliasco, presenta dei valori dei contaminanti molto più simili alla stazione di Baldissero.

	Anno	Benzo[a]pirene	Indeno[1,2,3-cd]pirene	Benzo[a]antracene	Benzo [b+j+k]fluorantene
Baldissero	2013	12,3	9,7	4,1	14,1
	2014	6,2	15,9	6,5	29,6
	2015	9,1	11,5	6,6	24,9
	2016	6,1	13,9	4,4	22,2
	2017	9,3	9,3	5,8	16,8
	2018	0,0	0,0	0,0	0,0
Grugliasco	2013	16,4	11,1	5,7	17,8
	2014	6,9	8,7	5,2	19,5
	2015	7,5	8,9	8,1	22,0
	2016	6,9	9,4	4,6	18,4
	2017	14,3	21,0	13,2	31,9
	2018	0,0	0,0	0,0	0,0
Rivalta	2013	12,5	5,2	3,6	14,3
	2014	10,4	12,5	10,4	18,4
	2015	5,3	7,8	5,4	24,3
	2016	10,1	9,3	5,7	21,9
	2017	15,1	17,1	9,0	24,0
	2018	0,0	0,0	0,0	0,0
Orbassano	2013	23,5	11,6	7,9	24,2
	2014	5,2	8,8	5,1	18,7
	2015	5,8	7,7	7,7	18,3
	2016	8,9	11,4	8,4	24,9
	2017	11,2	18,0	10,6	25,4
	2018	0,0	0,0	0,0	0,0
Beinasco (TRM) Aldo Mei	2013	16,0	12,3	6,6	24,0
	2014	8,3	18,9	10,2	26,9
	2015	7,3	8,9	7,1	19,2
	2016	6,2	9,9	4,5	18,2
	2017	10,3	18,5	7,5	22,8
	2018	0,0	0,0	0,0	0,0

TABELLA 33: IPA nelle deposizioni – Indicatori statistici anni 2013-2018

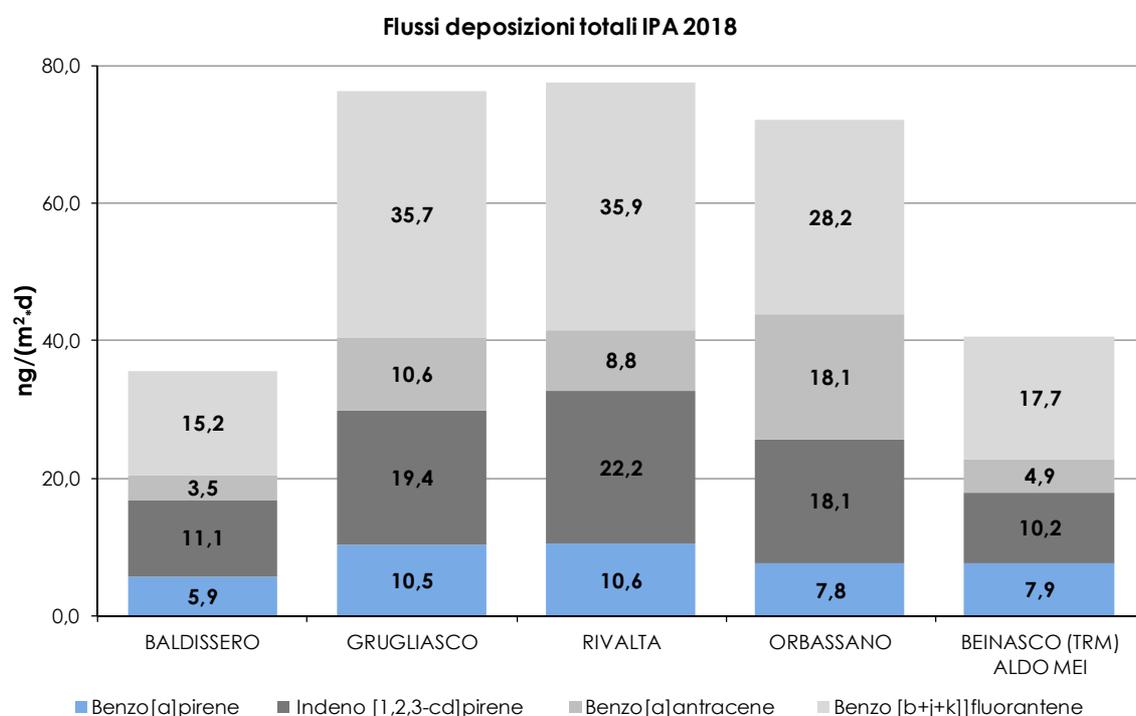


FIGURA 57: grafico di confronto flussi deposizioni totali anno 2018.

Nella FIGURA 58, viene evidenziato l'andamento del B(a)P nelle diverse località di campionamento dal 2013 al 2018. Il trend, come si può notare, è uniforme nei diversi siti. Tuttavia nel corso del 2013 in tutti i siti di campionamento i valori sono risultati circa doppi rispetto alle rilevazioni degli ultimi

due anni (2017-2018). Inoltre dopo un successivo innalzamento dei valori nel 2017, dovuto a fattori meteorologici e solo in parte imputabili agli incendi boschivi divampati a fine ottobre - inizio novembre nelle vallate alpine, si ha una diminuzione netta nel 2018 che riporta i valori ad un livello simile a quello del 2014. L'uniformità nell'andamento fa pensare anche all'influenza del traffico veicolare sui livelli di inquinamento dell'aria in tutta la zona interessata nel monitoraggio.

Deposizioni totali: Benzo(a)pirene

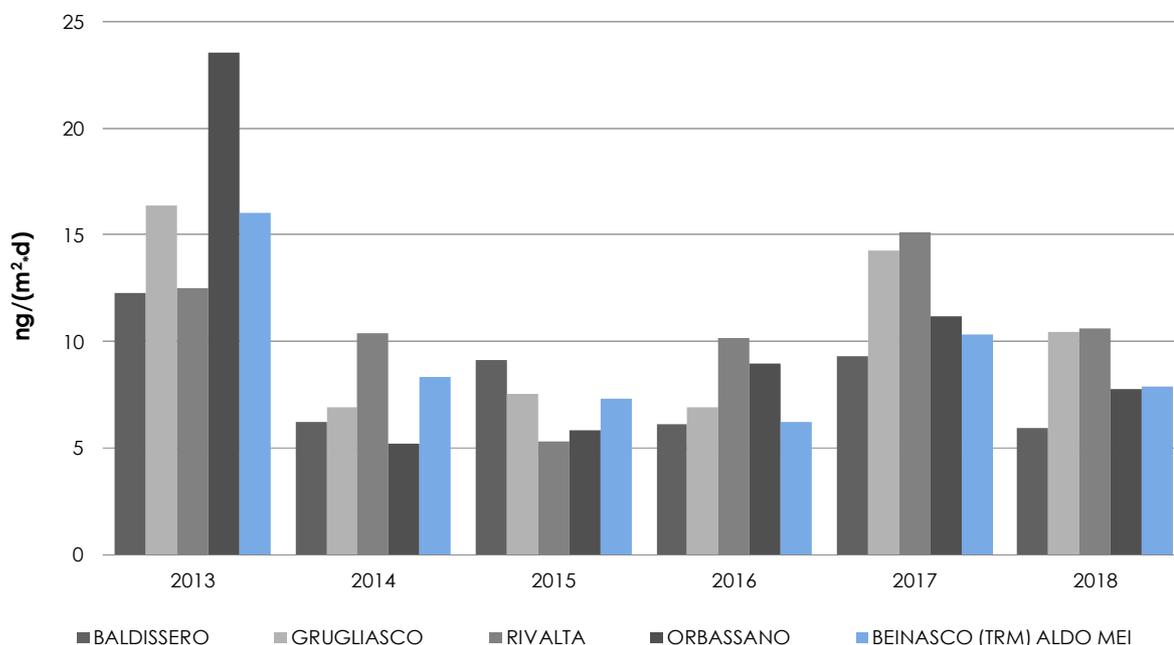


FIGURA 58: Benzo(a)pirene nelle deposizioni confronto andamento 2013-2018.

Per avere un'idea più ampia delle deposizioni di Benzo(a)pirene nella TABELLA 34 sono riportati alcuni dati disponibili in letteratura. Nelle aree rurali si nota che i siti italiani hanno valori massimi inferiori rispetto alle due città europee, i valori minimi sono invece allineati.

Nelle aree urbane si osserva che il valore della media annuale di B(a)P misurato nella città di Venezia è in linea con il valore di Parigi, nonostante la realtà geografica diversa ed è nettamente inferiori rispetto a quello di Cardiff e Manchester. Tutto ciò può essere imputabile alla presenza di fonti specifiche del contaminante stesso, quali centrali termiche alimentate con combustibili solidi e olio combustibile e attività industriali pesanti (cokerie, produzione e lavorazione di grafite, trattamento del carbon fossile).

			B[a]P (ng/m ² d)	Riferimenti bibliografici
AREE RURALI min -max	Italia	Melfi	1,9-6,9	Menichini et al. 2006
		Laguna di Venezia	6-9	Rossini et al. 2001, magistrato acque 2000
	Finlandia	Pallas	2-10	EMEP 2005
	Svezia	Rorvik	5-17	EMEP 2005
AREE URBANE media annua	Italia	Venezia	30	Rossini et al. 2001, magistrato Acque 2000
	Francia	Parigi	25	Motelay-Massei et al. 2003
	Inghilterra	Cardiff	219	Halsall et al. 1997
		Manchester	300	

TABELLA 34: dati estratti dalla letteratura Benzo(a)Pirene (Fonte convegno Istituto Superiore di Sanità).

Nelle figure che seguono (FIGURA 59, FIGURA 60, FIGURA 61) sono riportati gli andamenti nel corso degli anni degli idrocarburi policiclici significativi.

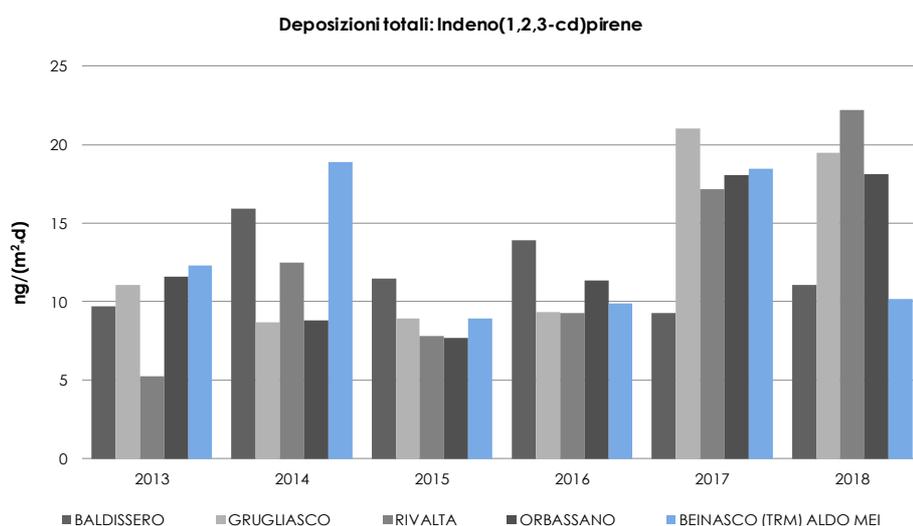


FIGURA 59: Indeno(1,2,3-cd)pirene nelle deposizioni confronto andamento 2013-2018.

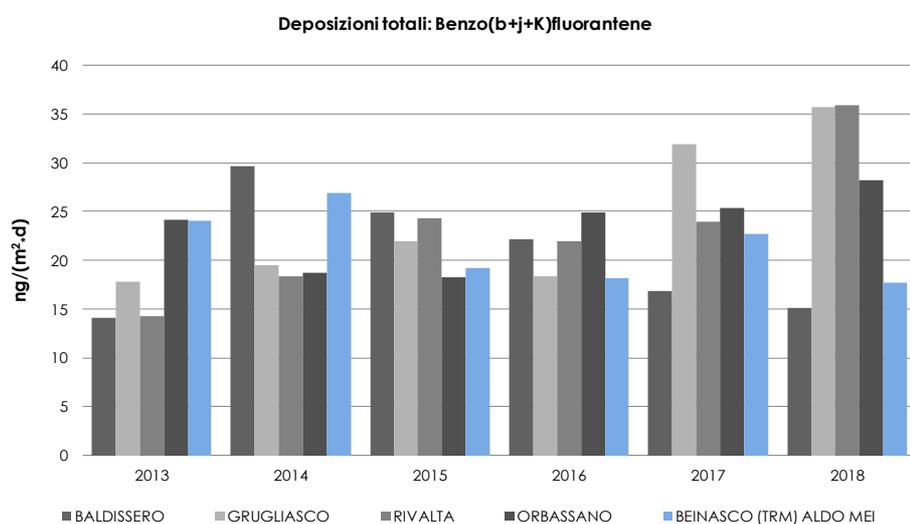


FIGURA 60: Benzo(b+j+k)fluorantene nelle deposizioni confronto andamento 2013-2018.

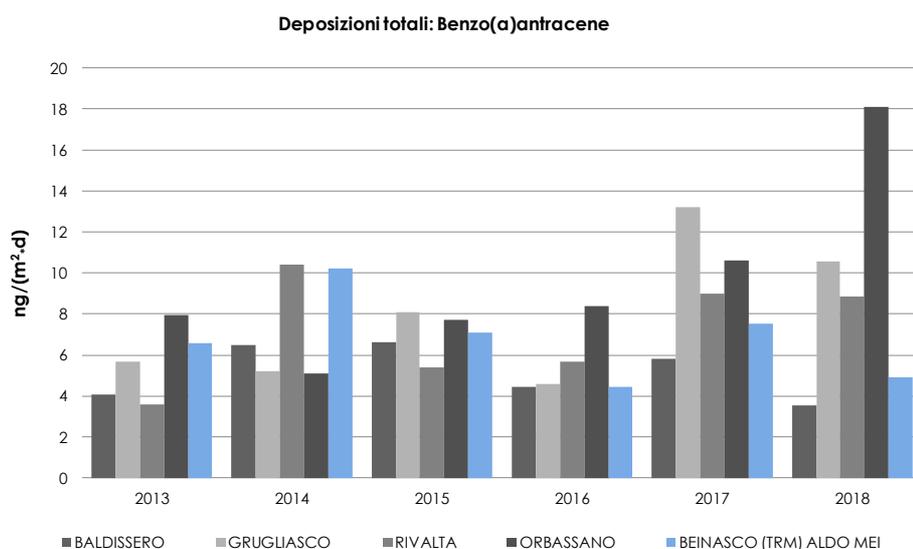


FIGURA 61: Benzo(a)antracene nelle deposizioni confronto andamento 2013-2018.

METALLI

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

Da agosto 2012 è iniziata la determinazione dei metalli nelle deposizioni bulk presso i siti di Grugliasco – Circolo Golf, Str. del Gerbido, Rivalta – Campo Pozzi SMAT, Frazione Dojrone e Orbassano – Ospedale San Luigi (che viene effettuata a mesi alterni con le determinazioni di IPA) e da novembre 2012 è stato installato un deposimetro bulk anche nella cabina di monitoraggio di Beinasco – Aldo Mei. Le determinazioni risultano confrontabili per metodo di campionamento, analisi e omogeneità di copertura annuale a partire dal gennaio 2013 (i dati sono riportati in TABELLA 35). Si sottolinea che nel calcolo dei risultati analitici in caso di dati inferiori al limite di quantificazione, si è utilizzato l'approccio "medium-bound", sostituendo NR con LR/2 (Rapporto ISTISAN 04/15); ciò comporta che in alcuni casi, ad esempio l'arsenico, il dato finale possa apparire leggermente superiore in un sito rispetto all'altro pur essendo tutti sotto il limite di quantificazione. Anche per il selenio nella maggior parte dei campioni è risultato sotto il limite di quantificazione del metodo.

Dai dati riportati in TABELLA 35 si osserva che per ogni metallo nei vari siti l'ordine di grandezza risulta paragonabile nel corso dei cinque anni di monitoraggio (2013 - 2018) ad eccezione di piombo e zinco che mostrano un flusso di deposizione maggiore nei siti di Orbassano e Beinasco TRM.

		Flusso di deposizione $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$									
		As	Cd	Co	Cr	Ni	Pb	Cu	Se	V	Zn
Grugliasco	2013	1,2	0,1	1,2	2,8	3,2	4,2	13,9	2,0	1,7	51,1
	2014	2,1	0,2	2,2	4,4	4,6	3,8	13,6	2,1	3,2	35,2
	2015	1,6	0,2	1,6	2,7	2,8	5,2	12,3	1,6	1,8	41,0
	2016	1,0	0,1	1,0	4,7	2,7	4,4	11,9	1,0	1,5	44,9
	2017	0,9	0,1	0,9	4,1	2,9	6,7	11,8	0,8	1,3	76,1
	2018	1,8	0,3	0,9	3,3	3,3	3,9	10,6	1,9	1,5	47,8
Rivalta	2013	1,3	0,2	1,3	3,0	4,7	3,7	12,5	1,3	1,8	64,8
	2014	2,2	0,2	2,3	3,8	3,1	3,2	10,6	2,2	3,0	69,7
	2015	1,3	0,2	1,3	2,6	3,4	5,4	10,7	1,3	1,9	43,4
	2016	1,0	0,2	1,0	5,6	2,2	3,4	7,6	1,0	1,7	37,1
	2017	0,9	0,1	0,9	2,7	2,2	5,0	9,5	0,9	1,3	76,9
	2018	1,9	0,3	2,1	3,2	3,3	5,2	17,8	2,0	2,4	60,7
Rivalta	2013	1,4	0,2	1,4	3,2	3,7	30,8	14,3	1,4	1,7	102,3
	2014	2,2	0,3	2,3	4,5	10,3	22,7	12,9	2,1	3,2	54,8
	2015	1,4	0,2	1,4	2,7	4,0	17,5	12,2	1,3	1,7	80,7
	2016	0,9	0,4	1,0	6,0	3,9	21,1	13,9	0,9	2,1	103,1
	2017	1,0	0,2	1,0	4,7	3,6	22,2	12,8	0,9	1,5	92,0
	2018	1,9	0,3	1,1	5,5	3,5	11,8	8,3	2,0	2,3	80,5
Beinasco (TRM) Aldo Mei	2013	1,7	0,2	1,6	3,4	3,5	11,2	15,7	1,5	2,0	119,5
	2014	1,9	0,2	1,8	4,2	11,7	10,7	14,6	1,9	3,1	100,7
	2015	1,4	0,1	1,4	3,1	3,2	11,3	11,9	1,3	1,7	85,6
	2016	1,3	0,1	1,5	6,3	2,9	6,6	12,2	1,3	1,9	98,3
	2017	1,0	0,2	1,1	4,2	3,3	7,9	14,1	1,0	1,7	126,9
	2018	1,8	0,2	1,9	3,2	4,5	7,5	18,9	1,8	2,1	131,0

TABELLA 35: metalli nelle deposizioni – indicatori statistici anno 2013-2018.

Anche per i metalli, analogamente a quanto avviene per gli Idrocarburi Policiclici Aromatici, la normativa italiana e comunitaria non indica valori limite, ma prevede la sola determinazione nelle deposizioni di arsenico, cadmio, piombo e nichel; gli altri metalli sono stati quantificati da Arpa Piemonte a scopo di studio. Alcuni Paesi hanno definito dei valori limite espressi in termini di media annuale dei tassi di deposizione giornaliera per i parametri deposizioni totali, cadmio, piombo e tallio riportati, come riferimento, in TABELLA 36.

	Deposizione atmosferica totale (media annuale) µg/(m ² ·d)	Cd µg/(m ² ·d)	Pb µg/(m ² ·d)	Tl µg/(m ² ·d)
Austria	-	2	-	-
Germania	350-650 (*)	5	250	10
Svizzera	-	2	-	-
Spagna	200	-	-	-
Finlandia	333	-	-	-
Argentina	333	-	-	-
Canada	153-180	-	-	-
USA	183-262	-	-	-

*breve periodo

TABELLA 36: valori limite internazionali per le deposizioni atmosferiche totali e per alcuni elementi contenuti nelle deposizioni – estratta da Rapporto ISTISAN 06/43 (Tabella 7).

Nei grafici successivi (FIGURA 62, FIGURA 63, FIGURA 64, FIGURA 65 e FIGURA 66), sono riportati i valori dei metalli nelle deposizioni totali per l'anno 2018 nei vari siti e i confronti nel tempo (anni 2013-2018) per ogni singola stazione di misura.

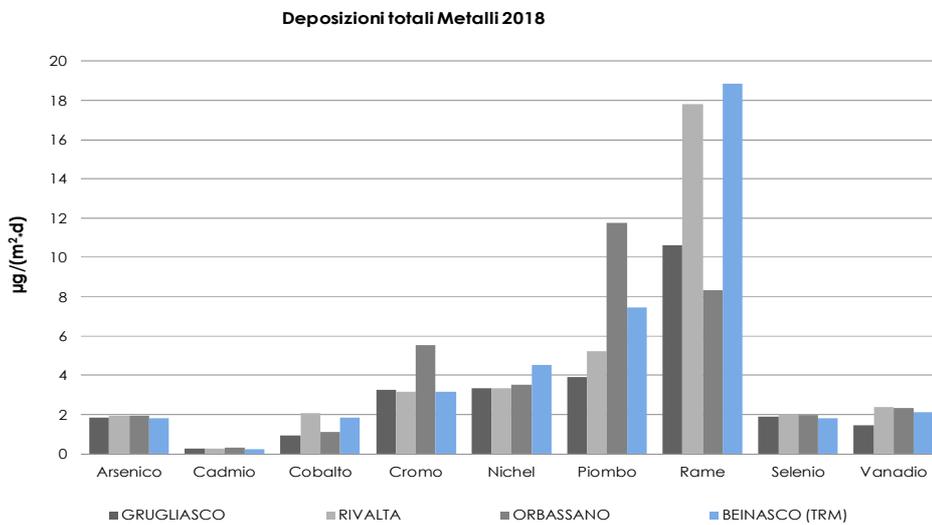


FIGURA 62: metalli nelle deposizioni totali 2018.

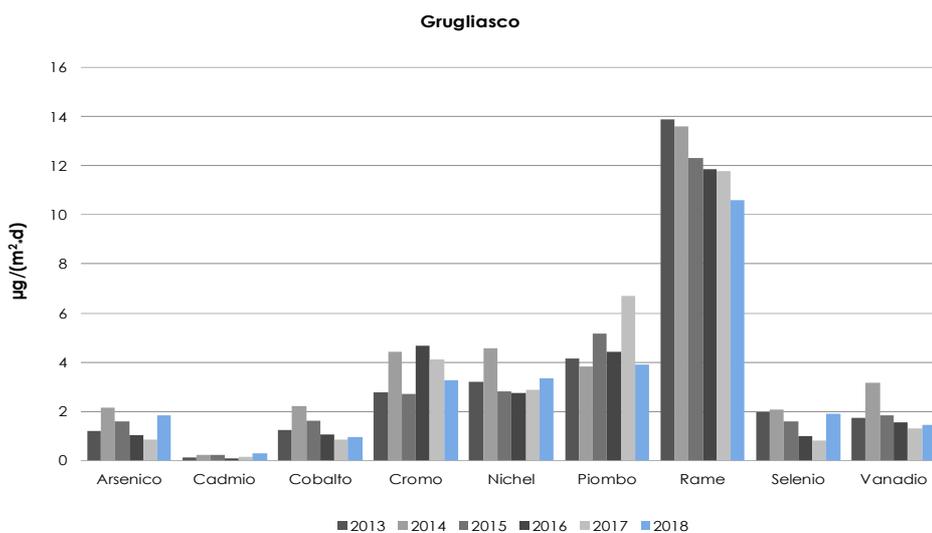


FIGURA 63: metalli nelle deposizioni totali 2013-2018 nel sito di Grugliasco.

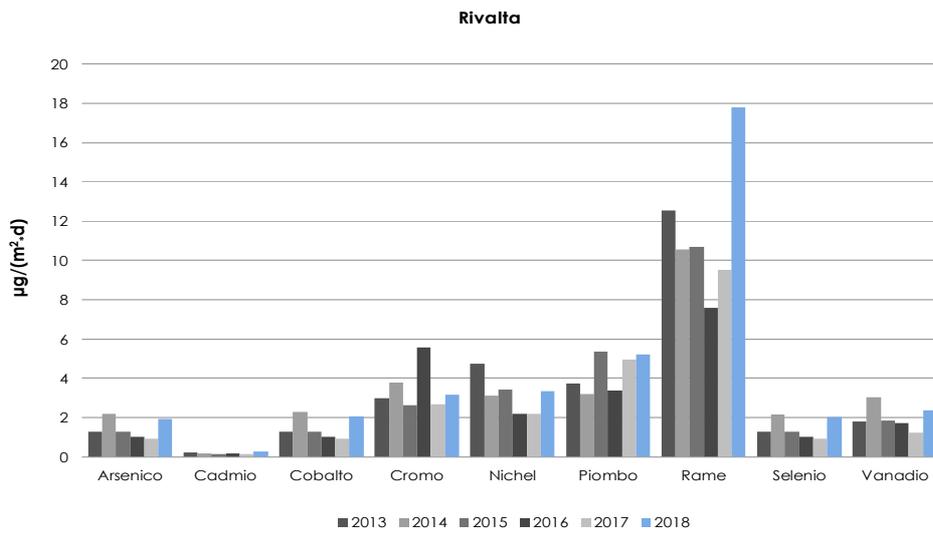


FIGURA 64: metalli nelle deposizioni totali 2013-2018 nel sito di Rivalta.

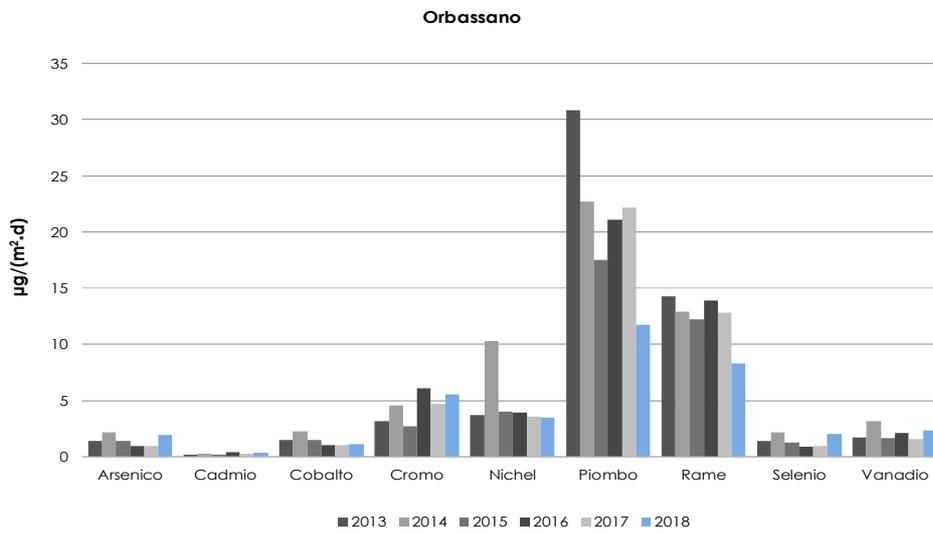


FIGURA 65: metalli nelle deposizioni totali 2013-2018 nel sito di Orbassano.

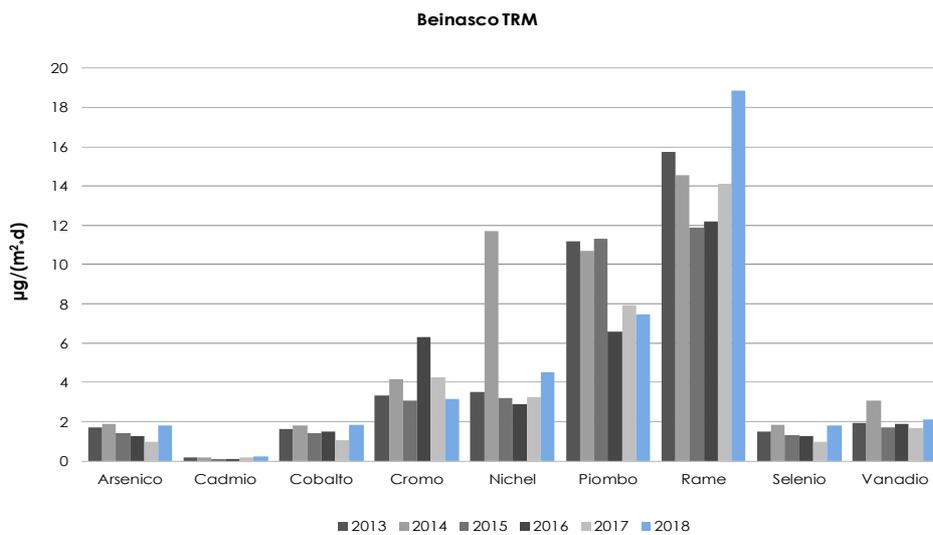


FIGURA 66: metalli nelle deposizioni totali 2013-2018 nel sito di Beinasco TRM.

Oltre i metalli dei quali è stato riferito precedentemente, Arpa effettua il controllo anche sul mercurio nelle deposizioni atmosferiche totali.

Le norme tecniche che vengono seguite per il campionamento e l'analisi sono la BS EN 15853 2010 "Ambient air quality. Standard method for the determination of mercury deposition" e la UNI EN ISO 17852:2008, la quale specifica un metodo per la determinazione del mercurio in acqua potabile, superficiale, sotterranea e di pioggia, utilizzando la spettrometria di fluorescenza atomica.

Nel Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n.155 all'Art. 6, comma b), è previsto il controllo delle concentrazioni nell'aria ambiente del mercurio gassoso totale e la deposizione totale del mercurio. Il DM Ambiente 29 novembre 2012 all'Art.4, ha individuato la stazione EMEP dell'Istituto Inquinamento Atmosferico del CNR a Montelibretti (RM), come stazione di riferimento in cui misurare le deposizioni del mercurio, i cui dati però non sono ancora disponibili al pubblico.

Attualmente la normativa nazionale ed europea non prevede valori limite per le deposizioni di mercurio. Tuttavia la Germania e la Croazia hanno identificato un valore di 1000 ng/(m²*d) come valore medio annuale per la protezione di effetti dannosi inclusi quelli di alterazione dei suoli.

Avendo pochissimi dati a disposizione sul mercurio nelle deposizioni totali atmosferiche, sono state confrontate le concentrazioni ottenute da Arpa Piemonte e Arpa Toscana, dall'Istituto Superiore di Sanità e dall'Azienda Sanitaria Locale di Mantova, i quali hanno realizzato un programma comune di ricerca avente come obiettivo la localizzazione delle aree maggiormente a rischio e la valutazione dei possibili livelli di concentrazione, nell'aria e nelle deposizioni al suolo, di microinquinanti. In TABELLA 37 sono state riportate le concentrazioni medie del contenuto totale di mercurio dei campioni di deposizioni atmosferiche totali che sono stati raccolti in due campagne di circa un mese ciascuno, dal 15 ottobre 2000 al 8 novembre 2000 e dal 2 febbraio al 5 aprile 2001.

Sito	campagna	Hg solubile	Hg insolubile	totale
Post 1 - ASL v. Trento	15/10/00 - 6/11/00	0,53	0,05	0,58
	2/2/01 - 5/4/01	0,33	0,02	0,35
Post 2 - Sede CGIL	15/10/00 - 4/11/00	0,63	0,04	0,67
	2/2/01 - 5/4/01	0,38	0,02	0,4
Post.3 - v.le Ariosto	15/10/00 - 6/11/00	0,47	0,01	0,48
	2/2/01 - 5/4/01	0,23	0,001	0,24
Post. 4 - Forte Frassinò	15/10/00 - 6/11/00	0,53	0,01	0,54
	2/2/01 - 5/4/01	0,42	0,0001	0,42
Post.5 - Parrocchia Frassinò	15/10/00 - 6/11/00	0,53	0,02	0,55
	2/2/01 - 5/4/01	0,34	0,02	0,36
Post. 6 - ASI Virgiliana	15/10/00 - 4/11/00	0,57	0,03	0,6
	2/2/01 - 5/4/01	0,32	0,0001	0,32
Post. 7 - Foresteria	15/10/00 - 6/11/00	0,5	0,01	0,51
	2/2/01 - 5/4/01	0,35	0,01	0,36
Burgo Post. 8 - Bosco Fontana	15/10/00 - 8/11/00	0,45	0,01	0,46
	2/2/01 - 5/4/01	0,4	0,01	0,41

*nella somma dei dati relativi alla frazione solubile, i valori inferiori al limite di rilevabilità sono stati considerati, cautelativamente, al 50% come valore da sommare al dato della frazione insolubile

TABELLA 37: rapporti ISTISAN 06/43. Concentrazione media di metalli espressa in µg/(m²*d) nelle deposizioni atmosferiche*.

Per il confronto con le concentrazioni del mercurio sono stati utilizzati i dati prodotti dall'Arpa Toscana nella "Campagna di caratterizzazione deposizioni umide e secche 2011-2013 postazione Castelluccio comune Capolona – Arezzo" (TABELLA 38).

In FIGURA 67 è riportato l'andamento annuale del flusso di Beinasco – Aldo Mei nel corso degli anni 2013-2018. Il valore determinato presso la stazione nel corso del 2017 risulta pari a 38,6 µg/(m²*d), in linea con il valore degli altri anni ad eccezione del 2016, caratterizzato dall'anomalia verificatasi presso l'impianto nell'autunno 2016³⁶.

Il dettaglio dei valori mensili riportato in TABELLA 39 mostra che nel 2018 i valori maggiori sono stati rilevati a maggio e giugno, mentre il valore minimo è stato determinato ad agosto dello stesso

³⁶ <http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/torino/impianti/termovalorizzatore-del-gerbido/dati/relazioni/2016/rapporto-stazione-monitoraggio-qualita-aria-beinasco-anno-2016/view>

anno. Non viene tenuto in considerazione il dato di dicembre 2018 in quanto non essendoci state precipitazioni atmosferiche non è stato possibile raccogliere un campione significativo.

Parametro	medie delle deposizioni annuali 2011-2013 - $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{y})$				
	Castelluccio	Badia al Pino	Laguna di Venezia	Parco Caviglia	Beinasco TRM 2018
Arsenico	207	153	290	100	1,8
Cadmio	364	55	672	17	0,2
Cromo	807	979	536	257	3,2
Rame	6685	5316	5818	570	18,9
Mercurio	40	40	6	--	38,6
Nichel	916	821	1633	190	4,5
Piombo	1367	1945	11392	157	7,5
Vanadio	757	499	1109	281	2,1
Zinco	31516	29735	11864	7933	131

Fonte ARPAT _provincia di Arezzo campagna di caratterizzazione deposizioni umide e secche 2011-2013 postazione Castelluccio comune Capolona - Arezzo

TABELLA 38: dati comparativi ratei medi di deposizione annuali ($\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{y})$) Badia al Pino, Castelluccio, Laguna di Venezia, Enel Parco Caviglia (Tabella 8.3.2).

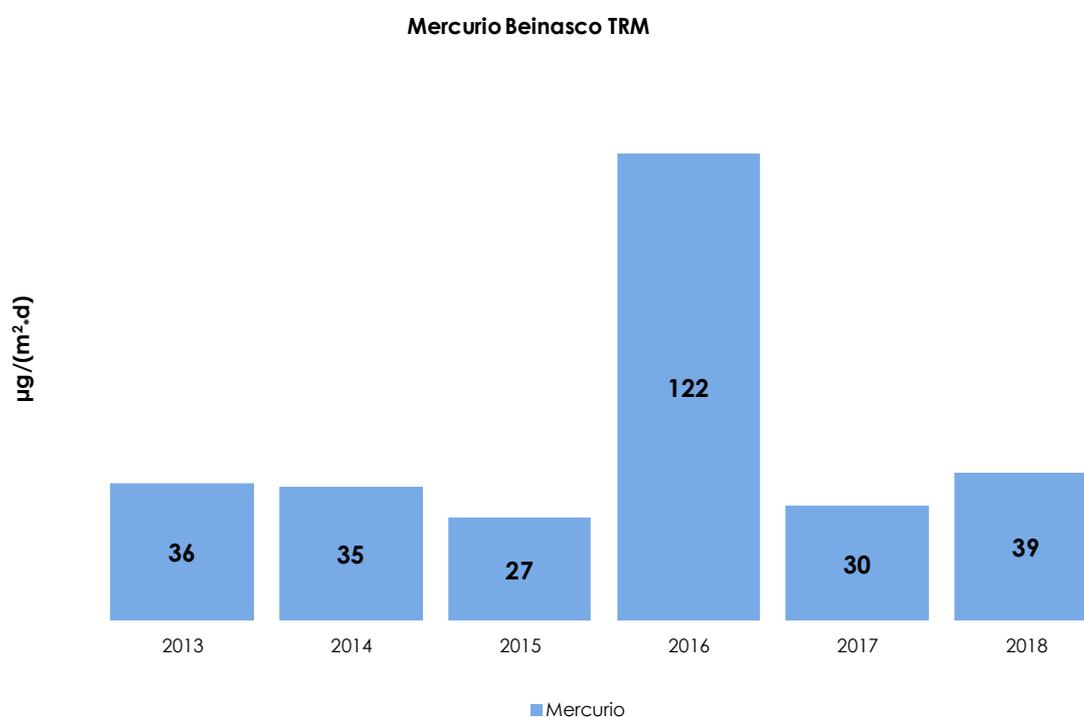


FIGURA 67: andamento concentrazione Mercurio TRM 2013-2018.

Mese	Beinasco – Aldo Mei Mercurio $\text{ng}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Gennaio	7	47	20	13	18	63
Febbraio	22	99	7	15	27	23
Marzo	39	22	26	57	17	38
Aprile	78	22	20	50	23	49
Maggio	78	22	69	37	28	79
Giugno	8	38	55	21	37	69
Luglio	58	26	21	53	48	51
Agosto	50	26	29	35	n.d.	18
Settembre	10	30	27	22	n.d.	26
Ottobre	25	22	18	794	n.d.	23
Novembre	37	56	0	333	n.d.	33
Dicembre	20	24	22	23	63	2

n.d.: dati non disponibili per guasto strumentale

TABELLA 39: dettaglio mensile del flusso di deposizione di mercurio a Beinasco – Aldo Mei 2013 – 2018.

CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'ANNO 2018

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

M. Nicoletta, D. Gandini, 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. Poiché la meteorologia rappresenta un elemento determinante per la distribuzione degli inquinanti in atmosfera e la loro concentrazione, a consueta analisi dei dati chimici rilevati nel corso del 2018, è stata affiancata dalla descrizione a grande scala del tempo meteorologico che ha caratterizzato il Piemonte nel corso dell'anno.

Per tutti i singoli mesi dell'anno 2018, viene riportata una descrizione sintetica, che prende in considerazione i fenomeni più rilevanti soprattutto dal punto di vista termo-pluviometrico e i periodi che hanno fatto registrare la maggiore anomalia di temperatura o di precipitazioni rispetto alla climatologia assunta a riferimento (trentennio 1971-2000). Come noto e come sempre più evidente negli ultimi anni, in cui le emissioni sono complessivamente diminuite per tutti gli inquinanti, l'andamento delle piogge determina in gran parte la concentrazione degli inquinanti invernali in atmosfera, così come i periodi anticiclonici, con scarsa ventilazione, favoriscono inversione termica e, quindi, condizioni sfavorevoli alla dispersione. Nei periodi estivi con anomalia termica positiva si ha invece un aumento delle concentrazioni di ozono troposferico, mentre, gli autunni secchi e miti e il ritardo nella copertura nevosa, che spesso si limita a inizio inverno alle quote più elevate, favoriscono lo sviluppo di incendi boschivi che possono avere localmente e, in condizioni di forte vento, anche a grandi distanze, effetti di incremento delle polveri in atmosfera.

Uno sguardo di sintesi in Piemonte rivela che l'anno 2018 (da gennaio a dicembre) è stato il 2° più caldo degli ultimi 61 anni, con un'anomalia termica media di circa +1,6 °C rispetto alla climatologia del periodo 1971-2000. In particolare, le temperature minime sono state le più calde dell'intero periodo di osservazione, sullo stesso livello di quelle registrate nel 2015. Nonostante la marcata anomalia termica positiva, i primati di temperatura annuali riguardano, all'opposto, principalmente i valori minimi negativi toccati in occasione dell'episodio di freddo intenso di fine febbraio 2018.

Importante è stato l'apporto delle precipitazioni che, con circa 1400 mm medi sulla regione, posizionano il 2018 come il 5° anno più piovoso degli ultimi 61, con un surplus pluviometrico del 32% rispetto alla norma 1971-2000, decisamente all'opposto rispetto all'anno precedente (-33% nel 2017). Un rilevante contributo all'anomalia pluviometrica positiva è stato dato dal periodo di prolungato maltempo dei giorni 27 ottobre - 7 novembre 2018.

Il 2018 è stato anche l'anno con meno episodi di nebbia fitta e persistente da quando è attiva la rete dei visibilimetri di Arpa Piemonte.

IL CLIMA DEL 2018

Gennaio

Il mese di gennaio è risultato molto mite e ricco di precipitazioni, con caratteristiche più autunnali che invernali. L'episodio più rilevante è stato l'evento pluviometrico dei giorni 7-9 gennaio.

In tale periodo una circolazione depressionaria di origine atlantica è rimasta stazionaria per quasi due giorni sulla Spagna, bloccata nella sua avanzata verso est da un promontorio anticiclonico localizzato sulla Penisola Ellenica (FIGURA 68).

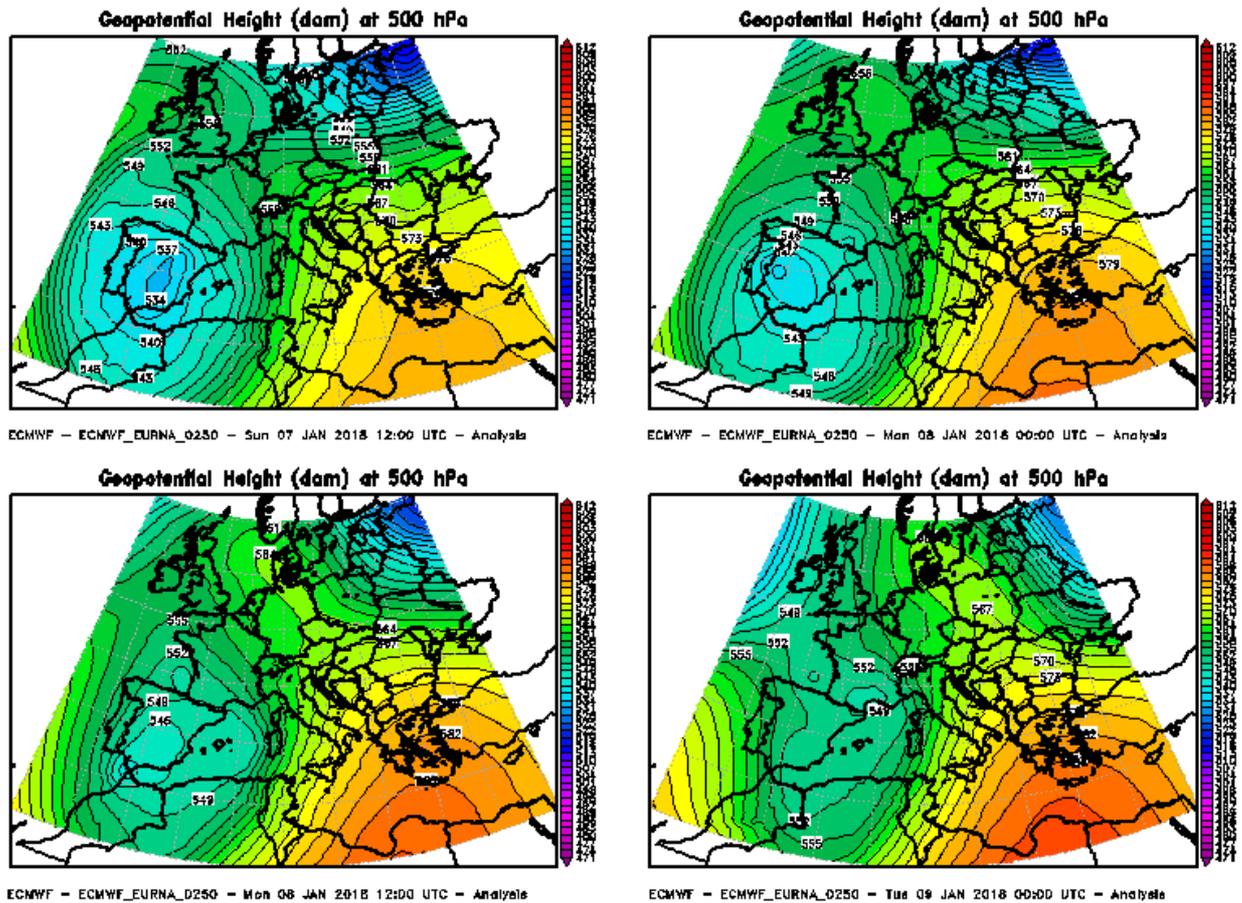


FIGURA 68: Evoluzione dell'altezza di geopotenziale a 500 hPa tra le ore 12 UTC del 7 e 00 UTC del 9 gennaio 2018, intervallata ogni 12 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

In tale situazione il Piemonte è stato interessato da forti correnti sciroccali, che convogliavano aria umida dal Mediterraneo verso il nordovest italiano; i picchi di precipitazione più elevati si sono verificati nella serata dell'8 gennaio quando il nucleo depressionario è riuscito a traslare verso est localizzandosi sul Golfo del Leone (FIGURA 68) e accentuando l'instabilità sul Piemonte grazie all'afflusso di aria fredda in quota.

L'8 gennaio 2018 è risultato infatti il giorno più ricco di precipitazioni negli ultimi 61 anni in Piemonte per quanto riguarda il trimestre invernale dicembre-gennaio-febbraio.

Nella FIGURA 69 vediamo la distribuzione territoriale delle precipitazioni in tale evento, con i valori cumulati in 72 ore tra le ore 00 UTC del 7 e del 10 gennaio 2018: sono stati interessati i settori occidentali delle province di Torino, Biella, Vercelli e Verbania, con picco più elevato di 464,4 mm in 72 ore nel pluviometro di Piano Audi del comune di Corio (TO).

L'evento pluviometrico appena analizzato ha rappresentato circa i 2/3 della precipitazione mensile di gennaio 2018 e pertanto ha avuto un ruolo determinante nel secondo posto raggiunto da gennaio 2018 tra i mesi di gennaio più ricchi di precipitazione nella distribuzione storica degli anni compresi tra il 1958 ed il 2018.

Il mese di gennaio 2018 è stato caratterizzato anche da un numero di episodi di foehn pari a 11, valore leggermente superiore alla media di 9 episodi del periodo 2000-2015. Gli eventi di foehn si sono verificati nei primi tre giorni del mese e poi tra il 16 ed il 23 gennaio.

Negli ultimi giorni del mese un promontorio collegato all'anticiclone delle Azzorre si è esteso verso l'Europa centrale, interessando direttamente anche il territorio piemontese con condizioni di stabilità atmosferica e temperature superiori alla norma.

Tali due fattori hanno dato un contributo rilevante all'anomalia termica positiva di circa 2,7°C rispetto alla media del periodo 1971-2000 raggiunta da gennaio 2018, che è risultato il 2° mese di gennaio più caldo nella distribuzione storica degli ultimi 61 anni.

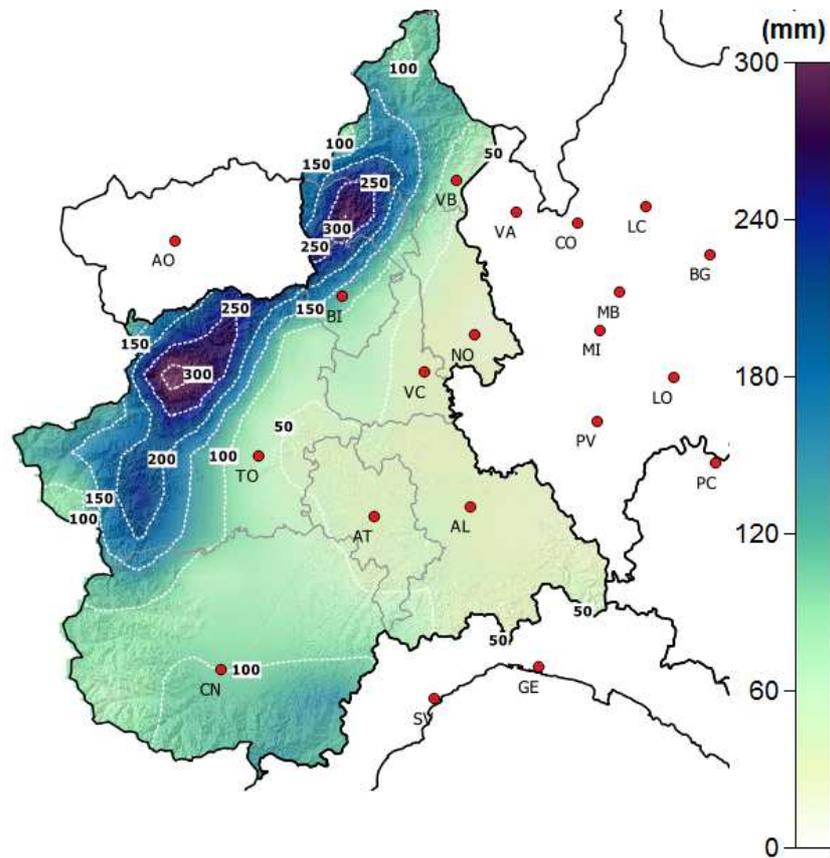


FIGURA 69: precipitazione cumulata in 72 ore tra le ore 00 UTC del 7 e 00 UTC del 10 gennaio 2018. Elaborazione Arpa Piemonte.

Febbraio

In Piemonte il mese di febbraio ha fatto registrare un'anomalia termica negativa di circa 2°C rispetto alla media del periodo 1971-2000 ed è risultato il 13° mese di febbraio più freddo nella distribuzione storica degli ultimi 61 anni e, in assoluto, il mese più freddo dell'anno 2018. Considerando il nuovo millennio, occorre andare indietro fino a febbraio 2012 per trovare un mese dell'anno con uno scarto termico negativo più marcato.

L'episodio di freddo intenso degli ultimi tre giorni del mese ha dato un contributo determinante a tale anomalia. Le basse temperature sono state dovute ad una massa di aria fredda presente sulla Russia alle ore 06 UTC del 23 febbraio (FIGURA 70 in alto a sinistra) che si è spinta in moto retrogrado da nordest verso sudovest nei giorni successivi (FIGURA 70 in alto a destra e in basso a sinistra e destra), fino a raggiungere l'Italia settentrionale nel giorno 25 febbraio.

In Piemonte l'arrivo dell'aria fredda si è fatto sentire a partire dal pomeriggio di domenica 25 febbraio, con un brusco calo della quota neve fino al suolo su tutto il territorio piemontese e con rovesci nevosi sul settore occidentale e meridionale della regione, compresa la città di Torino. Gli accumuli sono stati generalmente modesti, dell'ordine dei pochi cm, o al massimo di una decina di cm, ma si sono verificati in sole 2-3 ore.

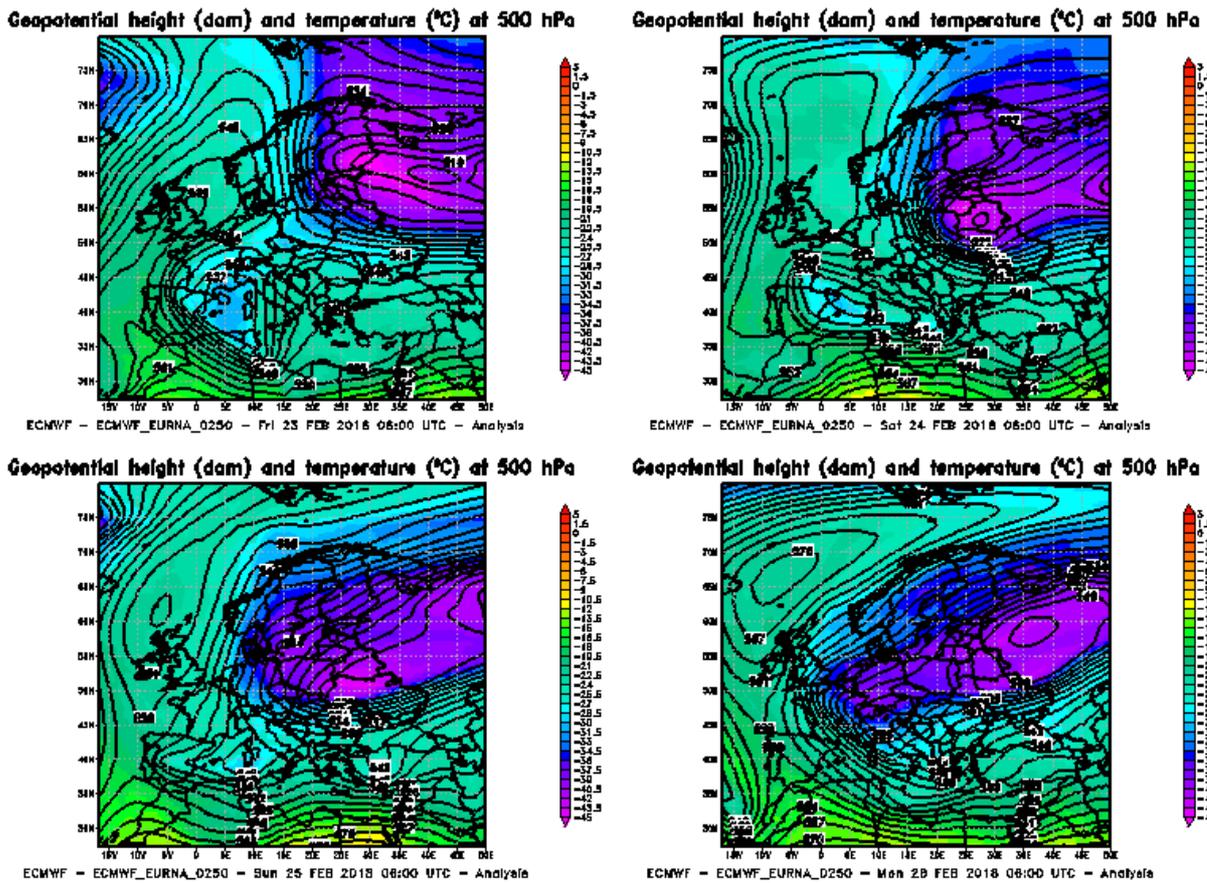


FIGURA 70: evoluzione della temperatura (colore) e dell'altezza di geopotenziale (isolinee) a 500 hPa alle ore 06 UTC dal 23 al 26 febbraio 2018, intervallate ogni 24 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Nella FIGURA 71 vediamo l'evoluzione successiva del nucleo di aria fredda su un'area geografica corrispondente all'Europa centro-meridionale: nella mattinata del 26 febbraio si è strutturata una circolazione depressionaria in quota sul nord-est italiano, che nella giornata successiva è tralata verso la penisola balcanica. Nei giorni 26 e 27 febbraio il Piemonte è stato interessato da una circolazione fredda e secca prevalentemente da nord-ovest in quota e da nord-est negli strati atmosferici medio-bassi, e pertanto gli effetti più rilevanti si sono avuti nei valori di temperatura eccezionalmente bassi, soprattutto in montagna, mentre a livello precipitativo si sono avute solo sporadiche nevicate.

Il primo sensibile calo termico si è avuto il giorno 26, dell'ordine dei 12°C in meno rispetto al giorno precedente sui valori minimi di temperatura per le stazioni in quota, al di sopra dei 1500 m. Ai livelli inferiori la diminuzione è stata meno marcata ma comunque significativa, sui 9°C per le località comprese tra 700 e 1500 m e sui 6°C in pianura.

Il 27 febbraio è stato il giorno più freddo dell'anno considerando il Piemonte nella sua globalità; il valore medio delle temperature minime, nelle stazioni della rete Arpa Piemonte situate oltre i 1500 m di quota, è stato di -21,4°C. Si tratta del valore più basso registrato nel nuovo millennio e per la prima volta è stato al di sotto dei -20°C.

Nella mattina del 28 febbraio si è avuto un leggero rialzo nei valori termici in alta quota, mentre in pianura si è registrato ancora un lieve calo, raggiungendo il picco negativo del mese con -8,9°C, valore più basso dal 13 febbraio 2012.

Nella seconda parte della giornata del 28 febbraio si è assistito ad un cambiamento della circolazione in quota, che è ruotata da nord a sud-ovest, risultando più mite ed umida. Tuttavia nei bassi strati il vento era ancora orientato da est, nord-est e si creavano le condizioni per la classica "nevicata da addolcimento", che iniziava a manifestarsi nella serata del 28 ed i cui maggiori effetti si sono poi avuti nei primi giorni del mese di marzo.

Nonostante la rilevante anomalia termica negativa, in Piemonte a febbraio 2018 le precipitazioni sono state inferiori alla media degli anni 1971-2000, con un deficit di 12,9 mm (pari al 23%) e

febbraio 2018 si pone al 29° posto nella distribuzione storica dei mesi di febbraio più asciutti dal 1958 ad oggi.

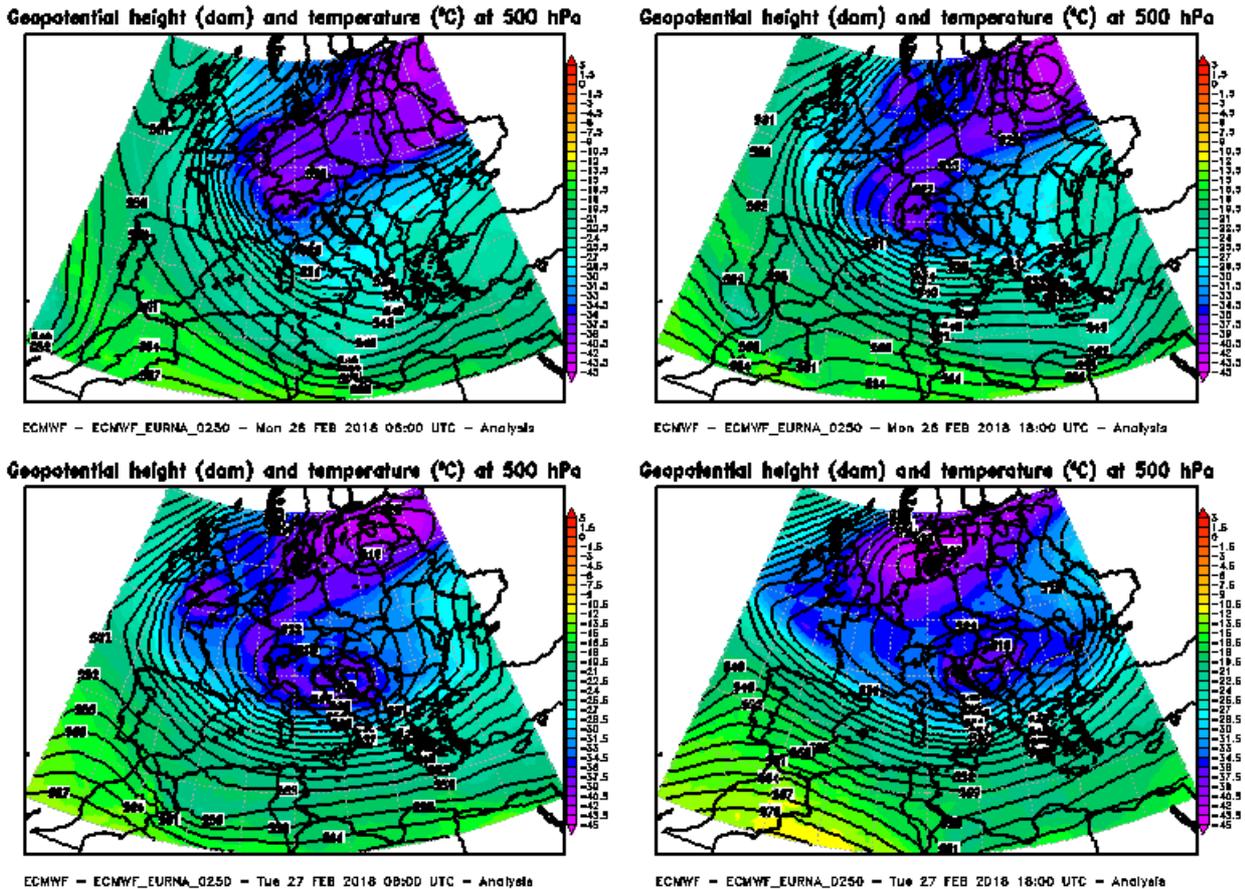


FIGURA 71: evoluzione della temperatura (colore) e dell'altezza di geopotenziale (isolinee) a 500 hPa tra le ore 06 UTC del 26 febbraio 2018 e 18 UTC del 27 febbraio 2018, intervallate ogni 12 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Marzo

L'afflusso di aria fredda avvenuto alla fine del mese precedente ha avuto un impatto anche sulla situazione meteorologica dei primi giorni di marzo.

A grande scala, la configurazione meteorologica era caratterizzata da una vasta area depressionaria, con minimo ad ovest delle Isole Britanniche, la quale convogliava aria mite ed umida di matrice atlantica sul territorio piemontese (FIGURA 72). Ma, nonostante il persistente afflusso di aria mite, il cuscinetto di aria fredda presente dalla fine di febbraio, nei bassi strati sul territorio piemontese, è perdurato ancora per alcuni giorni; fino al 3 marzo la configurazione termica è rimasta favorevole a episodi nevosi anche in pianura.

Tra la sera del 28 febbraio e la mattina del 3 marzo si sono verificate tre differenti nevicate che hanno interessato la pianura piemontese. Gli accumuli sono stati generalmente deboli, dell'ordine dei 5 cm; valori intorno ai 10-15 cm sono stati registrati sul basso Piemonte e nel Verellese. Episodi di pioggia congelante si sono verificati nella mattinata del 3 sul settore appenninico, che è stato il primo a essere interessato dal rialzo termico, in quanto maggiormente esposto all'afflusso di aria mite di origine marittima.

Gli ultimi episodi di neve a bassa quota si sono verificati tra la fine della seconda e l'inizio della terza decade del mese, per l'effetto di due depressioni di origine atlantica che durante la loro evoluzione avevano ricevuto anche un contributo di aria siberiana.

Grazie a questi due periodi con temperature inferiori alla norma, all'assenza di durature e marcate risalite anticicloniche e al numero di episodi di foehn (6 giorni) inferiore rispetto alla media climatica (8 giorni), il mese di marzo 2018 ha avuto un'anomalia termica negativa di 1,2°C, risultando il diciottesimo mese di marzo con le temperature medie più basse degli ultimi 61 anni. Era

dal bimestre luglio-agosto 2014 che in Piemonte non si verificava una sequenza di due mesi consecutivi con anomalia termica negativa.

Il mese ha fatto registrare una precipitazione media di circa 115 mm, con un surplus precipitativo di 34 mm (+42%) rispetto alla norma del trentennio 1971-2000.

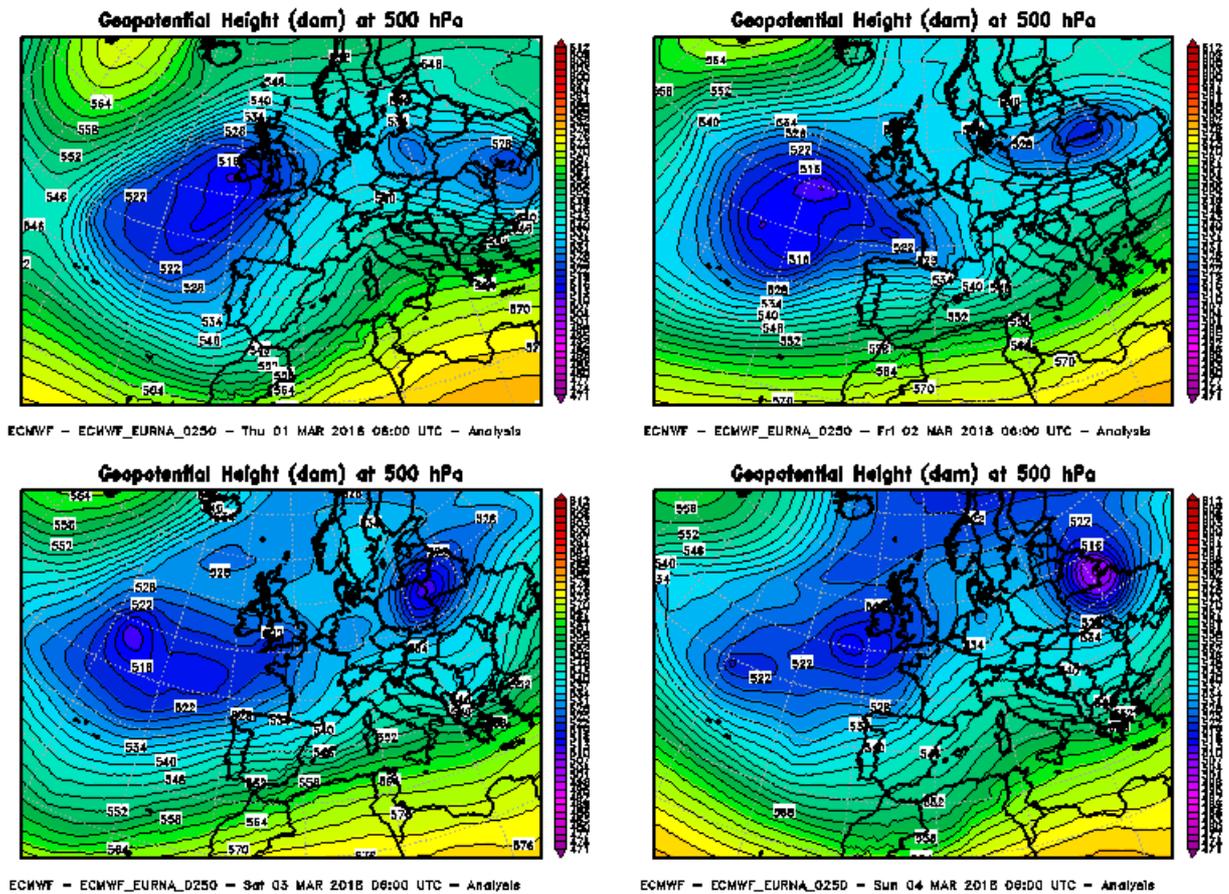


FIGURA 72: evoluzione dell'altezza di geopotenziale a 500 hPa alle ore 06 UTC dal 1° al 4 marzo 2018, intervallata ogni 24 ore. Elaborazione ARPA Piemonte su dati ECMWF.

Aprile

Il mese di aprile ha avuto un andamento caratterizzato da due fasi distinte.

Nella prima metà del mese le temperature sono risultate vicine alla norma, si è verificata un'abbondanza di precipitazioni con nevicate a quote collinari o di media montagna e il giorno 5 si è verificato un episodio di nebbia fitta (visibilità inferiore a 100 m); l'ultimo evento precedente in aprile risaliva al 2007.

Complessivamente il mese di aprile, ha fatto registrare un surplus precipitativo di circa 16,4 mm (+14%) rispetto alla norma degli anni 1971-2000, risultando il 20° mese di aprile più umido nella distribuzione storica dal 1958 ad oggi.

Nella seconda metà del mese si è assistito a un drastico cambio della circolazione atmosferica, che ha causato un lungo periodo con temperature ampiamente superiori alla norma sul territorio piemontese, in particolare nei valori massimi. Il picco massimo del caldo si è avuto tra il 20 ed il 23 aprile, ma il passaggio cruciale è avvenuto nel giorno 18 aprile, quando un promontorio anticiclonico di matrice africana si è esteso verso l'Europa occidentale e successivamente sul settore centrale del continente europeo, isolando un ampio ed anomalo massimo barico sulla Germania che ha interessato direttamente anche il nord Italia (FIGURA 73).

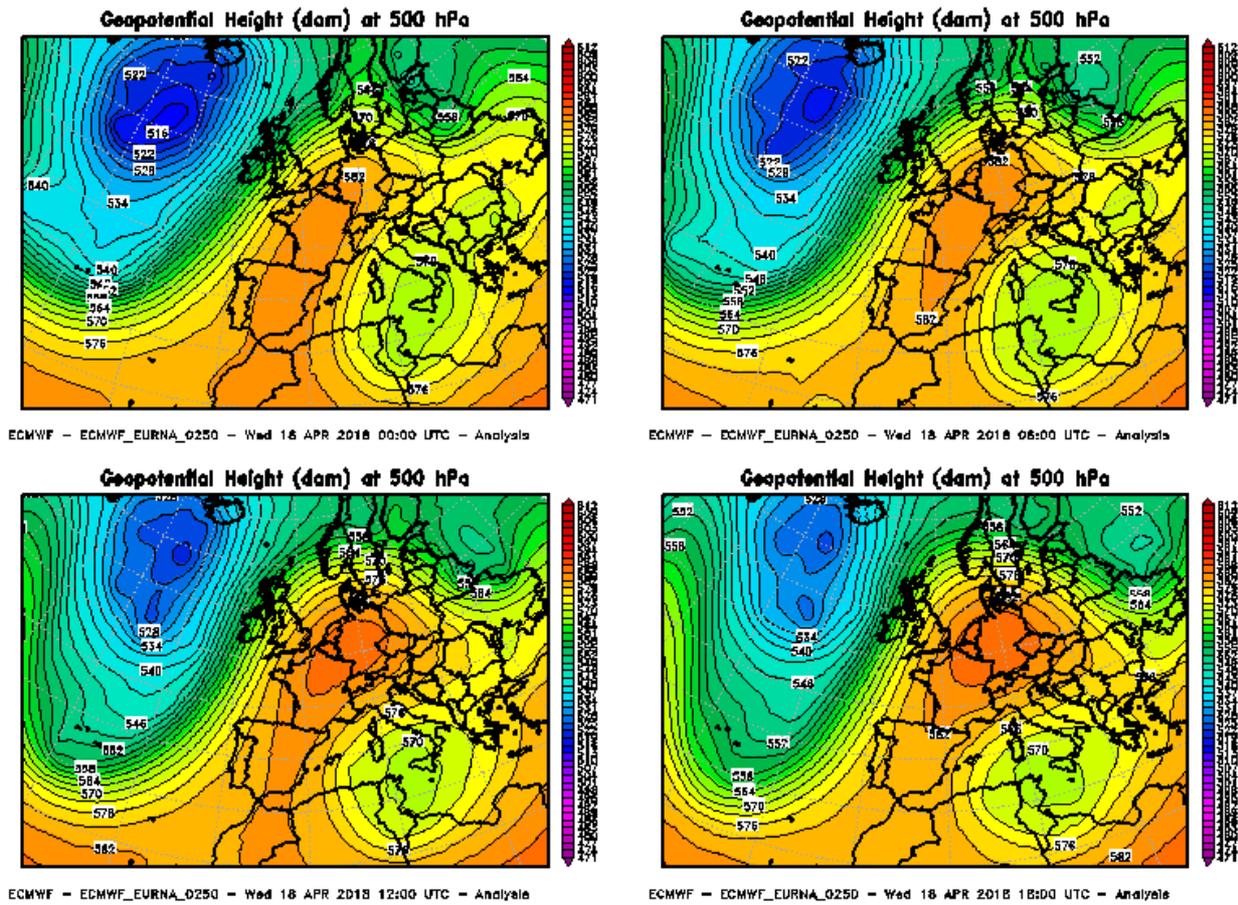


FIGURA 73: evoluzione dell'altezza di geopotenziale a 500 hPa tra le ore 00 e 18 UTC del 18 aprile 2018, intervallata ogni 6 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

L'area di alta pressione è rimasta stazionaria, con nucleo sulla Germania, per circa tre giorni, dal 18 al 20 aprile; successivamente ha cominciato a perdere gradualmente d'intensità ed a scendere verso sud; tra il 21 ed il 22 aprile i massimi barici si sono localizzati sul nord Italia (FIGURA 74).

Il 20 aprile è stato il primo giorno dall'inizio dell'anno in cui sono stati superati localmente i 30°C, tra le stazioni termometriche della rete Arpa Piemonte, e tale soglia è stata superata anche nei due giorni successivi e infine il 24 aprile. Tra il 20 ed il 23 aprile la media delle temperature massime in pianura è stata superiore ai 26°C, con picco massimo di 27,7°C il giorno 21, risultato il giorno di aprile più caldo dal 9 aprile 2011 con quasi 10°C oltre la norma dei valori massimi dell'ultima decade di aprile (valore climatologico 18°C circa per il trentennio 1971-2000).

Grazie a questo periodo di marcata anomalia termica positiva aprile 2018 è risultato il 3° mese di aprile più caldo degli ultimi 61 anni, con uno scostamento di circa 3,3°C rispetto alla climatologia del trentennio 1971-2000.

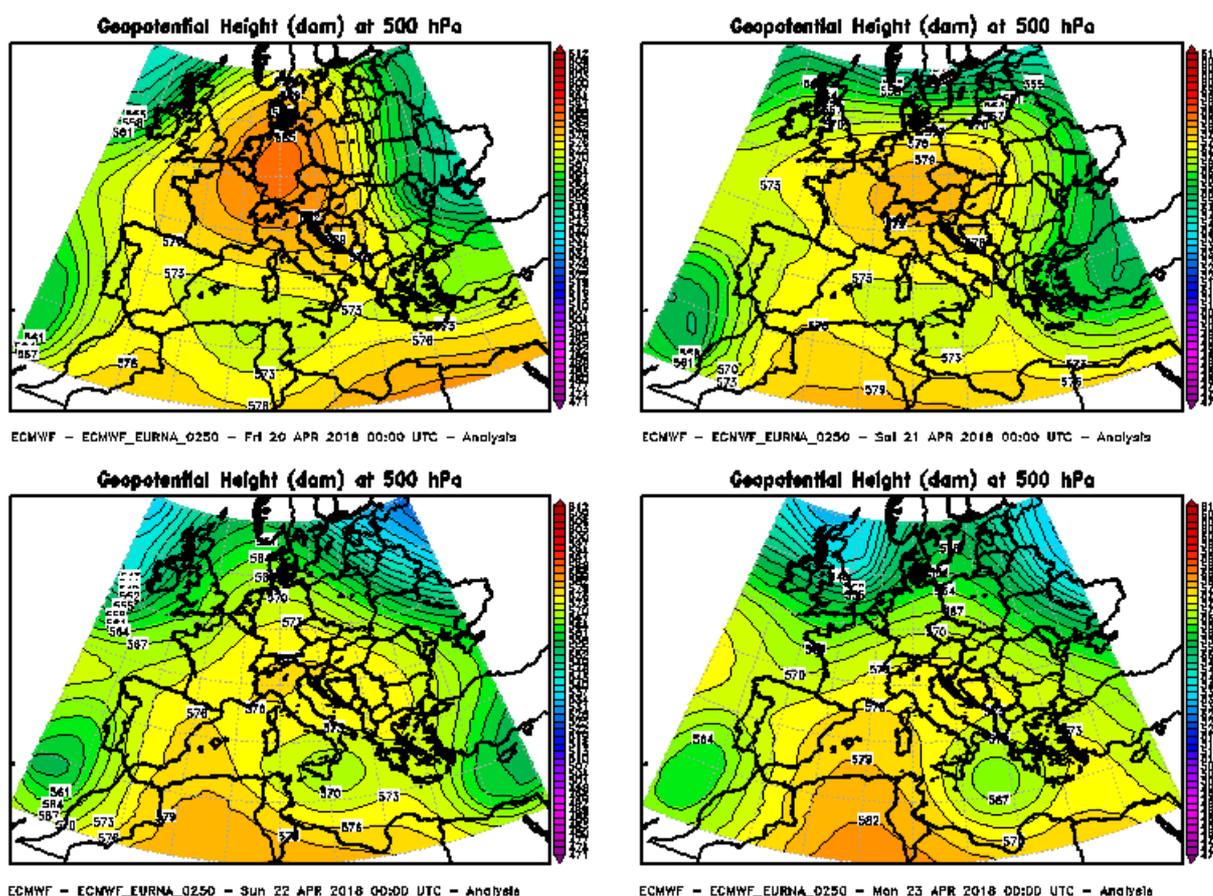


FIGURA 74: evoluzione dell'altezza di geopotenziale a 500 hPa alle ore 00 UTC dal 20 al 23 aprile 2018, intervallata ogni 24 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Maggio

In Piemonte il mese di maggio ha fatto registrare un surplus precipitativo di circa 83 mm (+63%), collocando il mese in esame al 7° posto tra i più piovosi dal 1958 ad oggi. Il surplus pluviometrico è stato determinato soprattutto dalla frequenza dei giorni di pioggia (25 giorni su 31), considerando la precipitazione media sul Piemonte maggiore di 1 mm.

L'evento pluviometrico di maggiore rilevanza si è verificato nei primi giorni del mese, quando una saccatura di origine atlantica è successivamente evoluta in una circolazione depressionaria centrata sulla Tunisia e si è portata prima verso il basso Tirreno e poi sulla Sardegna (FIGURA 75).

Tale configurazione meteorologica ha determinato condizioni di tempo instabile sul territorio piemontese con rovesci e temporali; i fenomeni precipitativi più forti si sono registrati tra il pomeriggio del 3 e la mattina del 4 maggio sul settore sudoccidentale del Piemonte ove la risalita orografica delle correnti da est ha favorito l'intensità delle precipitazioni, in particolare su Alpi Cozie e Marittime. I picchi più elevati si sono avuti a San Giacomo Demonte (CN) con 69 mm/6h e 103,2 mm/12h e sul Colle Barant (TO) con 164 mm/24h.

Una dozzina di pluviometri della rete Arpa Piemonte hanno superato la soglia dei 100 mm/24h ed una decina hanno stabilito il primato di precipitazione in 24 ore per il mese di maggio. Durante questo episodio si sono verificate criticità di tipo idrometrico, in particolare nel giorno 4 maggio nel Cuneese.

La temperatura del mese di maggio 2018 è risultata superiore di 1,6°C rispetto alla media climatologica degli anni 1971-2000: pertanto maggio 2018 è stato il 15° mese più caldo nella distribuzione storica degli ultimi 61 anni. Tuttavia non sono stati registrati picchi termometrici di particolare rilievo per il mese.

Grazie ai frequenti episodi di instabilità atmosferica per la prima volta dal 2008 non si è verificato neppure un episodio di foehn in maggio.

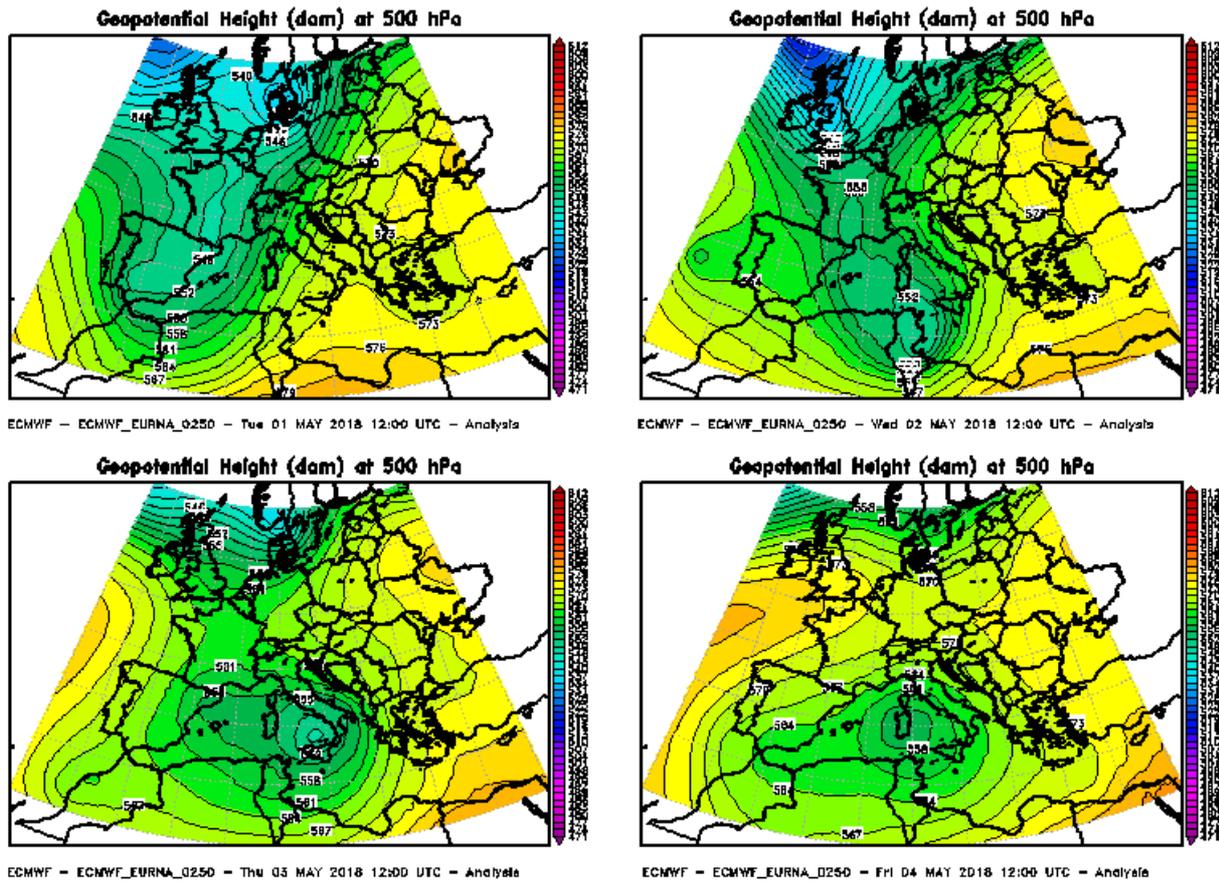


FIGURA 75: evoluzione dell'altezza di geopotenziale a 500 hPa tra le ore 12 UTC del 1° e del 4 maggio 2018, intervallata ogni 24 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Giugno

In Piemonte la precipitazione del mese di giugno è risultata inferiore alla norma del trentennio 1971-2000 di circa 24,6 mm (pari al 26%), collocando il mese in esame al 19° posto tra i più secchi dal 1958 a oggi.

Nonostante tale deficit pluviometrico mensile, il giorno 7 giugno si è verificata una colata di fango e detriti in corrispondenza del bacino del Rio delle Foglie, sito nel comune di Bussoleno (TO) nella bassa Valle di Susa, con interessamento del centro abitato intorno alle 12:30 UTC (14:30 ora locale). L'evento franoso si è inserito all'interno di una situazione di instabilità atmosferica causata da una circolazione depressionaria in movimento dalla Spagna verso le isole Baleari e, successivamente, la Corsica e la Sardegna (FIGURA 76).

In quei giorni il Piemonte è stato interessato da fenomeni temporaleschi; nel giorno 6 giugno i temporali più intensi si sono verificati nel Canavese e nel Biellese mentre nella giornata successiva del 7 giugno i picchi più elevati sino manifestati nel Torinese e sul Verbano.

Le precipitazioni osservate dai pluviometri della rete Arpa Piemonte più prossimi al bacino del Rio delle Foglie non hanno evidenziato valori significativi nell'intorno dell'ora di occorrenza del fenomeno torrentizio; pertanto le precipitazioni sono state stimate dalle osservazioni del radar di Bric della Croce (TO), nell'ordine dei 10 mm in 10 minuti e 15 mm in mezz'ora.

Anche con questa stima non si tratta di valori particolarmente elevati, però è un bacino che nel mese di ottobre 2017 è stato interessato da incendi boschivi: in particolare quello del 22 ottobre 2017 ha avuto una severità classificata come medio-alta nella porzione superiore del bacino e bassa in quella mediana inferiore; ne è conseguito un sensibile e generale aumento della suscettibilità dell'area a eventi franosi.

Inoltre, a fine aprile 2018 e nel corso del mese di maggio 2018 altri fenomeni di esondazione e alluvionamento di minore entità, legati alle diffuse precipitazioni temporalesche di tali periodi, hanno interessato il bacino.

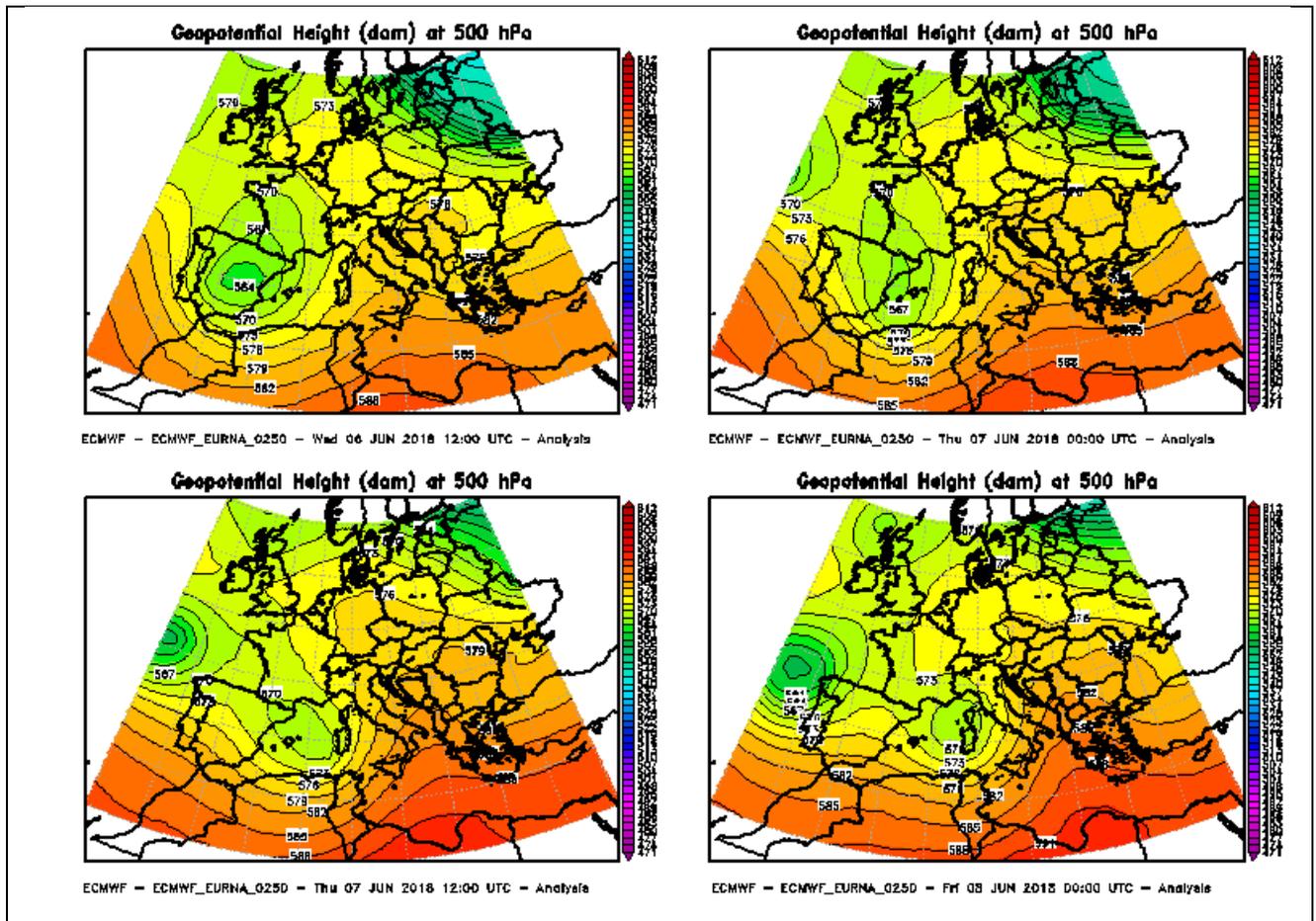


FIGURA 76: evoluzione dell'altezza di geopotenziale a 500 hPa tra le ore 12 UTC del 6 giugno e 00 UTC dell'8 giugno 2018, intervallata ogni 12 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Il mese di giugno ha fatto registrare una temperatura superiore di 2,2°C rispetto alla media climatologica degli anni 1971-2000, risultando così il 7° mese più caldo nella distribuzione storica degli ultimi 62 anni.

Il contributo più rilevante all'anomalia termica positiva è stato dato da due differenti periodi di stabilità atmosferica che si sono verificati nella seconda metà del mese.

Il primo episodio di caldo si è manifestato sul Piemonte nei giorni intorno all'inizio dell'estate astronomica: un'area di alta pressione di matrice africana si è estesa sull'Europa occidentale, isolando un massimo secondario tra la catena pirenaica ed il golfo di Biscaglia (FIGURA 77 a sinistra). Tale struttura anticiclonica si è ulteriormente ampliata con un promontorio sull'Europa centrale, interessando direttamente anche il territorio piemontese (FIGURA 77 a sinistra). Il giorno 19 giugno la media dei valori massimi in pianura ha superato i 30°C per la prima volta dall'inizio dell'anno e si è mantenuta tale fino a venerdì 22 giugno.

Negli ultimi due giorni del mese si è avuta una nuova risalita dei valori delle temperature, grazie all'espansione verso il bacino centro-occidentale del Mediterraneo di un promontorio anticiclonico di matrice africana (FIGURA 77 a destra); il 30 giugno è risultato il giorno più caldo del mese, con una media dei valori massimi in pianura attorno ai 32°C e locali picchi di 36°C nell'Alessandrino.

Comunque, nelle due ondate di calore esaminate le temperature non hanno raggiunto valori da primato.

Infine, giugno è stato il secondo mese consecutivo senza eventi di foehn.

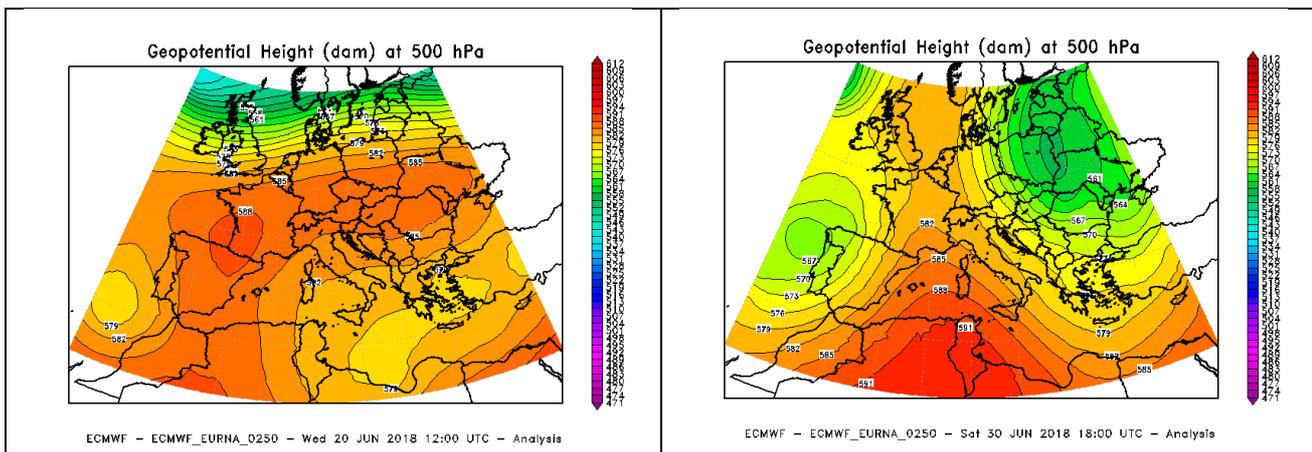


FIGURA 77: altezza di geopotenziale a 500 hPa alle ore 12 UTC del 20 giugno 2018 (sinistra) ed alle ore 18 UTC del 30 giugno 2018 (destra). Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Luglio

In Piemonte il mese di luglio è stato caratterizzato da temperature quasi sempre superiori alla norma e, al contempo, da frequenti condizioni di instabilità, con fenomeni temporaleschi di intensità forte o anche molto forte.

Ha fatto registrare un surplus precipitativo pari a 16,8 mm (28%), risultando il 12° mese di luglio più piovoso nella distribuzione storica dal 1958 ad oggi.

Il periodo di maggiore instabilità si è avuto tra il 2 ed il 5 luglio. Tra la tarda serata del 2 e le ore prima dell'alba del 4 i fenomeni temporaleschi sono stati causati da afflussi di aria fredda in quota convogliati dalla circolazione depressionaria visibile in FIGURA 77 a destra, sulle coste atlantiche iberiche. La genesi e l'intensità dei temporali è stata favorita dalla situazione atmosferica presente nei giorni precedenti, con un accumulo di umidità negli strati medio-bassi dell'atmosfera a causa di un flusso dai quadranti meridionali canalizzato dal promontorio anticiclonico di matrice africana presente sul Mediterraneo centro-occidentale (FIGURA 77 a destra). Nel giorno 2 luglio i temporali hanno interessato soprattutto le valli di Lanzo ed il Canavese mentre tra la tarda serata del 3 e le ore prima dell'alba del 4 luglio i fenomeni più intensi si sono verificati in provincia di Alessandria.

Le due successive fasi temporalesche sono state causate dall'avanzamento verso est della circolazione depressionaria presente sulle coste nordatlantiche iberiche (in FIGURA 77 a destra), evoluta successivamente in una saccatura più lasca (FIGURA 78).

Così, nuovi temporali hanno interessato il territorio piemontese tra la tarda serata del 4 e le prime ore del mattino del 5 luglio; in questo caso l'intensità è stata più elevata rispetto ai giorni precedenti, grazie alla presenza di una configurazione barica dinamica. Il picco massimo nella notte tra il 4 ed il 5 luglio è stato raggiunto a Varallo (VC), con 93,4 mm/h e 98,6 mm/3h.

Infine, tra il pomeriggio e la serata del 5 si sono verificati gli ultimi fenomeni temporaleschi di rilievo, con valore massimo di 66,8 mm/h a Feisoglio in provincia di Cuneo.

Nei giorni 16 e 20-21 luglio si sono verificati altri episodi instabili con configurazione bariche simili a quella esaminata (transito di una saccatura atlantica successivo a un periodo di stabilità anticiclonica di matrice africana).

Dal punto di vista termometrico luglio 2018 è stato il 6° mese di luglio più caldo degli ultimi 61 anni, con un'anomalia termica positiva di 1,9°C ed è risultato anche il mese più caldo dell'anno 2018.

Il picco termico mensile si è verificato il 31 luglio, risultato anche il giorno mediamente più caldo dell'anno 2018.

In tale giornata un promontorio anticiclonico di matrice africana, presente sul Mediterraneo centro-occidentale, si è unito con un'anomala area di alta pressione situata sulla Scandinavia (FIGURA 79), dove ha causato per lungo tempo temperature ben al di sopra della norma. In Piemonte la media delle temperature massime in pianura è risultata di 34°C, con picco massimo di 37,7°C a Domodossola (VB).

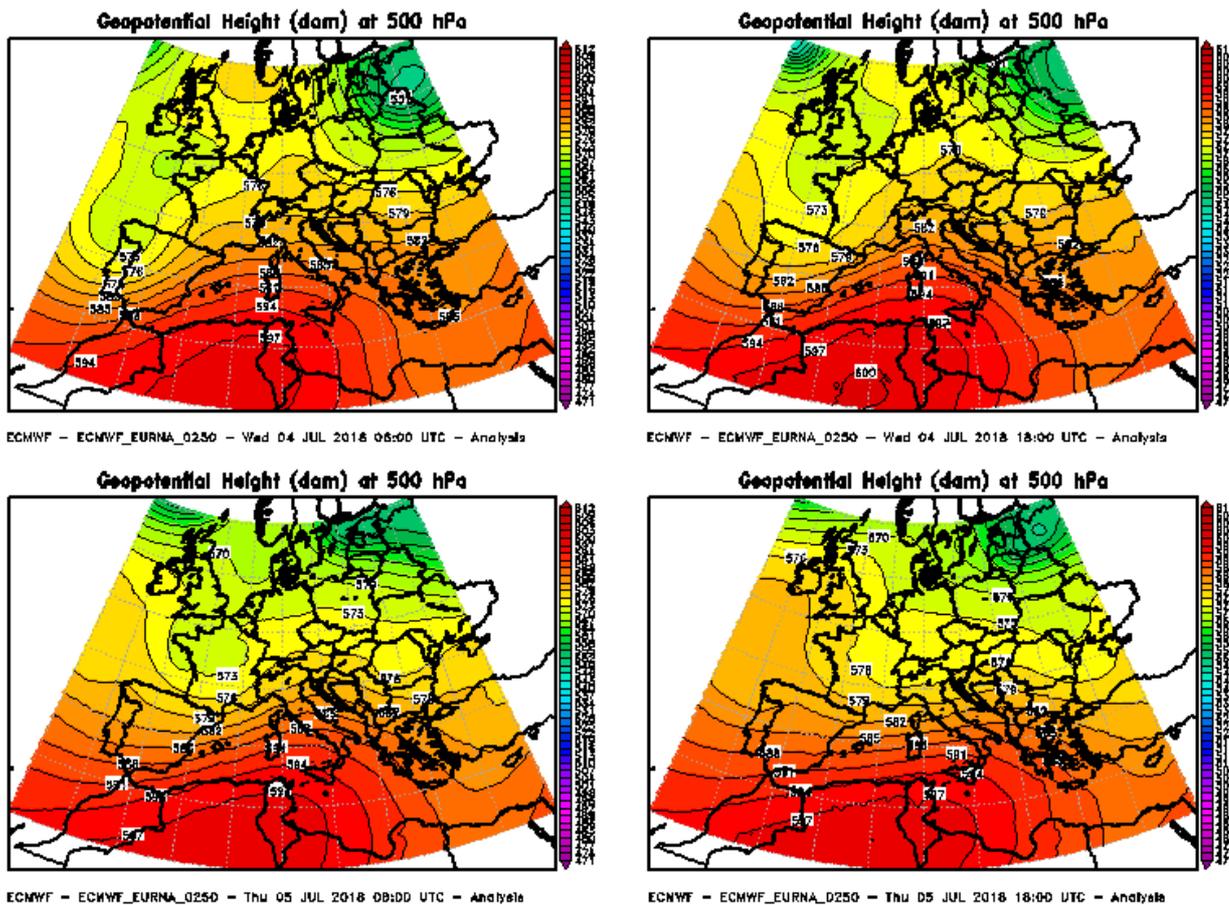


FIGURA 78: evoluzione della temperatura (°C) a 500 hPa tra le ore 06 UTC del 4 e 18 UTC del 5 luglio 2018, intervallata ogni 12 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

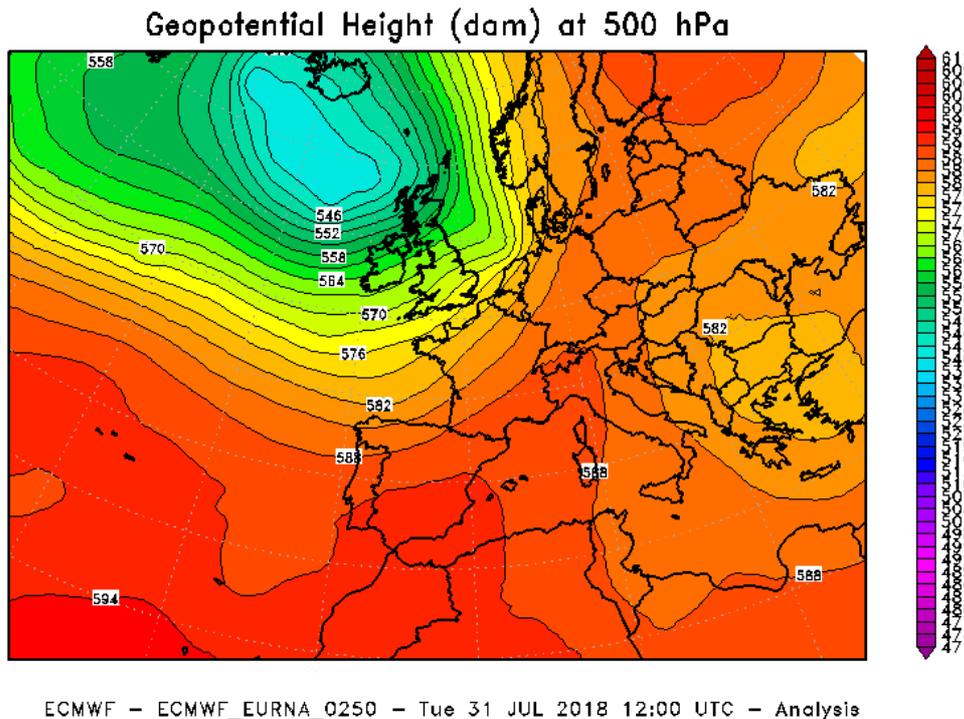


FIGURA 79: altezza di geopotenziale a 500 hPa alle ore 12 UTC del 31 luglio 2018. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Agosto

La stabilità anticiclonica della fine del mese precedente è proseguita anche all'inizio del mese di agosto, con una configurazione barica caratterizzata da una vasta area di alta pressione avente i massimi sulle coste atlantiche iberiche, con diretto interessamento anche del territorio piemontese (FIGURA 80).

Nei primi 6 giorni la media delle temperature massime in pianura sul Piemonte si è quasi sempre mantenuta al di sopra dei 33°C, i 38°C registrati il 4 agosto a Villanova Solaro (CN) rappresentano il picco termometrico assoluto in Piemonte nell'anno 2018.

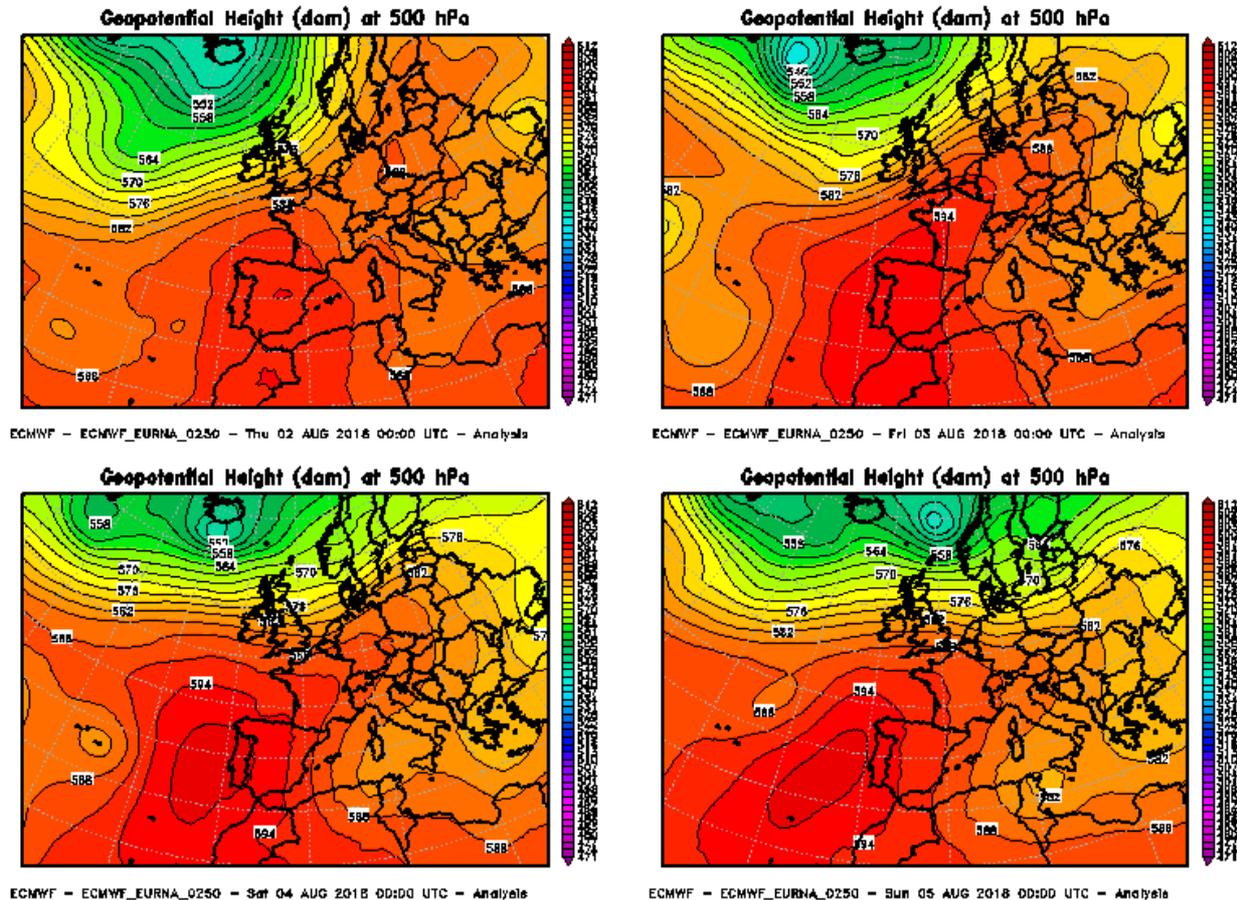


FIGURA 80: altezza di geopotenziale a 500 hPa alle ore 00 UTC dal 2 al 5 agosto 2018, intervallata ogni 24 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Un'altra ondata di calore si è verificata tra il 19 ed il 23 agosto quando si è assistito all'espansione dell'anticiclone delle Azzorre verso l'Europa centrale: sul territorio piemontese le temperature sono nuovamente risalite, risultando prossime alla media dei 32°C di temperatura massima in pianura.

Anche il mese di agosto 2018 è risultato il sesto più caldo degli ultimi 61 anni, con un'anomalia termica positiva di 2,1°C rispetto alla media del periodo 1971-2000.

Dal punto di vista precipitativo ha avuto una precipitazione media di 73 mm, con un deficit pluviometrico di 10 mm (-12%), risultando il 28° mese di agosto più secco nella distribuzione storica dal 1958.

Nonostante lo scarto pluviometro negativo agosto 2018 ha avuto diversi episodi temporaleschi, in prevalenza legati al transito di saccature di origine atlantica, talvolta evolute in circolazioni depressionarie sul mare Mediterraneo.

Settembre

In Piemonte la temperatura media del mese di settembre è risultata superiore alla norma del periodo 1971-2000, con un'anomalia termica positiva di circa 2,7°C e il mese si è situato al 3° posto dei mesi settembrini più caldi, nella distribuzione storica degli ultimi 61 anni.

I giorni più caldi del mese si sono manifestati tra l'11 ed il 12 settembre, quando un promontorio anticiclonico di matrice africana, presente sul bacino centrale del Mediterraneo, ha interessato il territorio piemontese (FIGURA 81).

L'11 settembre è stato l'unico giorno del mese in cui la media delle temperature massime in pianura ha superato i 30 °C e localmente sono stati sfiorati i 34 °C. Nonostante la marcata anomalia termica di circa 5-6 °C, non si è trattato di valori da primato assoluto.

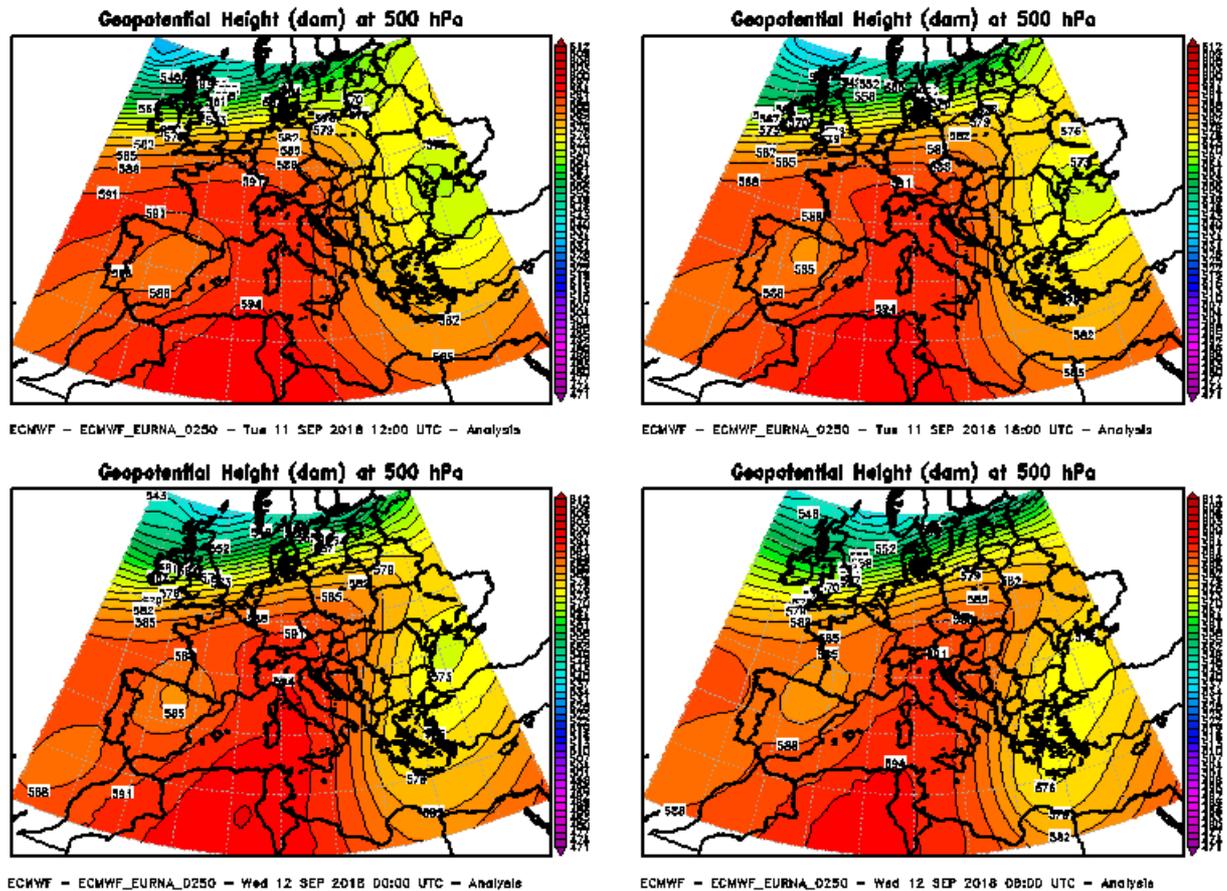


FIGURA 81: evoluzione dell'altezza di geopotenziale a 500 hPa tra le ore 12 UTC dell'11 settembre 2018 e 06 UTC del 12 settembre 2018, intervallata ogni 6 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Valori di temperatura superiori alla norma sul territorio piemontese sono stati registrati anche tra il 22 e il 24 settembre, questa volta a causa dell'azione di un'area di alta pressione di matrice atlantica.

I periodi di stabilità anticiclonica hanno avuto un impatto anche sulle precipitazioni: il mese di settembre è risultato il 18° più carente di precipitazioni degli ultimi 61 anni, con una precipitazione media di circa 42,9 mm, inferiore di 56,5 mm (pari al 57%) rispetto alla media climatologica degli anni 1971-2000.

Nel mese si è comunque verificato un evento temporalesco di notevole rilevanza il giorno 16: i fenomeni precipitativi sono stati causati da un afflusso di aria fredda in quota, associato a una debole onda depressionaria di matrice atlantica (FIGURA 82). Non si è trattato di una struttura depressionaria di particolare rilievo: tuttavia la presenza di una ventilazione debole ha favorito la persistenza delle celle temporalesche che si sono formate in prossimità dei rilievi.

La località più colpita dagli eventi temporaleschi è stata Sparone, nella valle dell'Orco in provincia di Torino, dove sono caduti 99,4 mm/h, 148,4 mm/3h, 176,2 mm/6h e 230,4 mm/12h. Altri due pluviometri situati a Lanzo (TO) hanno superato i 100 mm in 6 ore, mentre complessivamente 7 stazioni pluviometriche della rete Arpa Piemonte, localizzate in provincia di Torino, hanno registrato valori superiori ai 100 mm in 24 ore.

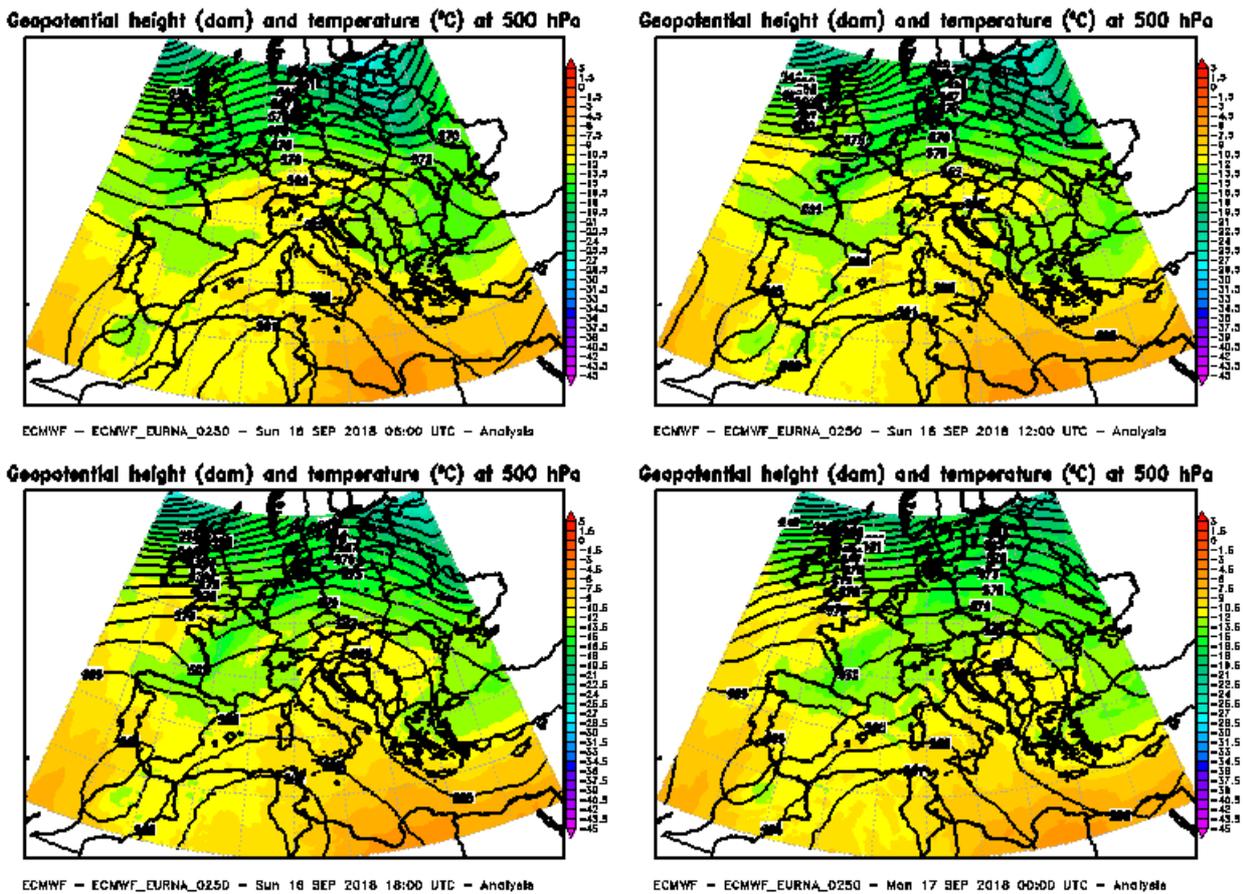


FIGURA 82: evoluzione di temperatura (colori) ed altezza di geopotenziale a 500 hPa (isolinee) tra le ore 06 UTC del 16 settembre 2018 e 00 UTC del 17 settembre 2018, intervallate ogni 6 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Ottobre

Il mese di ottobre in Piemonte ha avuto una precipitazione media di circa 244,7 mm, superiore di 111,7 mm (pari all'84%) rispetto alla media climatologica degli anni 1971-2000. E' risultato il mese più piovoso dell'anno e si è collocato al 6° posto nella distribuzione storica dei mesi di ottobre più ricchi di precipitazione degli ultimi 61 anni.

Il surplus pluviometrico è stato determinato da due eventi precipitativi.

Il primo si è verificato tra la fine della prima e l'inizio della seconda decade del mese, quando una circolazione depressionaria avente il minimo sulle coste nord-atlantiche spagnole è tralata verso nord ed è stata assorbita da una vasta area depressionaria situata ad ovest delle Isole Britanniche (FIGURA 83).

Le due strutture di bassa pressione hanno fatto affluire aria umida da sudovest sull'Italia nordoccidentale, causando precipitazioni diffuse sul territorio piemontese, soprattutto tra il pomeriggio del 10 e la mattina dell'11 ottobre.

Nella prima parte della giornata dell'11 ottobre le piogge sono state mediamente moderate o forti, con locali picchi molto forti; i valori puntualmente più elevati si sono verificati a Ponte di Nava Tanaro in provincia di Cuneo con 44,2 mm/1h, 85,4 mm/3h, 112,8 mm/6h e 169,2 mm/12h, mentre in 24 ore il pluviometro di Colle Barant in Val Pellice, nel Torinese, ha registrato il picco massimo di 268,4 mm.

Però il contributo maggiore alla precipitazione mensile è stato dato dal prolungato periodo di maltempo iniziato sabato 27 ottobre e concluso mercoledì 7 novembre.

I fenomeni precipitativi hanno avuto inizio sabato 27 ottobre, quando una saccatura presente sul Mare del Nord si è estesa verso la penisola iberica, isolando una circolazione depressionaria con minimo sulla Spagna settentrionale nella notte successiva (FIGURA 84 in alto). Il Piemonte è stato interessato da correnti umide da sudovest, con un notevole apporto di umidità dallo stretto di Gibilterra verso la costa ligure. Le precipitazioni si sono verificate soprattutto sul settore appenninico in provincia di Alessandria al confine con la Liguria: i picchi più elevati a Piani di Carrega con 82,2

mm/6h, 134,8 mm/12h e 187,4 mm/24h. Valori precipitativi localmente molto forti si sono registrati anche su Verbano, Biellese ed alto Vercellese.

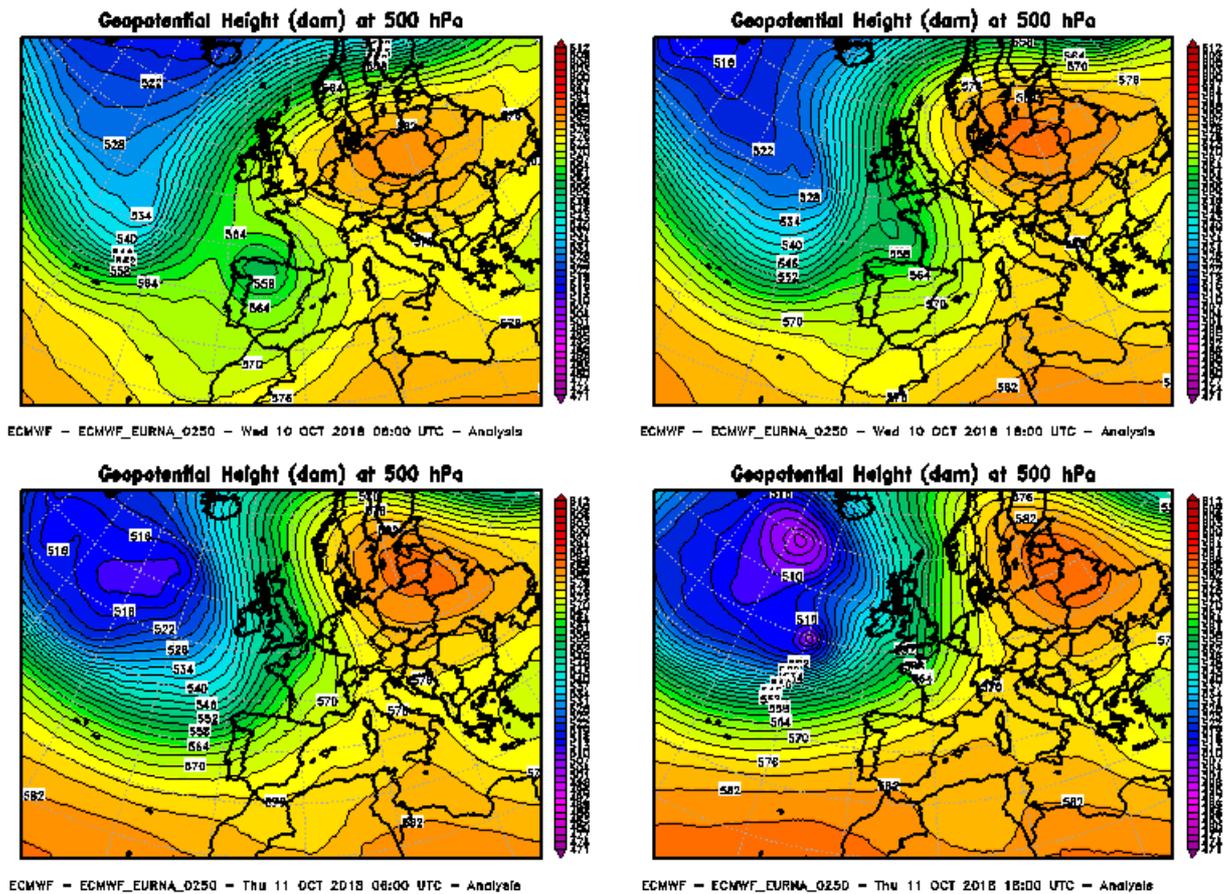


FIGURA 83: evoluzione dell'altezza di geopotenziale a 500 hPa tra le ore 06 UTC del 10 e 18 UTC dell'11 ottobre 2018, intervallata ogni 12 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Domenica 28 ottobre la circolazione depressionaria è rimasta sostanzialmente stazionaria; il suo minimo si è portato dalla catena pirenaica alla Francia sudoccidentale ed in mattinata ha continuato a persistere il flusso di aria umida da sudovest sul Piemonte, mentre nel pomeriggio il vento è ruotato da sud (FIGURA 84 in alto a destra). Nella prima parte della giornata si sono avute precipitazioni localmente molto forti sul settore settentrionale del Piemonte e sui rilievi appenninici; nel pomeriggio l'attenuazione del vento nei bassi strati ha favorito un calo dell'intensità dei fenomeni sul Piemonte centro-meridionale, mentre a nord la pioggia ha continuato a cadere con picchi localmente intensi. In tale giornata sono stati raggiunti o sfiorati i 200 mm/24h nel Verbanò a Sambughetto (202,8 mm), Pallanza (191,4 mm), Cesara (191,0 mm) e nuovamente a Piani di Carrega nell'Alessandrino con 199,2 mm.

Lunedì 29 ottobre ha continuato a essere presente una vasta area depressionaria sull'Europa occidentale a causa della formazione di un nuovo nucleo di bassa pressione tra le Isole Baleari e la Sardegna, in successivo movimento verso la Costa Azzurra e l'arco alpino occidentale (FIGURA 84 in basso a sinistra). Questa configurazione ha fatto sì che il 29 sia stato il giorno più piovoso dell'anno, con 76,5 mm di precipitazione media sul territorio regionale. L'afflusso di aria fredda instabile, connesso all'avvicinamento del nuovo nucleo depressionario, ha intensificato il vento, con raffiche fino a circa 120 km/h sull'Alessandrino, e determinato un calo della quota neve da 2000 a 1200 m circa, mentre ha continuato a persistere il flusso umido dai quadranti meridionali. I picchi precipitativi maggiori si sono nuovamente verificati sull'Appennino alessandrino e sul Verbanò. In provincia di Alessandria Capanne di Marcarolo ha registrato 69,4 mm/3h e 83 mm/6h, mentre su 12 ore il valore massimo si è avuto a Lavagnina Lago con 131,4 mm; infine su 24 ore il valore più elevato a Larecchio con 195,5 mm. Tuttavia piogge moderate o localmente forti hanno interessato tutto il territorio regionale; anche il Canavese e le valli di Lanzo hanno registrato valori superiori ai 100 mm/24h grazie a una ventilazione orientata da sudest. L'intensificazione e la

persistenza delle precipitazioni hanno determinato un diffuso incremento dei livelli idrometrici dei corsi d'acqua piemontesi.

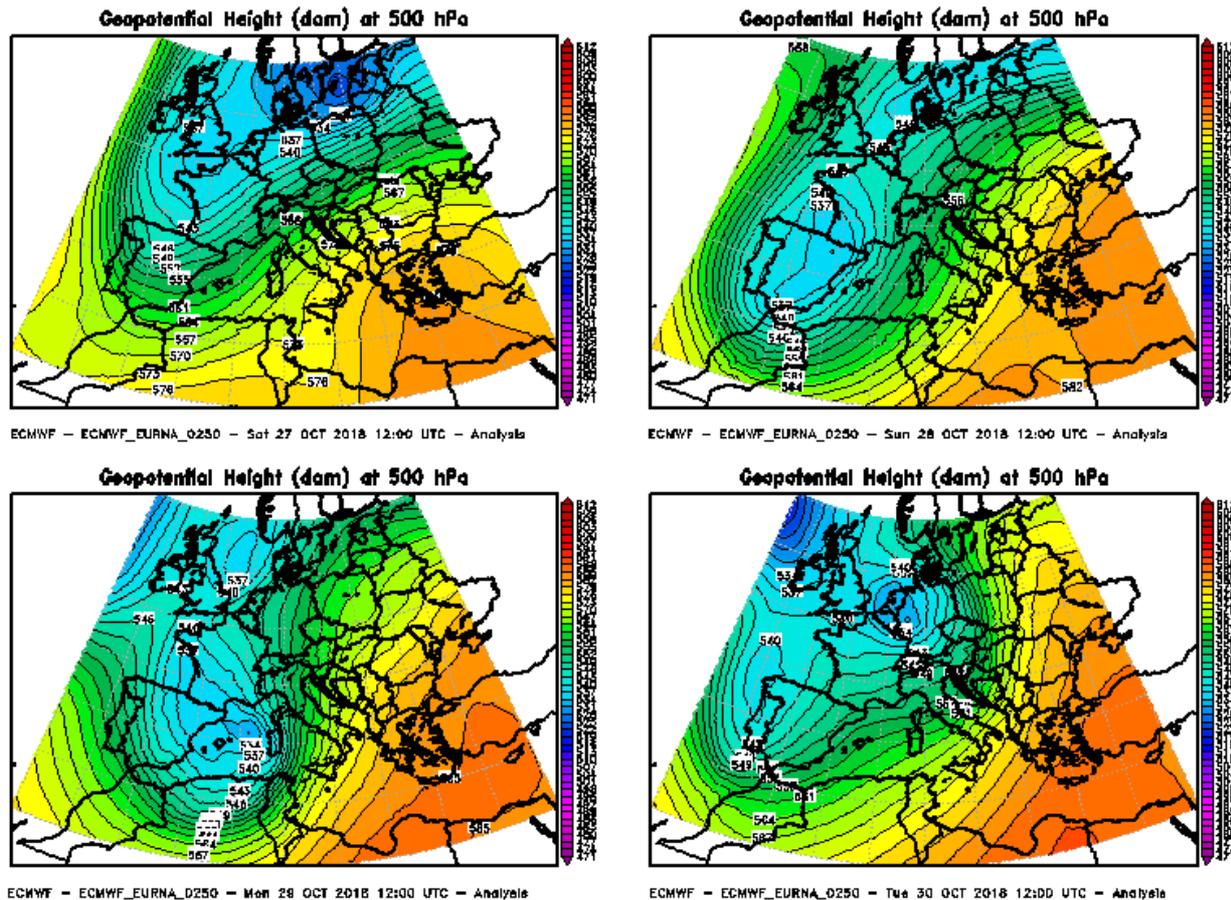


FIGURA 84: evoluzione dell'altezza di geopotenziale a 500 hPa tra le ore 12 UTC del 27 e del 30 ottobre 2018, intervallata ogni 24 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Il 30 ottobre la depressione responsabile delle intense precipitazioni del giorno precedente si è allontanata verso settentrione, in direzione del Mare del Nord, e la circolazione in quota sul Piemonte si è temporaneamente disposta dai quadranti occidentali (FIGURA 84 in basso a destra). Questo fatto ha determinato un'attenuazione e successivo esaurimento dei fenomeni precipitativi sul Piemonte centro-meridionale, favorendo un calo dei livelli idrometrici dei corsi d'acqua.

La circolazione depressionaria visibile sulle coste atlantiche iberiche nella FIGURA 84 in basso a destra è risalita verso la catena pirenaica nella giornata del 31 ottobre. Il vento in quota sul Piemonte si è nuovamente disposto dai quadranti meridionali ed è ripreso l'afflusso di aria umida dal bacino del Mediterraneo verso il territorio piemontese. Le precipitazioni sono ricominciate interessando quasi tutta la regione; i valori pluviometrici più elevati si sono verificati nella seconda parte della giornata e le zone in cui le piogge sono state più intense sono risultate nuovamente il settore appenninico ed il Verbano. I picchi di precipitazione hanno avuto un'intensità inferiore rispetto ai giorni precedenti ma comunque rilevante.

Dal punto di vista termometrico ottobre 2018 è stato il 6° mese di ottobre con la temperatura media più elevata degli ultimi 61 anni ed un'anomalia positiva di 2,3°C rispetto alla media del periodo 1971-2000.

Merita una citazione il rilevante episodio di foehn del 24 ottobre, causato dalla veloce discesa di una saccatura dalla Scandinavia verso i Balcani mentre sull'Europa occidentale era presente un'area anticiclonica (FIGURA 85). La marcata differenza di pressione esistente tra i settori occidentali e orientali europei ha innescato una forte ventilazione da nord, nordovest sul territorio piemontese con condizioni di foehn estese anche alle zone pianeggianti. In Val Susa le raffiche di vento hanno superato i 100 km/h, mentre la media delle temperature massime in pianura ha raggiunto i 27,6°C. Si è trattato del valore più elevato per il mese di ottobre dal 12 ottobre 2011; il picco massimo è stato registrato a Candoglia Toce (VB) con 32°C.

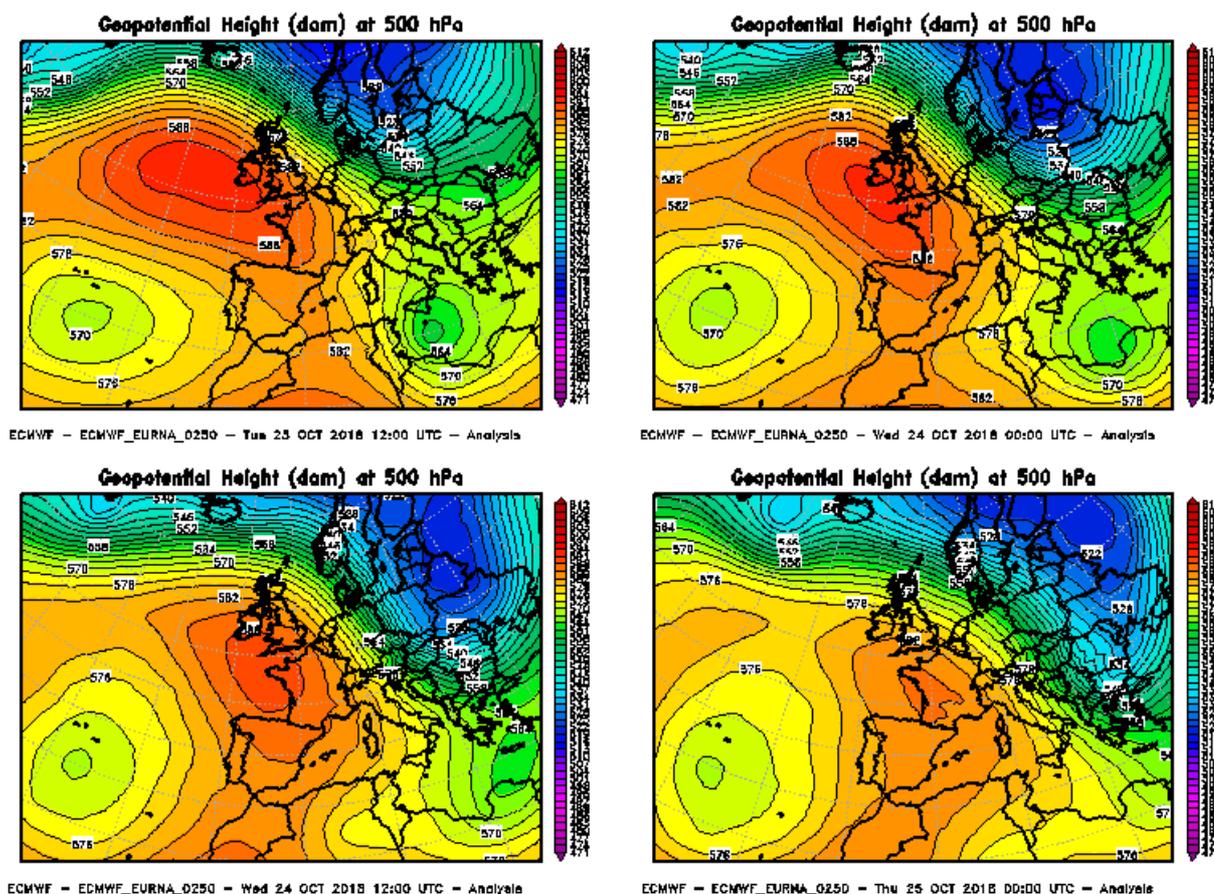


FIGURA 85: evoluzione dell'altezza di geopotenziale a 500 hPa tra le ore 12 UTC del 23 e 00 UTC del 25 ottobre 2018, intervallata ogni 12 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Novembre

In Piemonte il mese di novembre è risultato il 13° più ricco di precipitazioni degli ultimi 61 anni, con una precipitazione media di circa 189,6 mm, superiore di 111 mm (pari al 141%) rispetto alla media climatologica degli anni 1971-2000.

Il contributo più rilevante al totale precipitativo mensile è stato dato dall'evento pluviometrico della prima settimana del mese in cui sono proseguite le condizioni di maltempo iniziate negli ultimi giorni di ottobre.

Nei primi giorni di novembre i picchi precipitativi hanno avuto un rilievo solo nelle prime 6 ore del 1° novembre, con valori mediamente moderati o forti, localmente molto forti su alto Torinese, alto Vercellese, Biellese e Verbano e nel pomeriggio del 3 con temporali molto forti sulle Alpi Cozie torinesi.

Nella giornata del 4 novembre una circolazione depressionaria è rimasta sostanzialmente stazionaria sulla Sardegna, con una modesta traslazione verso nord e si è gradualmente colmata mentre in serata una nuova saccatura atlantica ha posizionato il suo asse sulle coste atlantiche iberiche (FIGURA 86 in alto). Una ventilazione da est, sudest in quota e da est, nordest nei bassi strati ha interessato il Piemonte per tutta la giornata con fenomeni precipitativi che si sono verificati soprattutto sui settori montani e pedemontani occidentali ove si è manifestata la risalita orografica delle masse di aria umida. L'intensità delle precipitazioni è stata più elevata rispetto ai giorni precedenti; i picchi massimi si sono avuti nella stazione pluviometrica di Colle Barant (TO) sulle Alpi Cozie, con 82,6 mm/6h, 116,8 mm/12h e 201,6 mm/24h.

Nel giorno 5 novembre la struttura depressionaria presente sulla Sardegna è evoluta in una saccatura e si è allontanata verso il medio Adriatico; contemporaneamente si è formata una nuova e profonda circolazione di bassa pressione sulle coste settentrionali atlantiche iberiche ed in quota è ripreso il flusso di aria umida dai quadranti meridionali sul territorio piemontese (FIGURA 86 in alto a destra). Si è avuta un'ulteriore intensificazione e diffusione delle precipitazioni, in

particolare nella seconda parte della giornata sui settori settentrionali e occidentali del territorio piemontese; una decina di pluviometri della rete Arpa Piemonte hanno registrato valori superiori ai 100 mm/24h. Sono stati nuovamente registrati incrementi delle portate dei corsi d'acqua.

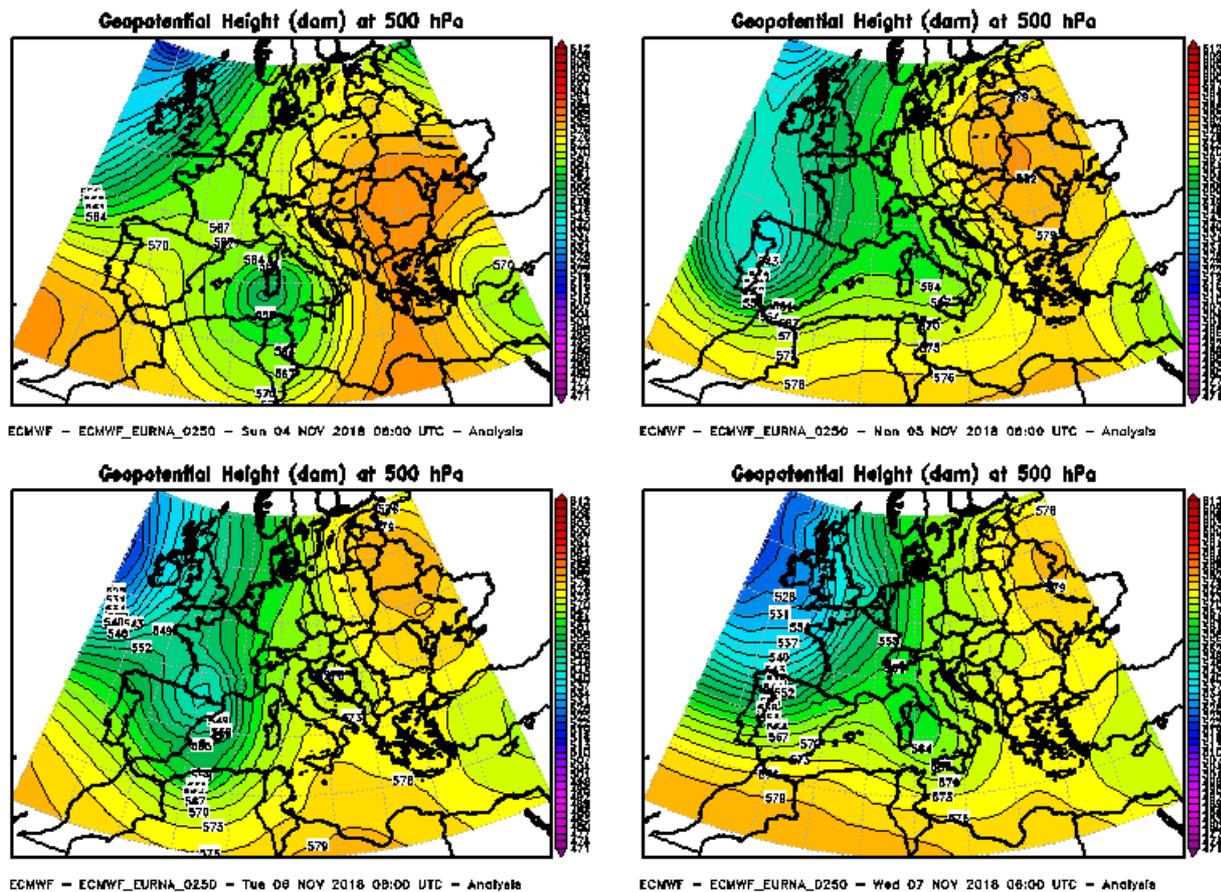


FIGURA 86: evoluzione dell'altezza di geopotenziale a 500 hPa tra le ore 06 UTC del 4 e del 7 novembre 2018, intervallata ogni 24 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Il 6 novembre il nucleo della depressione è traslato verso la Francia avvicinandosi all'arco alpino piemontese e facendo affluire aria più fresca instabile in quota sul Piemonte mentre ha continuato a persistere il flusso di umidità dal Mediterraneo (FIGURA 86 in basso a sinistra). In tali condizioni è ancora aumentata l'intensità delle precipitazioni e il 6 novembre è risultato il giorno più piovoso del mese. I valori precipitativi più elevati sono stati registrati sul settore settentrionale e nordoccidentale del Piemonte. Il picco precipitativo massimo in 3 ore si è registrato a Sambughetto in Valle Strona nella provincia di Verbania con 68,6 mm; in tale località sono caduti anche 100 mm/6h superati solo dai 115,8 mm/6h ad Ala di Stura, nelle valli di Lanzo in provincia di Torino. Il pluviometro di Ala di Stura ha registrato anche i picchi massimi in 12 e 24 ore con 175,4 e 251,8 mm rispettivamente. Inoltre, i 100 mm in 12 ore sono stati superati in 13 pluviometri piemontesi della rete Arpa Piemonte. La persistenza delle precipitazioni ha determinato l'incremento dei livelli idrometrici dei fiumi principali e secondari, compresi tra Torinese ed il Verbano.

Il 7 novembre il minimo depressionario si è allontanato gradualmente verso il medio e basso Tirreno (FIGURA 86 in basso a sinistra): in tale giornata i fenomeni precipitativi hanno avuto una drastica riduzione. Tuttavia dal punto di vista idrometrico è in tale giorno che sono stati raggiunti i colmi di piena più importanti, a causa del forte stato di umidificazione dei suoli che ha amplificato la risposta idrologica dei bacini con superamenti dei livelli di guardia.

Complessivamente, durante periodo di prolungato maltempo dei giorni 27 ottobre - 7 novembre 2018 precipitazioni molto forti hanno interessato soprattutto il Piemonte settentrionale e nordoccidentale (Verbano, Biellese e Canavese) e, in misura inferiore, i rilievi appenninici in provincia di Alessandria. Il Toce ed il Sesia sono stati i due bacini che hanno ricevuto la maggiore quantità di pioggia media, con 621,4 e 573,4 mm rispettivamente nel corso dell'evento; in diversi pluviometri della rete Arpa Piemonte sono stati superati i 100 mm/6h, 150 mm/12h e 200 mm/24h.

Dal punto di vista termico novembre 2018 è stato il 9° mese di novembre con la temperatura media più elevata degli ultimi 61 anni ed un'anomalia positiva di 1,7°C rispetto alla media del periodo 1971-2000.

Dicembre

In Piemonte il mese di dicembre 2018 è risultato caldo e secco, con diversi episodi di foehn che hanno causato elevati valori di temperatura massima.

Alla fine della prima decade del mese di dicembre 2018 si è avuto un periodo prolungato con ventilazione intensa sul territorio piemontese, causato dal transito di due onde depressionarie ravvicinate.

Nei giorni 7 ed 8 dicembre una saccatura di origine nordatlantica è velocemente transitata dalla Francia verso il Mare Adriatico (FIGURA 87 in alto); le raffiche di vento più forti a quote inferiori a 2000m hanno toccato i 94 km/h e si sono manifestate in Val Susa nella giornata dell'Immacolata.

Il successivo impulso depressionario, dei giorni 9 e 10 dicembre, ha avuto una traiettoria leggermente diversa, dalla Francia verso il basso Tirreno (FIGURA 87 in basso). In questa occasione le raffiche di vento più intense al di sotto dei 2000 m si sono verificate a Limone Pancani (CN) sulle Alpi Marittime nella giornata del 9, con circa 105 km/h.

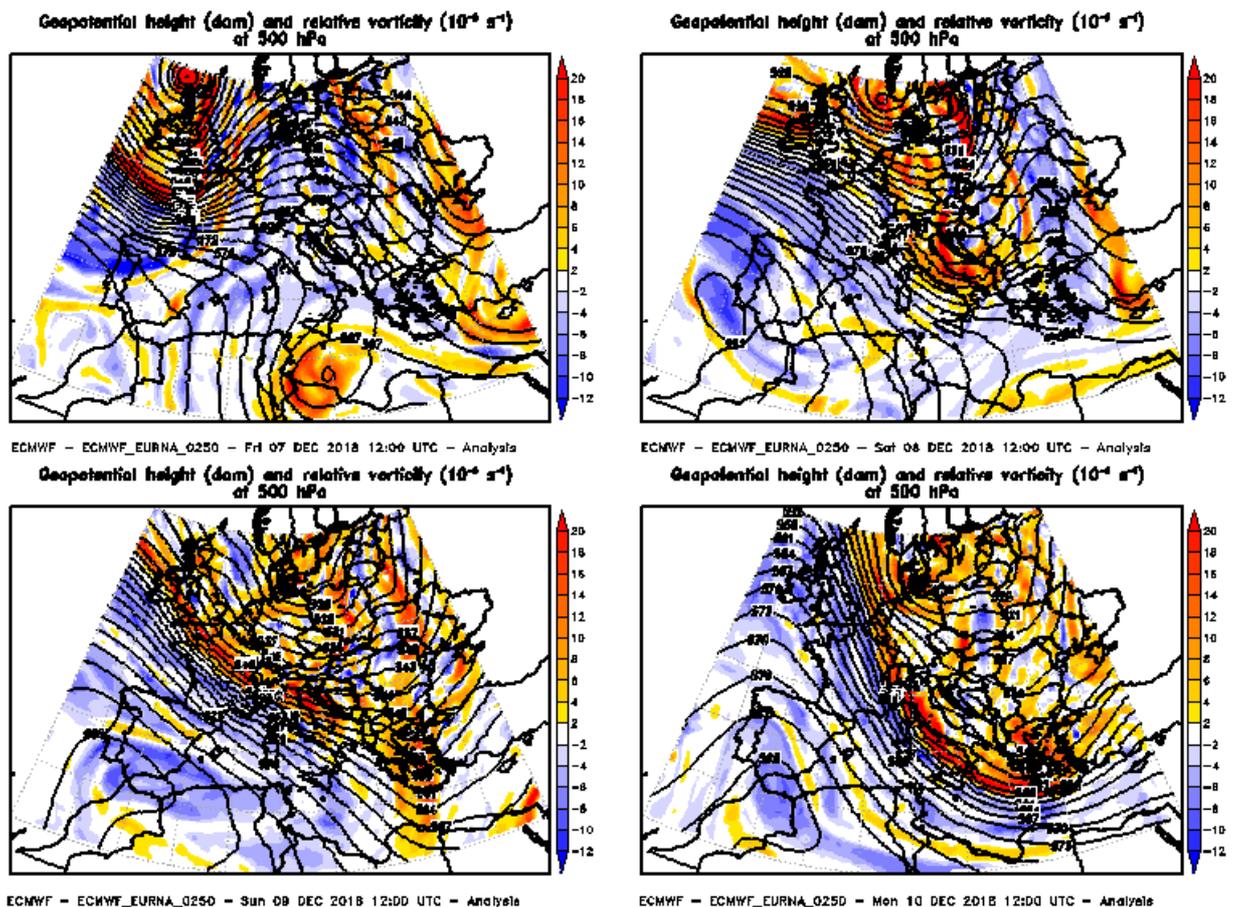


FIGURA 87: evoluzione della vorticità relativa (colori) e dell'altezza di geopotenziale a 500 hPa (isolinee) alle ore 12 UTC dal 7 al 10 dicembre 2018, intervallate ogni 24 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Durante la vigilia di Natale un impulso depressionario è sceso velocemente dal Mare del Nord verso l'Adriatico (FIGURA 88), determinando una nuova intensificazione dei venti da nordovest sul territorio piemontese. Anche in questo episodio le raffiche più elevate a livelli inferiori a 2000 m sono state registrate a Pietrastretta (TO), in val Susa, con circa 105 km/h.

E' stato il giorno con le temperature massime più alte del mese.

Il valore più alto è stato registrato a Luserna San Giovanni (TO), in val Pellice, con 23,7°C; si tratta anche della terza temperatura più elevata registrata a dicembre in Piemonte dai sensori della rete

Arpa, superata solo dai 24°C di Belvedere Langhe (CN) del 1° dicembre 2015 e dai 23,9°C di Pietrastretta del 22 dicembre 1991.

Dal punto di vista precipitativo In Piemonte il mese di dicembre 2018 ha avuto una precipitazione media di 20,7 mm, inferiore di 33,6 mm (pari al 62%) rispetto alla media climatologica degli anni 1971-2000, risultando così l'11° mese di dicembre più carente di precipitazioni degli ultimi 61 anni e anche il mese più secco dell'intera annata del 2018.

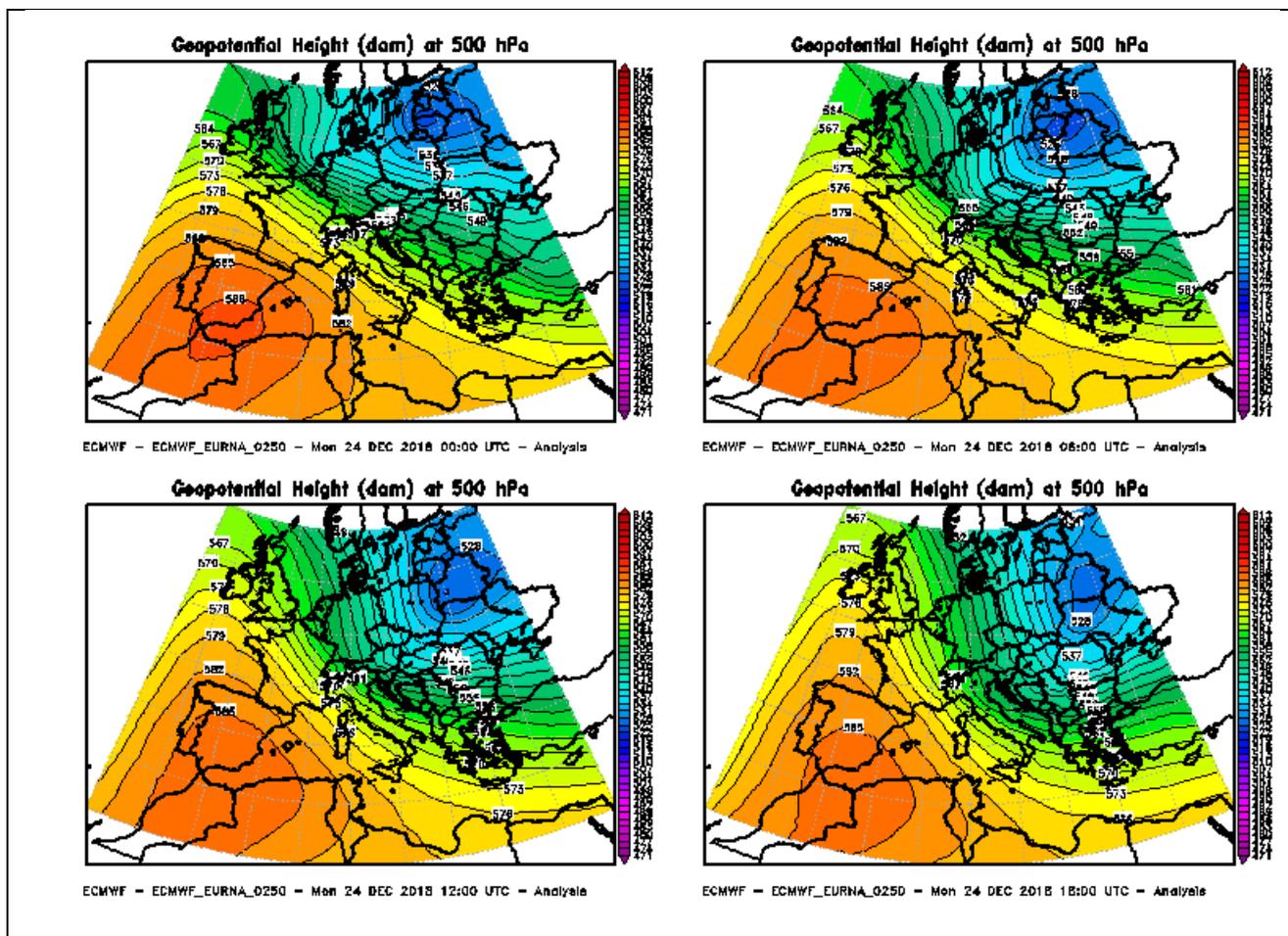


FIGURA 88: evoluzione dell'altezza di geopotenziale a 500 hPa tra le ore 00 e 18 UTC del 24 dicembre 2018, intervallata ogni 6 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

I DATI METEO MISURATI NEL 2018 A TORINO GIARDINI REALI

Al termine della caratterizzazione meteorologica, si è ritenuto interessante effettuare l'analisi dei dati meteorologici misurati dalle stazioni a terra nell'anno 2018, limitata all'andamento delle variabili meteorologiche maggiormente significative in rapporto al decennio precedente 2008-2017.

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 2018 per la stazione Torino-Giardini Reali risulta pari a 14,4 °C, quindi superiore sia alla media dei dati rilevati negli ultimi dieci anni nella stessa stazione (13,6 °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 2008-2017 (FIGURA 89). Si segnalano valori significativi di temperatura superiori alla media climatologica nei mesi di gennaio (+2,6°C), aprile (+1,7°C) e settembre (+1,6°C). Le differenze negative rispetto alle relative medie del decennio precedente si riscontrano soltanto nei mesi di marzo (-2,4°C) e febbraio (-1,4°C).

Il valore più basso delle temperature medie mensili è stato registrato nel mese di febbraio ed è pari a 3,4 °C nel 2018 mentre è pari a 4,8°C nel decennio di riferimento. Il valore massimo è stato registrato nel mese di luglio e nel 2018 è di 25,3°C, invece è di 24,5°C la media climatica nel mese di luglio per il decennio 2008-2017.

Dal confronto grafico fra l'andamento dei dati orari acquisiti nel corso del 2018 e l'intervallo di valori medi studiato a partire dai minimi e dai massimi assoluti registrati mensilmente nel decennio precedente (FIGURA 90), si osserva il superamento dei massimi (oltre la linea rossa) ad aprile, agli inizi di agosto, a metà settembre e a dicembre. Per quanto riguarda il superamento dei valori medi dei minimi assoluti (linea blu) si notino alcuni giorni nel mese di febbraio e solo un giorno a fine settembre.

Per quanto riguarda le precipitazioni atmosferiche, l'analisi dei dati statistici evidenzia per l'anno 2018 (FIGURA 91) un totale di precipitazioni di 1082 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 90. Quindi il 2018 risulta più piovoso rispetto alla media 2008-2017, con una precipitazione totale di 1082 mm contro 1033 mm di media, mentre il numero di giorni piovosi nel 2018 è pari a 90 giorni contro 80 giorni di media.

Il 2018 si colloca al sesto posto tra gli anni più piovosi dell'ultimo decennio, dopo il 2010 (1352 mm), il 2014 (1236 mm), il 2011 (1196 mm), il 2008 (1167 mm) e il 2013 (1096 mm).

Utilizzando come parametro di confronto l'intensità delle precipitazioni atmosferiche, calcolata come il rapporto fra la quantità totale di pioggia ed il numero di giorni piovosi, si osserva che i valori più alti sono stati registrati nel 2011 (17,3 mm pioggia/giorno) e nel 2016 (14,9 mm pioggia/giorno), mentre il valore più basso è stato registrato nel 2017 (9,4 mm pioggia/giorno). Nel 2018 l'intensità giornaliera media è risultata inferiore a quella del decennio (12,0 mm pioggia/giorno contro una media di 12,9 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 Piemonte³⁷, l'andamento di tale distribuzione per il Piemonte risulta bimodale con i massimi localizzati in primavera ed in autunno. In base alla collocazione nell'anno del minimo principale, del massimo principale e del massimo secondario, si possono distinguere nella nostra regione cinque tipi di regime pluviometrico, dei quali quattro di tipo "continentale" (minimo principale in inverno) e 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)³⁸.

Nel grafico illustrato in FIGURA 92 è riportato il confronto tra l'andamento delle precipitazioni totali mensili per il 2018 e le precipitazioni medie mensili (media delle sommatorie mensili) del decennio 2008-2017. Il profilo del 2018 rientra nel regime pluviometrico prealpino in quanto il minimo principale si registra a dicembre (8,2 mm), il massimo principale è stato registrato a maggio (178,6 mm), mentre quello secondario a ottobre (152,2 mm). Il decennio di riferimento rientra invece nel

³⁷ "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.

³⁸ 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.

regime pluviometrico subcontinentale con il massimo principale a novembre (140,3 mm), il massimo secondario a giugno (121,5 mm) e il minimo principale a gennaio (47,4 mm).

Un'ulteriore elaborazione è stata effettuata aggregando gli stessi dati di precipitazione su base trimestrale. Nella FIGURA 93 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 le precipitazioni del 2018 sono superiori alla media climatologica nel primo (+33,5%) e nel quarto trimestre (+5,1%), mentre nel secondo (-0,3%) e nel terzo trimestre (-11,5%) sono inferiori.

Va comunque sottolineato che le osservazioni sopra riportate sulle caratteristiche di piovosità relative all'anno 2018 devono essere valutate alla luce delle seguenti considerazioni:

- l'arco temporale (decennio 2008-2017) utilizzato per il confronto risulta comunque ridotto;
- la rappresentatività spaziale è limitata all'area metropolitana.

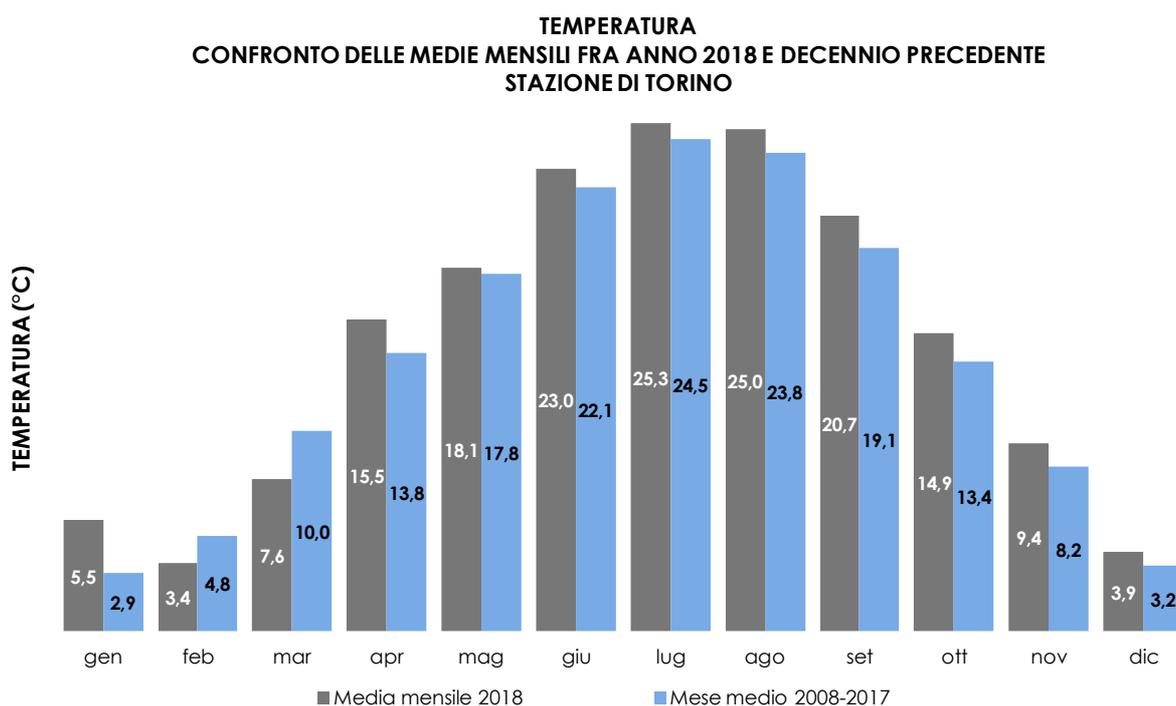


FIGURA 89: temperatura: valori medi mensili per l'anno 2018 e per il decennio 2008÷2017 per la stazione di Torino.

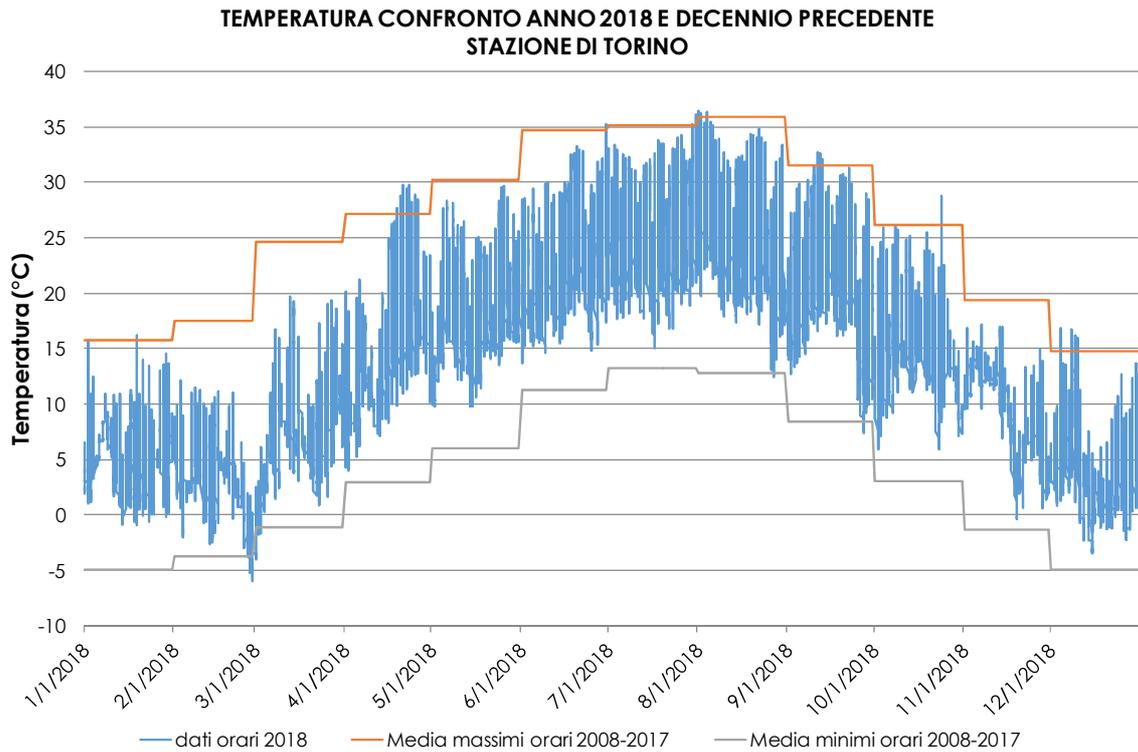


FIGURA 90: temperatura: valori orari per l'anno 2018 e medie dei minimi e dei massimi assoluti registrati nel decennio 2008÷2017 presso la stazione di Torino.

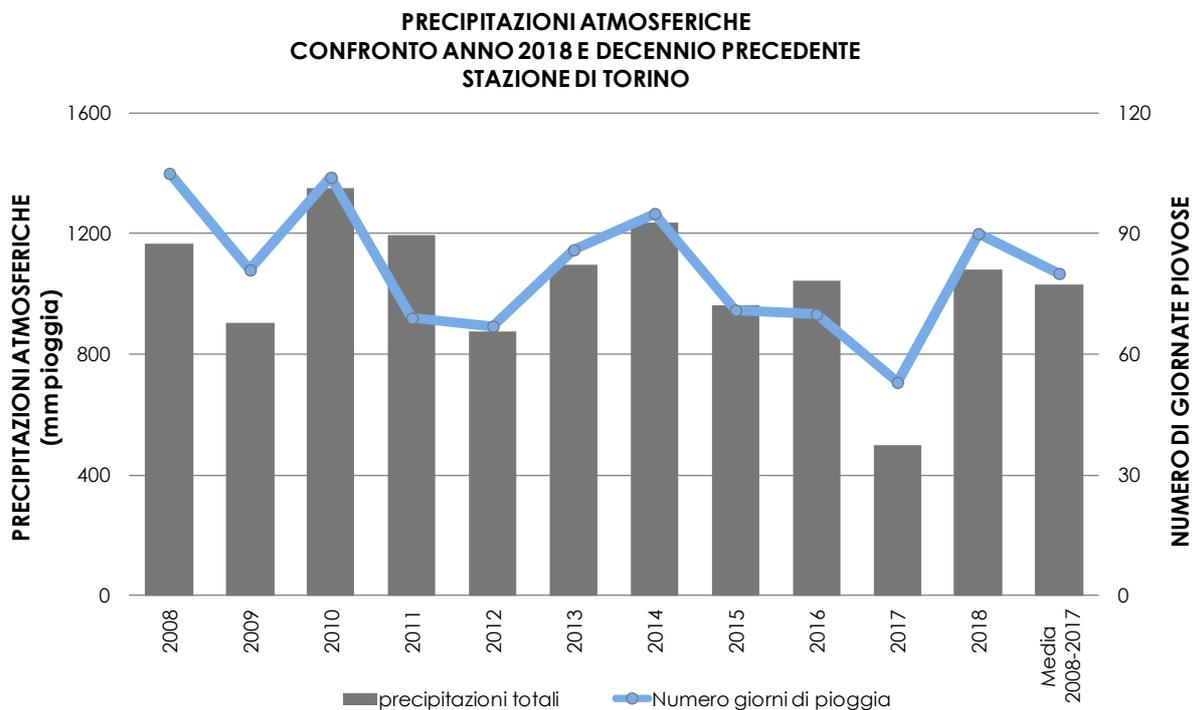


FIGURA 91: precipitazioni atmosferiche: sommatorie annuali e media del decennio in termini di quantità di precipitazioni e di numero di giornate piovose per la stazione di Torino.

**PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE
CONFRONTO ANNO 2018 E DECENNIO PRECEDENTE
STAZIONE DI TORINO**

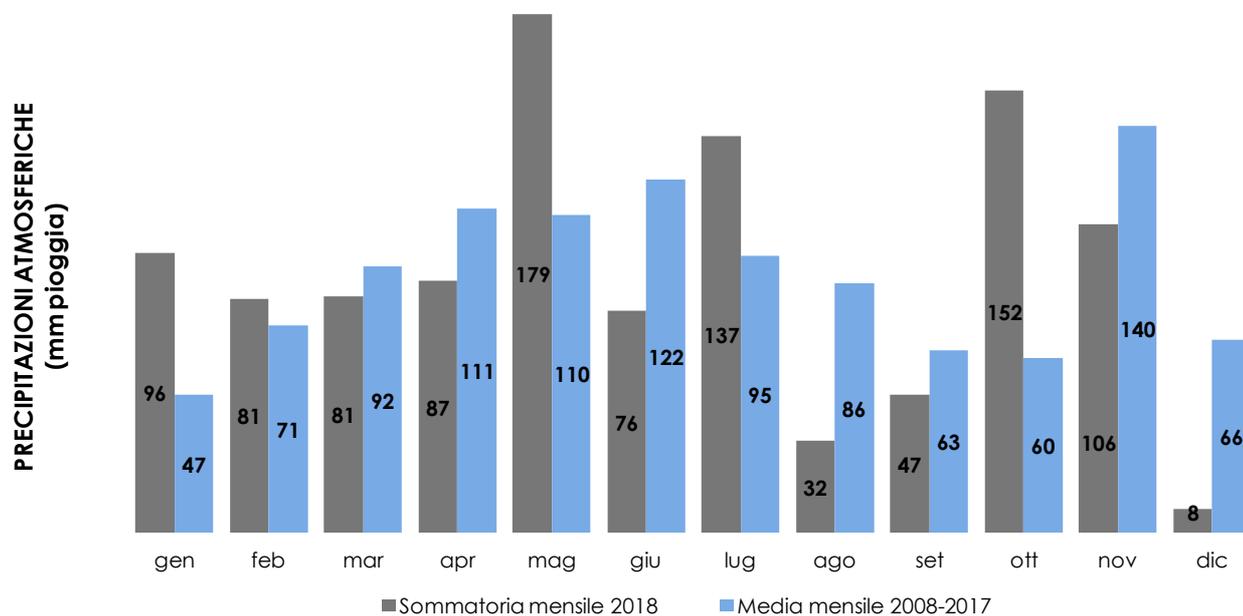


FIGURA 92: precipitazioni atmosferiche: sommatorie mensili per l'anno 2018 e medie mensili relative al decennio 2008÷2017 per la stazione di Torino.

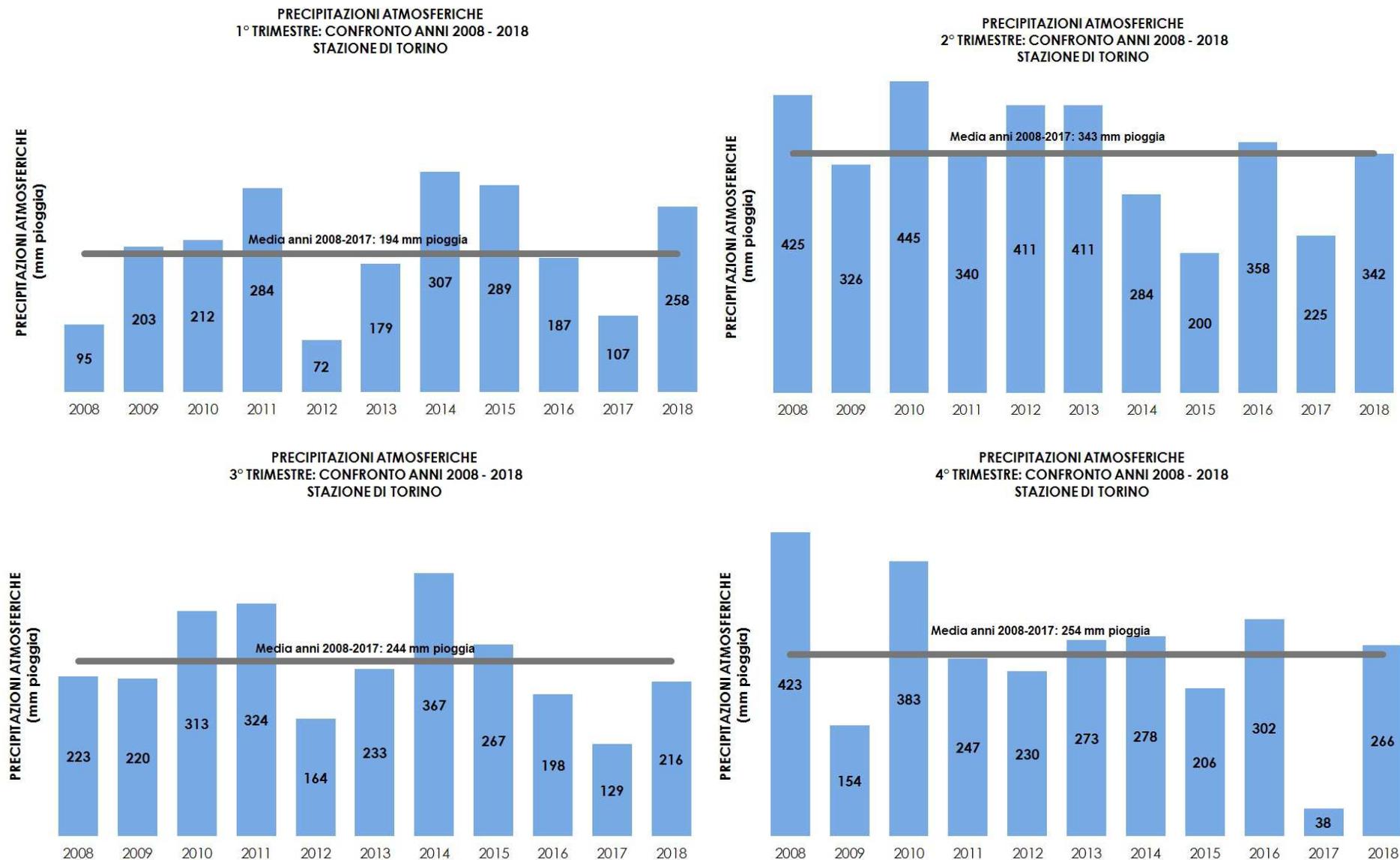


FIGURA 93: precipitazioni atmosferiche: sommatorie trimestrali relative al periodo 2008÷2018 per la stazione di Torino.

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

Il 2018 è stato caratterizzato dal punto di vista meteorologico con l'indice "numero di giorni favorevoli all'accumulo di PM10". Tale indice, la cui rappresentatività spaziale è limitata all'agglomerato torinese, analizza in forma semplificata le interazioni tra la meteorologia ed i fenomeni di trasporto, trasformazione chimica e dispersione degli inquinanti, con la finalità di identificare i giorni in cui si determinano condizioni di stagnazione favorevoli alla formazione di PM10. L'indicatore fornisce un utile strumento di indagine per interpretare la variabilità annuale della concentrazione degli inquinanti in funzione della meteorologia.

Il numero di occorrenze di giorni favorevoli all'accumulo di PM10 nel 2018 è stato pari a 107 giorni, valore più basso della serie storica disponibile. L'andamento mensile dell'indice evidenzia che i mesi di gennaio, febbraio e novembre si collocano sui valori inferiori della distribuzione del periodo 2006-2017. Il mese di Dicembre è l'unico a presentare una criticità accentuata rispetto al valore mediano.

La piovosità media del 2018 risulta essere sopra la media del periodo 2008-2017, sia in termini di precipitazioni totali (1082 contro 1062 mm in media), sia e in modo significativo, per il numero di giorni piovosi (107 contro 79 giorni in media). I mesi più piovosi sono stati maggio, luglio, ottobre e novembre. Con l'eccezione di novembre tutti ampiamente al di sopra dei valori medi del periodo.

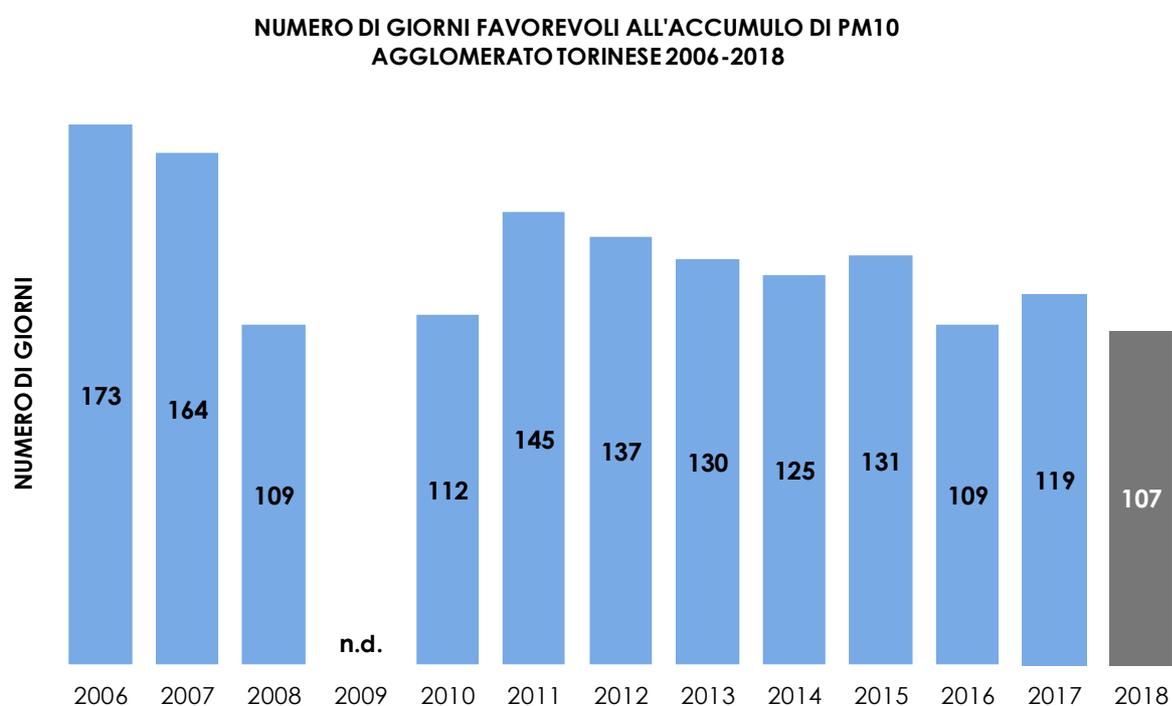


FIGURA 94: numero di giorni favorevoli alla formazione di particolato PM10 - confronto su base annuale tra gli anni 2006-2017 (in blu) e l'anno 2018 (in grigio).

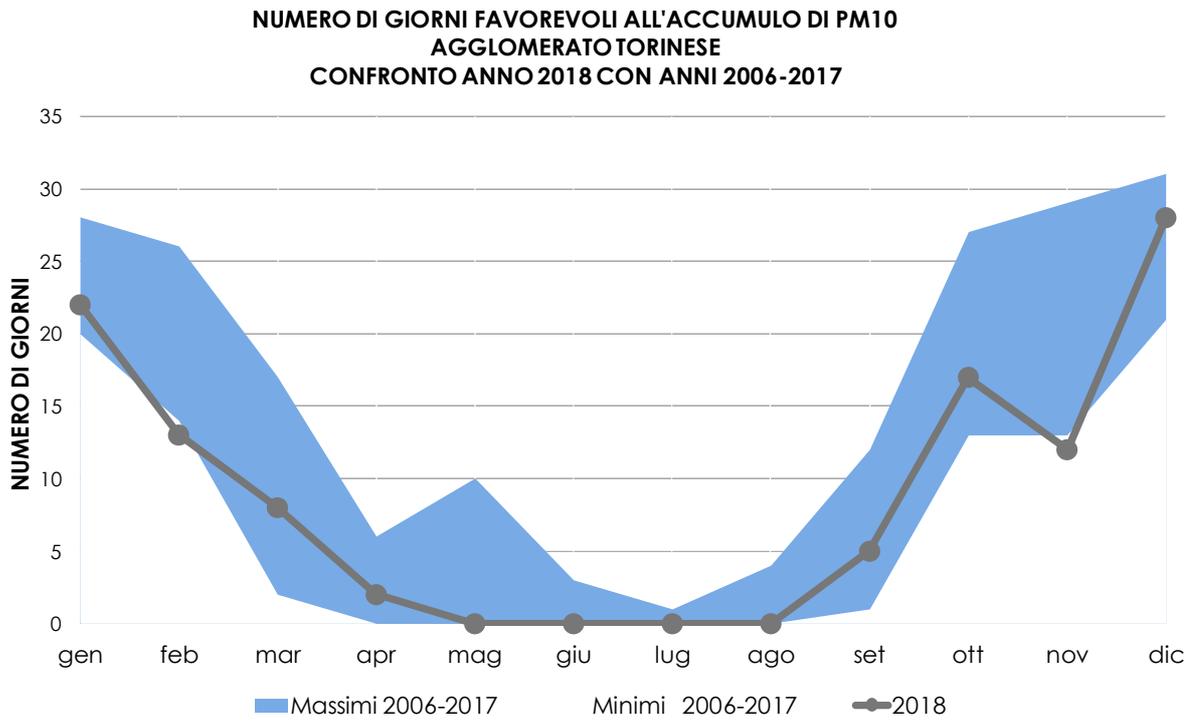


FIGURA 95: numero di giorni favorevoli alla formazione di particolato PM10 - confronto tra l'andamento mensile del 2018 (linea grigia) ed i valori massimi e minimi mensili del periodo 2006-2017 (banda blu).

EMISSIONI INQUINANTI DEI VEICOLI A MOTORE

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

A. Bertello, Città metropolitana di Torino.

I LIMITI DI EMISSIONE DEI VEICOLI A MOTORE

Il trasporto su strada è tra i maggiori responsabili dell'inquinamento atmosferico presente nelle aree urbane. In particolare, l'inventario delle emissioni relativo all'anno 2013 redatto dalla Regione Piemonte secondo la metodologia Corinair, stima che il macrosettore trasporto su strada nell'intero territorio della città metropolitana di Torino sia responsabile del del 31% delle emissioni complessive di particolato primario (PM10) e del 59% delle emissioni complessive di ossidi di azoto (NO_x) per il 59%.

Poiché il problema è comune a tutti i territori densamente antropizzati, le Direttive Europee hanno affrontato la questione imponendo dei limiti sempre più restrittivi alle emissioni degli autoveicoli.

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

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

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

TABELLA 40: limiti di emissione fissati dalle direttive europee per autovetture benzina e diesel.

Ogni nuova Direttiva ha definito dei limiti inferiori mediamente di circa il 50% rispetto alla direttiva precedente e nell'arco di 22 anni – il tempo intercorso fa l'entrata in vigore della direttiva euro 1 (1993) e euro 6 (2015), - i limiti per le emissioni di particolato dai motori diesel sono diminuiti di 54 volte mentre quelli per il parametro Hc+NO_x di 9 volte.

Per comprendere il contributo specifico alle emissioni in atmosfera è utile riportare un confronto tra i limiti definiti per 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 96 i limiti previsti per la somma di idrocarburi incombusti (HC) e ossidi di azoto (NO_x), che rappresentano una delle principali criticità in ambito urbano.

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.

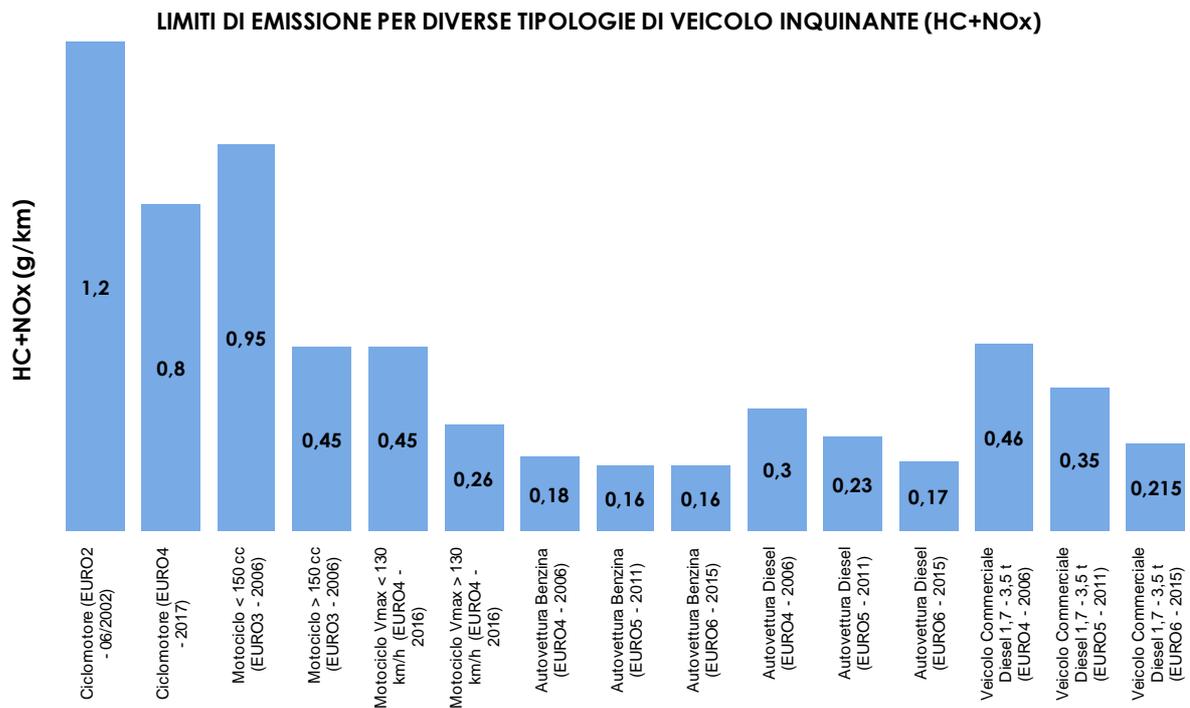


FIGURA 96: limiti di emissione definiti dalle normative più recenti per diverse tipologie di veicolo.

IL PARCO VEICOLARE NELLA CITTA' METROPOLITANA DI TORINO

Si riportano di seguito per il periodo 2013-2018 i dati forniti dal servizio tributi della Regione Piemonte, relativi alla composizione del parco veicolare immatricolato sul territorio della Città metropolitana di Torino. Dall'analisi dell'attuale composizione del parco veicolare e dalla sua evoluzione negli ultimi anni emergono alcune considerazioni:

- il numero di autoveicoli immatricolati nella Città metropolitana di Torino è diminuito di 7.174 unità rispetto al 2017, quello dei veicoli commerciali leggeri è diminuito di 2771 unità sempre rispetto al 2017;
- la somma degli autoveicoli Euro 5 ed Euro 6 rappresenta il 44% del totale, con un incremento del 4% rispetto allo scorso anno;
- gli autoveicoli non ecologici, così come individuati dal piano di risanamento della qualità dell'aria (pre-Euro e Euro 1,2,3 diesel), sono il 12% erano il 13% nel 2017;
- diminuisce, dopo anni di costante ascesa, la percentuale degli autoveicoli a gasolio (da 41,3% nel 2017 a 40,8% nel 2018), per quelli a GPL e a metano invece la percentuale aumenta (da 12,8% a 13,5%);
- i veicoli commerciali < 3,5 t diesel ante Euro 4, sicuramente non dotati di filtro antiparticolato, sono ancora 68.220 e rappresentano il 42,3% del totale di quelli immatricolati, erano il 43,3 nel 2017.

		2014			2015			2016			2017			2018		
		numero			numero			numero			numero			numero		
Autoveicoli "pre-EURO"	numero	79.450	60.309	benzina	73.200	56.648	benzina	71.675	55.622	benzina	70.320	54.811	benzina	69.161	54.115	benzina
			13.016	gasolio		11.292	gasolio		11.128	gasolio		10.962	gasolio		10.799	gasolio
			6.125	GPL-CH ₄		5.260	GPL-CH ₄		4.925	GPL-CH ₄		4.547	GPL-CH ₄		4.247	GPL-CH ₄
	%	5,4	4,1	benzina	5,2	4,0	benzina	5,0	3,9	benzina	4,8	3,7	benzina	4,7	3,7	benzina
			0,9	gasolio		0,8	gasolio		0,8	gasolio		0,7	gasolio		0,7	gasolio
			0,4	GPL-CH ₄		0,4	GPL-CH ₄		0,3	GPL-CH ₄		0,3	GPL-CH ₄		0,3	GPL-CH ₄
Autoveicoli "EURO 1"	numero	40.351	30.343	benzina	33.567	25.422	benzina	31.405	23.702	benzina	29.450	22.205	benzina	27.880	20.958	benzina
			6.295	gasolio		5.122	gasolio		4.992	gasolio		4.846	gasolio		4.718	gasolio
			3.713	GPL-CH ₄		3.023	GPL-CH ₄		2.711	GPL-CH ₄		2.399	GPL-CH ₄		2.204	GPL-CH ₄
	%	2,7	2,0	benzina	2,4	1,8	benzina	2,2	1,7	benzina	2,0	1,5	benzina	1,9	1,4	benzina
			0,4	gasolio		0,4	gasolio		0,3	gasolio		0,3	gasolio		0,3	gasolio
			0,3	GPL-CH ₄		0,2	GPL-CH ₄									
Autoveicoli "EURO 2"	numero	197.534	143.678	benzina	161.710	119.280	benzina	146.482	107.854	benzina	132.554	97.578	benzina	120.351	88.749	benzina
			37.583	gasolio		29.301	gasolio		27.187	gasolio		24.996	gasolio		22.910	gasolio
			16.273	GPL-CH ₄		13.129	GPL-CH ₄		11.441	GPL-CH ₄		9.980	GPL-CH ₄		8.692	GPL-CH ₄
	%	13,3	9,7	benzina	11,5	8,5	benzina	10,3	7,5	benzina	9,0	6,6	benzina	8,2	6,1	benzina
			2,5	gasolio		2,1	gasolio		1,9	gasolio		1,7	gasolio		1,6	gasolio
			1,1	GPL-CH ₄		0,9	GPL-CH ₄		0,8	GPL-CH ₄		0,7	GPL-CH ₄		0,6	GPL-CH ₄
Autoveicoli "EURO 3"	numero	284.815	138.772	benzina	244.186	123.264	benzina	226.541	114.545	benzina	206.457	105.985	benzina	185.941	98.090	benzina
			133.540	gasolio		109.774	gasolio		101.557	gasolio		90.872	gasolio		78.983	gasolio
			12.503	GPL-CH ₄		11.148	GPL-CH ₄		10.439	GPL-CH ₄		9.600	GPL-CH ₄		8.868	GPL-CH ₄
	%	19,2	9,4	benzina	17,4	8,8	benzina	15,9	8,0	benzina	14,1	7,2	benzina	12,7	6,7	benzina
			9,0	gasolio		7,8	gasolio		7,1	gasolio		6,2	gasolio		5,4	gasolio
			0,8	GPL-CH ₄		0,8	GPL-CH ₄		0,7	GPL-CH ₄		0,7	GPL-CH ₄		0,6	GPL-CH ₄
Autoveicoli "EURO 4"	numero	525.867	220.059	benzina	484.195	204.049	benzina	465.412	196.552	benzina	441.797	188.634	benzina	415.358	181.586	benzina
			221.336	gasolio		199.457	gasolio		190.247	gasolio		177.003	gasolio		160.248	gasolio
			84.472	GPL-CH ₄		80.689	GPL-CH ₄		78.613	GPL-CH ₄		76.160	GPL-CH ₄		73.524	GPL-CH ₄
	%	35,5	14,9	benzina	34,5	14,5	benzina	32,6	13,8	benzina	30,1	12,8	benzina	28,4	12,4	benzina
			14,9	gasolio		14,2	gasolio		13,3	gasolio		12,1	gasolio		11,0	gasolio
			5,7	GPL-CH ₄		5,7	GPL-CH ₄		5,5	GPL-CH ₄		5,2	GPL-CH ₄		5,0	GPL-CH ₄
Autoveicoli "EURO 5"	numero	313.231	96.489	benzina	318.857	92.320	benzina	303.063	90.910	benzina	289.440	87.911	benzina	278.422	86.341	benzina
			170.943	gasolio		179.055	gasolio		165.410	gasolio		155.670	gasolio		146.861	gasolio
			45.799	GPL-CH ₄		47.482	GPL-CH ₄		46.743	GPL-CH ₄		45.859	GPL-CH ₄		45.220	GPL-CH ₄
	%	21,1	6,5	benzina	22,7	6,6	benzina	21,2	6,4	benzina	19,7	6,0	benzina	19,0	5,9	benzina
			11,5	gasolio		12,8	gasolio		11,6	gasolio		10,6	gasolio		10,0	gasolio
			3,1	GPL-CH ₄		3,4	GPL-CH ₄		3,3	GPL-CH ₄		3,1	GPL-CH ₄		3,1	GPL-CH ₄
Autoveicoli "EURO 6"	numero	39.903	29.643	benzina	87.749	50.430	benzina	183.992	80.309	benzina	298.929	116.529	benzina	364.660	137.784	benzina
			3.026	gasolio		21.403	gasolio		78.806	gasolio		143.025	gasolio		172.133	gasolio
			7.234	GPL-CH ₄		15.916	GPL-CH ₄		24.877	GPL-CH ₄		39.375	GPL-CH ₄		54.743	GPL-CH ₄
	%	2,7	2,0	benzina	6,3	3,6	benzina	12,9	5,6	benzina	20,4	7,9	benzina	24,9	9,4	benzina
			0,2	gasolio		1,5	gasolio		5,5	gasolio		9,7	gasolio		11,8	gasolio
			0,5	GPL-CH ₄		1,1	GPL-CH ₄		1,7	GPL-CH ₄		2,7	GPL-CH ₄		3,7	GPL-CH ₄

TABELLA 41: autoveicoli immatricolati nella città metropolitana di Torino dal 2014 al 2018, suddivisi per tipo di omologazione ambientale.

		2014			2015			2016			2017			2018		
Autocarri <3,5 t "pre-EURO"	numero	21.955	1.932	benzina	21.344	1.908	benzina	19.643	1.852	benzina	18.845	1.791	benzina	18.528	1.801	benzina
			19.725	gasolio		19.146	gasolio		17.548	gasolio		16.761	gasolio		16.432	gasolio
	%	13,1	298	GPL-CH ₄	12,6	290	GPL-CH ₄	12,0	243	GPL-CH ₄	11,5	293	GPL-CH ₄	11,5	295	GPL-CH ₄
			1,2	benzina		1,1	benzina									
			11,8	gasolio		11,3	gasolio		10,7	gasolio		10,2	gasolio		10,2	gasolio
			0,2	GPL-CH ₄		0,2	GPL-CH ₄		0,1	GPL-CH ₄		0,2	GPL-CH ₄		0,2	GPL-CH ₄
Autocarri <3,5 t "EURO 1"	numero	9.811	1.370	benzina	9.435	1.312	benzina	8.479	1.237	benzina	7.920	1.183	benzina	7.651	1.162	benzina
			8.292	gasolio		7.984	gasolio		7.120	gasolio		6.629	gasolio		6.384	gasolio
	%	5,8	149	GPL-CH ₄	5,6	139	GPL-CH ₄	5,2	122	GPL-CH ₄	4,8	108	GPL-CH ₄	4,7	105	GPL-CH ₄
			0,8	benzina		0,8	benzina		0,8	benzina		0,7	benzina		0,7	benzina
			4,9	gasolio		4,7	gasolio		4,4	gasolio		4,0	gasolio		4,0	gasolio
			0,1	GPL-CH ₄												
Autocarri <3,5 t "EURO 2"	numero	24.600	2.201	benzina	23.437	2.007	benzina	20.570	1.808	benzina	18.792	1.586	benzina	17.999	1.512	benzina
			22.084	gasolio		21.124	gasolio		18.470	gasolio		16.950	gasolio		16.243	gasolio
	%	14,7	315	GPL-CH ₄	13,8	306	GPL-CH ₄	12,6	292	GPL-CH ₄	11,5	256	GPL-CH ₄	11,2	244	GPL-CH ₄
			1,3	benzina		1,2	benzina		1,1	benzina		1,0	benzina		0,9	benzina
			13,2	gasolio		12,5	gasolio		11,3	gasolio		10,3	gasolio		10,1	gasolio
			0,2	GPL-CH ₄												
Autocarri <3,5 t "EURO 3"	numero	41.235	2.423	benzina	39.739	2.230	benzina	35.981	2.046	benzina	32.734	1.737	benzina	31.097	1.637	benzina
			38.391	gasolio		37.101	gasolio		33.555	gasolio		30.681	gasolio		29.161	gasolio
	%	24,6	421	GPL-CH ₄	23,4	408	GPL-CH ₄	22,0	380	GPL-CH ₄	19,9	316	GPL-CH ₄	19,3	299	GPL-CH ₄
			1,4	benzina		1,3	benzina		1,3	benzina		1,1	benzina		1,0	benzina
			22,9	gasolio		21,9	gasolio		20,5	gasolio		18,7	gasolio		18,1	gasolio
			0,3	GPL-CH ₄		0,2	GPL-CH ₄									
Autocarri <3,5 t "EURO 4"	numero	47.869	1.366	benzina	45.483	1.325	benzina	42.297	1.261	benzina	38.524	1.153	benzina	37.001	1.110	benzina
			43.985	gasolio		41.810	gasolio		38.907	gasolio		35.480	gasolio		34.057	gasolio
	%	28,5	2.518	GPL-CH ₄	26,8	2.348	GPL-CH ₄	25,9	2.129	GPL-CH ₄	23,5	1.891	GPL-CH ₄	22,9	1.834	GPL-CH ₄
			0,8	benzina		0,8	benzina		0,8	benzina		0,7	benzina		0,7	benzina
			26,2	gasolio		24,6	gasolio		23,8	gasolio		21,6	gasolio		21,1	gasolio
			1,5	GPL-CH ₄		1,4	GPL-CH ₄		1,3	GPL-CH ₄		1,2	GPL-CH ₄		1,1	GPL-CH ₄
Autocarri <3,5 t "EURO 5"	numero	22.330	270	benzina	29.151	297	benzina	34.200	331	benzina	34.311	385	benzina	31.629	400	benzina
			19.051	gasolio		25.509	gasolio		30.614	gasolio		31.494	gasolio		29.164	gasolio
	%	13,3	3.009	GPL-CH ₄	17,2	3.345	GPL-CH ₄	20,9	3.255	GPL-CH ₄	20,9	2.432	GPL-CH ₄	19,6	2.065	GPL-CH ₄
			0,2	benzina												
			11,4	gasolio		15,0	gasolio		18,7	gasolio		19,2	gasolio		18,1	gasolio
			1,8	GPL-CH ₄		2,0	GPL-CH ₄		2,0	GPL-CH ₄		1,5	GPL-CH ₄		1,3	GPL-CH ₄
Autocarri <3,5 t "EURO 6"	numero	207	2	benzina	1.053	39	benzina	2.168	95	benzina	12.965	341	benzina	17.414	516	benzina
			203	gasolio		63	gasolio		360	gasolio		8.961	gasolio		12.536	gasolio
	%	0,1	2	GPL-CH ₄	0,6	951	GPL-CH ₄	1,3	1.713	GPL-CH ₄	7,9	3.663	GPL-CH ₄	10,8	4.362	GPL-CH ₄
			0,0	benzina		0,0	benzina		0,1	benzina		0,2	benzina		0,3	benzina
			0,1	gasolio		0,0	gasolio		0,2	gasolio		5,5	gasolio		7,8	gasolio
			0,0	GPL-CH ₄		0,6	GPL-CH ₄		1,0	GPL-CH ₄		2,2	GPL-CH ₄		2,7	GPL-CH ₄

TABELLA 42: veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) immatricolati nella città metropolitana di Torino dal 2014 al 2018, suddivisi per tipo di omologazione ambientale.

Autoveicoli immatricolati nella città metropolitana di Torino (2007-2018)
Suddivisione per omologazione ambientale
Banca dati Regione Piemonte

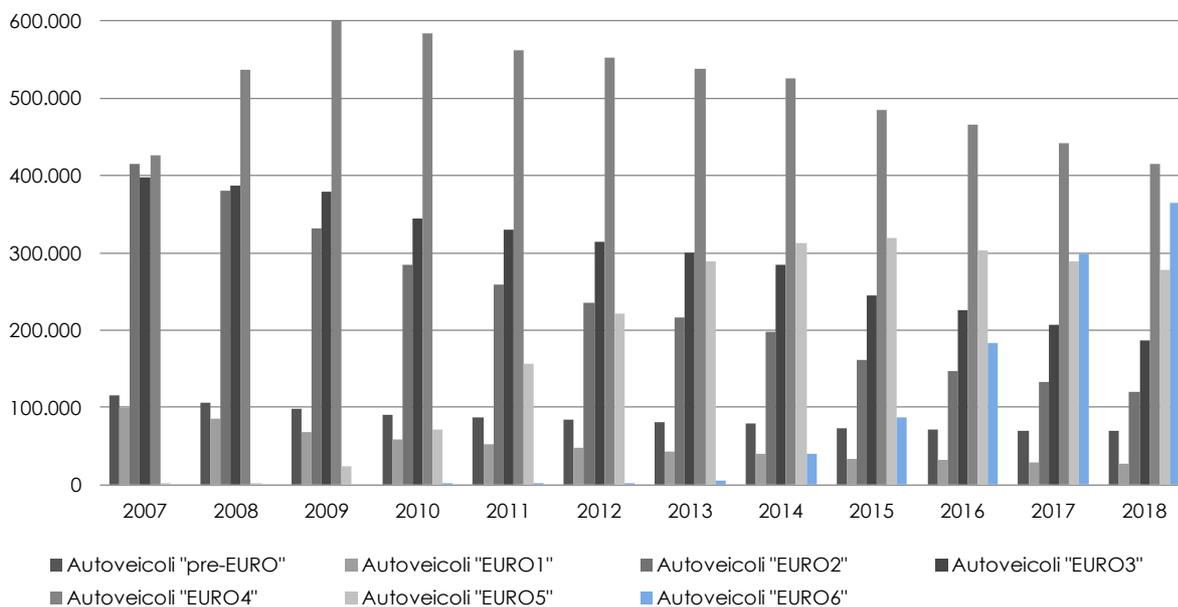


FIGURA 97: autoveicoli immatricolati nella Città metropolitana di Torino dal 2007 al 2018, suddivisi per tipo di omologazione ambientale (Banca Dati di Regione Piemonte).

Autocarri (<3,5t) immatricolati nella Città Metropolitana di Torino (2008-2018)
Suddivisione per omologazione ambientale
Banca Dati Regione Piemonte

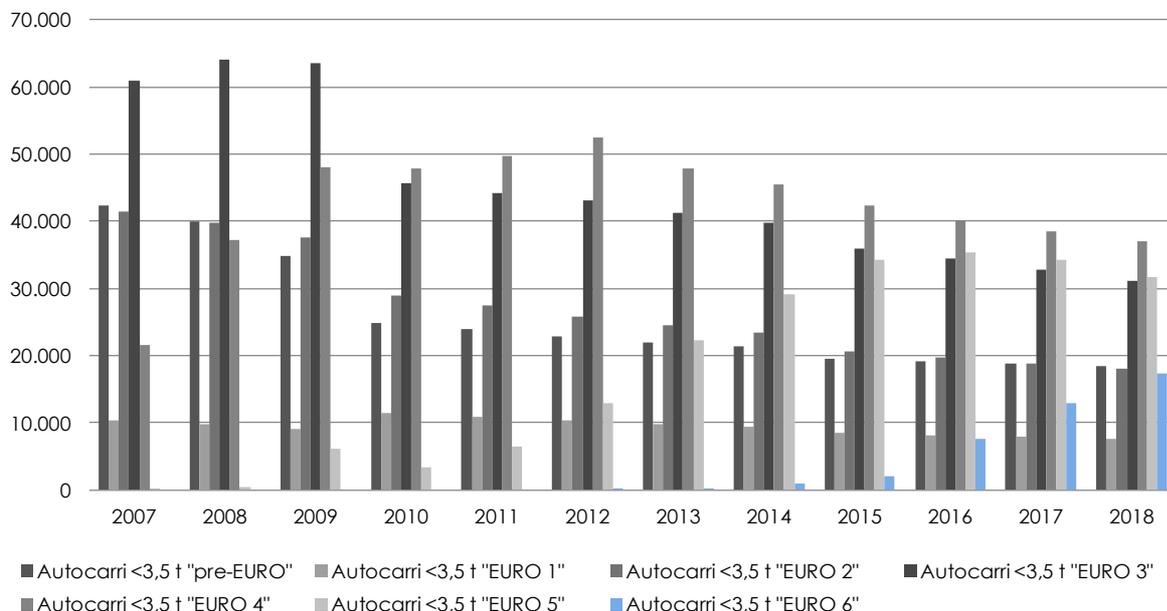


FIGURA 98: veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) immatricolati nella Città metropolitana di Torino dal 2007 al 2018, suddivisi per tipo di omologazione ambientale (Banca Dati di Regione Piemonte).

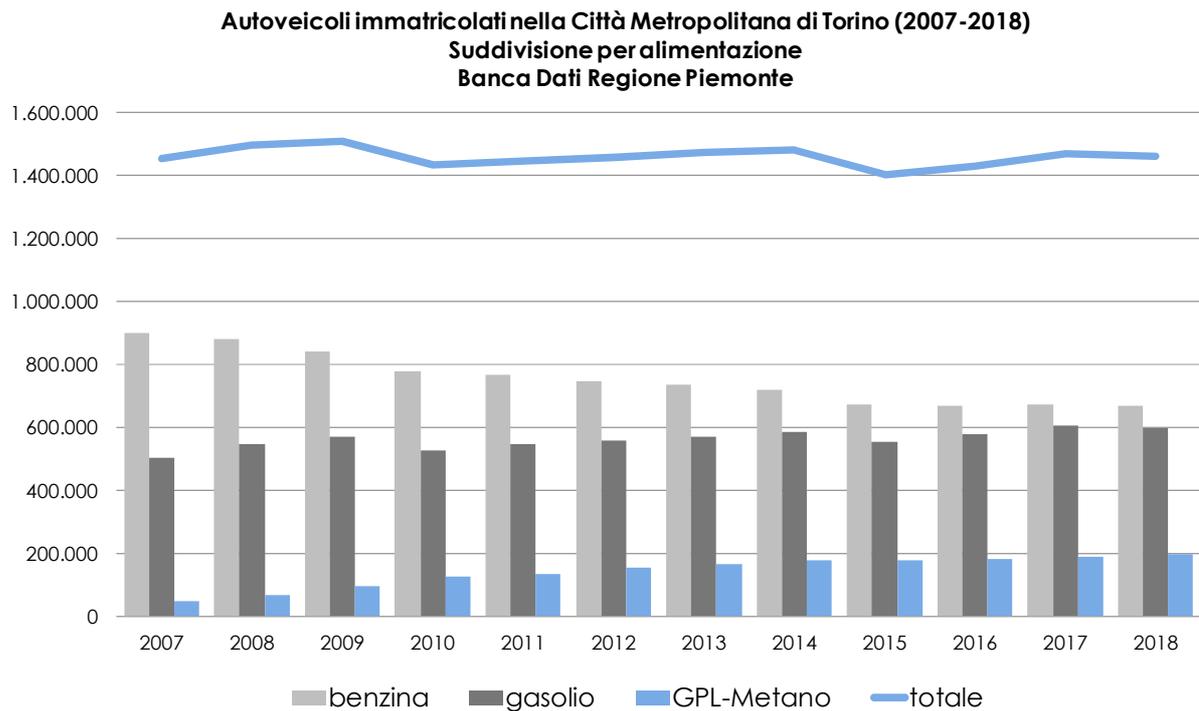


FIGURA 99: autoveicoli immatricolati nella Città metropolitana di Torino dal 2007 al 2018, suddivisi per tipo di alimentazione (Banca Dati di Regione Piemonte).

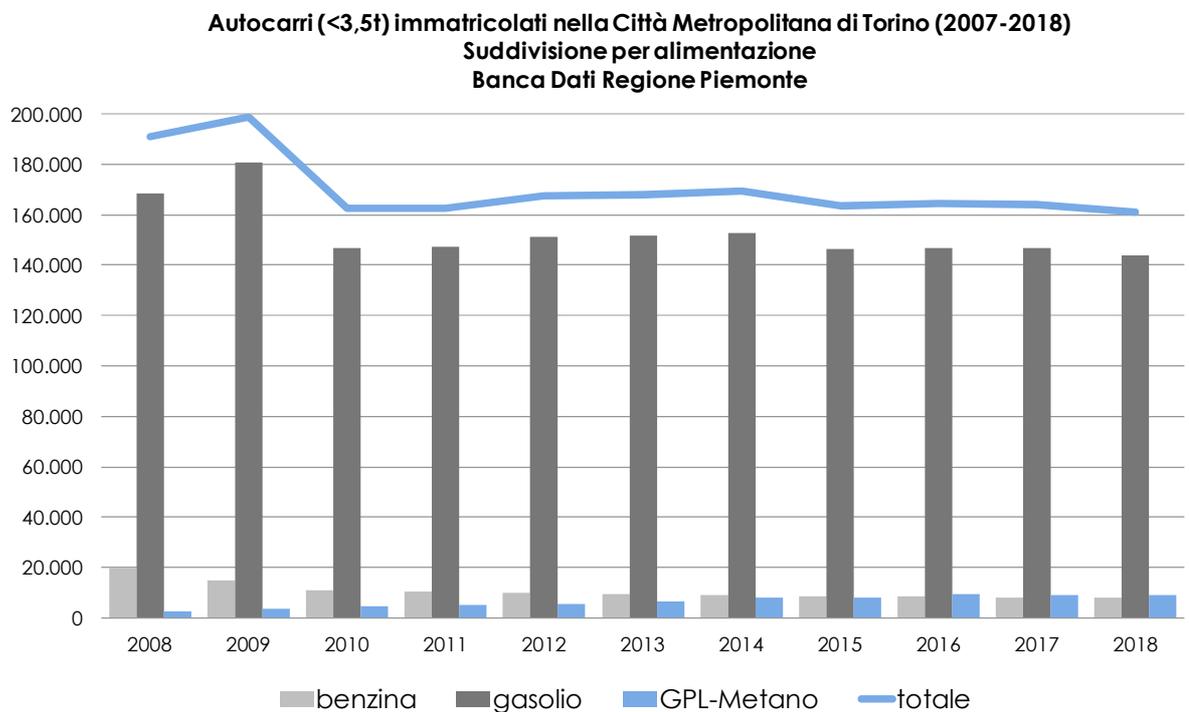


FIGURA 100: veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) immatricolati nella Città metropolitana di Torino dal 2007 al 2018, suddivisi per tipo di alimentazione (Banca Dati di Regione Piemonte).

I TEST EMISSIVI DELLE AUTO³⁹

Il trasporto veicolare è uno dei fattori scatenanti dell'inquinamento atmosferico in molte aree urbane. Ecco perché negli ultimi decenni, la Commissione Europea ha intensificato gli sforzi dell'UE per ridurre progressivamente le emissioni di inquinanti atmosferici dai veicoli stradali. I limiti massimi di emissione degli ossidi di azoto (NO_x) per le autovetture diesel sono passati da 500 mg/km nel 2000 a 80 mg/km nel 2014. E il modo in cui i test delle emissioni sono condotti sta diventando sempre più robusto. Fino a settembre 2017 è stato utilizzato solo un test di laboratorio per misurare le emissioni di inquinanti atmosferici. Il test era effettuato durante il processo di omologazione, prima che l'auto possa essere immessa sul mercato. Tuttavia, le emissioni di inquinanti atmosferici misurate in condizioni di guida reale sono sostanzialmente superiori alle emissioni misurate sul ciclo di prova di laboratorio. La Commissione ha quindi apportato due importanti modifiche per rafforzare il regime di controllo delle emissioni: il miglioramento dei test di laboratorio e l'introduzione dei test in condizioni reali di guida.

Già prima dell'esplosione dello scandalo delle emissioni, la Commissione aveva proposto di misurare le emissioni nelle condizioni di guida reali. Questa procedura di test rafforza ulteriormente le regole poiché controlla le emissioni di NO_x e particelle ultrafini (numero di particelle - PN) dei veicoli sulla strada e riduce significativamente la discrepanza tra le emissioni misurate nella guida reale e quelle misurate in un laboratorio. La procedura RDE (Real Driving Emissions) è complementare al test di laboratorio. Nella procedura RDE le emissioni inquinanti sono misurate mediante sistemi portatili di misurazione delle emissioni (PEMS) che sono attaccati alla macchina durante la guida in condizioni reali sulla strada. Ciò significa che l'auto è guidata all'esterno e su una strada reale in base a variazioni casuali di parametri come accelerazione, decelerazione, temperatura ambiente e carichi utili.

Come è stata sviluppata la procedura RDE?

La procedura RDE è stato sviluppata in quattro atti normativi separati:

RDE atto 1: il primo passo è stato definire la procedura effettiva di test. Questa procedura è stata votata positivamente dagli Stati membri nel comitato tecnico dei veicoli a motore (TCMV) nel maggio 2015 ed è entrata in vigore nel 2016. Nella fase iniziale a partire dall'inizio del 2016, il test RDE è stato fatto solo per finalità di monitoraggio, senza incidere sull'attuale omologazione che ha continuato ad essere rilasciata sulla base di misurazioni di laboratorio.

RDE atto 2: il secondo passo ha determinato l'introduzione graduale del test RDE per avere un impatto reale sulle omologazioni rilasciate dalle autorità nazionali. Il 28 ottobre 2015, gli Stati Membri, riuniti nel comitato tecnico dei veicoli a motore (TCMV), ha convenuto che le misure in condizioni RDE di NO_x sarebbero state obbligatorie per i nuovi modelli di auto da settembre 2017 e per tutti i nuovi veicoli da settembre 2019.

RDE atto 3: in una terza fase, gli Stati membri nel TCMV hanno adottato il 20 dicembre 2016 la proposta della Commissione di estendere i test RDE per coprire le emissioni del parametro "numero di particelle (PN)" per tutti i nuovi tipi di veicoli a partire dal settembre 2017 e per tutti i nuovi veicoli dal settembre 2018. Queste particelle molto piccole sono prodotte nelle auto diesel e nelle auto a benzina con tecnologia ad iniezione diretta. In base alla norma RDE 3, la Commissione ha anche messo a punto i metodi di prova per tener conto dei viaggi brevi in città con partenza a motore freddo, che generano la maggior parte dell'inquinamento nelle aree urbane. Per coprire una gamma più ampia di condizioni, saranno inoltre incluse le partenze con i motori caldi. Inoltre questa norma impone che le prestazioni di un'auto nelle condizioni reali siano chiaramente dichiarate dal costruttore nel certificato di conformità di ciascun veicolo, in modo che sia trasparente e disponibile per tutti i cittadini e le pubbliche autorità.

RDE atto 4: il 3 maggio 2018, gli Stati membri nel TCMV hanno concordato sulla proposta della Commissione di andare un passo avanti e rafforzare ulteriormente la legislazione RDE. Il quarto atto RDE garantisce un controllo trasparente e indipendente delle emissioni dei veicoli durante il loro ciclo di vita. L'autorità di omologazione dovrà controllare ogni anno le emissioni dei veicoli già in circolazione (in-service conformity test). Le autorità di omologazione, parti terze indipendenti e la Commissione saranno in grado di eseguire test ufficialmente riconosciuti attraverso laboratori e servizi tecnici accreditati. Tenendo conto degli ultimi miglioramenti della tecnologia di misurazione, il 4° atto introduce inoltre una prima riduzione del fattore di conformità, che tiene conto delle

³⁹ http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-18-3646_en.htm

variazioni tecniche e statistiche nelle misurazioni condotte in condizione di guida reali, da 1,50 a 1,43. La Commissione continuerà a rivedere il fattore di conformità con l'obiettivo di portarlo a 1 il più presto possibile e al più tardi entro il 2023. La prossima riduzione è prevista per il 2019. Infine l'atto include una nuova metodologia semplice e robusta e per valutare le emissioni in condizioni reali di guida e per accertarsi che i veicoli siano guidati correttamente durante tali test. Dopo un periodo di valutazione di tre mesi al Parlamento europeo e il Consiglio, la Commissione adotterà la proposta, che si applicherà quindi a partire dal 1° gennaio 2019.

Inoltre, la Commissione ha avviato una revisione completa del sistema di omologazione UE. Secondo le norme attuali, l'UE stabilisce il quadro giuridico, ma le autorità nazionali sono pienamente responsabili del controllo della conformità di un veicolo. Dal 1° settembre 2020 sarà istituito il nuovo sistema di riferimento per l'omologazione dei veicoli nell'UE. Aumenterà in modo significativo il livello di qualità e l'autonomia dell'omologazione e delle prove del tipo di veicolo, aumenteranno i controlli dei veicoli che sono già sul mercato dell'UE e sarà rafforzato il sistema globale con la supervisione europea, compresa la possibilità per la Commissione di effettuare controlli di mercato indipendenti dagli Stati membri. Sarà possibile per avviare richiami in tutta l'UE e imporre sanzioni amministrative ai produttori o ai servizi tecnici fino a un massimo di € 30.000 per auto non conforme.

IL PROTOCOLLO ANTISMOG NELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO

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

A. Bertello, Città metropolitana di Torino.

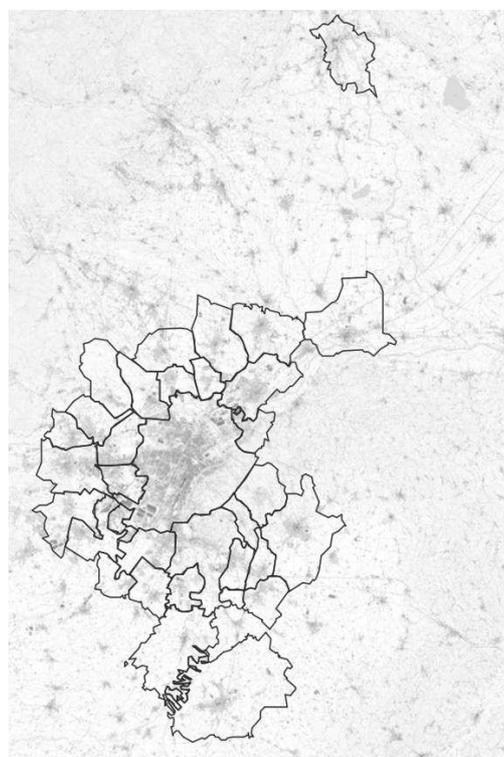
I PROVVEDIMENTI SUL TRAFFICO VEICOLARE

Durante il G7 Ambiente del 9 giugno 2017, è stato sottoscritto a Bologna, dal Ministro Galletti e dai Presidenti di Regione Lombardia, Piemonte, Veneto e Emilia-Romagna, l'Accordo di bacino padano per l'attuazione di misure congiunte per il miglioramento della qualità dell'aria. Le misure congiunte di bacino padano individuate, strutturali e temporanee, sono prioritariamente rivolte al settore traffico (limitazioni veicoli diesel), ai generatori di calore domestici a legna, alle combustioni all'aperto e al contenimento delle emissioni di ammoniaca dalle attività agricole e zootecniche.

Sul territorio della Città metropolitana di Torino è stata data piena ed immediata attuazione ai provvedimenti previsti nel "Nuovo accordo di programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure per il miglioramento della qualità dell'aria nel bacino padano". I comuni interessati dai provvedimenti hanno provveduto ad adottare le ordinanze e gli atti necessari all'implementazione sul proprio territorio dei provvedimenti ed in particolare di quelli che riguardavano la limitazione della circolazione di alcune tipologie di vetture nei periodi con elevati livelli di PM10.

Nella prima fase di attuazione del protocollo (novembre 2017-febbraio 2018) non è stato possibile adottare provvedimenti uniformi su tutto il territorio; in particolare la città di Torino, in relazione ai suoi elevati livelli di inquinamento, ha ritenuto necessario definire misure di limitazione veicolare più severe in termini di frequenza di attivazione, orario del blocco e tipologia di veicoli fermati rispetto al livello di minima definito nell'accordo padano. A seguito del primo periodo di applicazione è parsa evidente l'inadeguatezza dell'adozione di misure non completamente omogenee sul territorio, in particolare nell'area urbana costituita da Torino e dalla prima cintura che costituisce, di fatto, un unicum territoriale.

Si è pertanto provveduto ad uniformare i provvedimenti di limitazione del traffico sul territorio secondo uno schema condiviso, che prevede meccanismi di attivazione omogenei delle misure, provvedimenti complessivamente più restrittivi rispetto a quelli definiti nell'accordo padano e un terzo livello di allerta da applicarsi nelle condizioni più critiche;



Alpignano	Moncalieri
Beinasco	Nichelino
Borgaro Torinese	Orbassano
Cambiano	Pecetto*
Candiolo	Pianezza
Carignano	Pino Torinese
Carmagnola	Rivalta di Torino
Caselle Torinese	Rivoli
Chieri	San Mauro Torinese
Chivasso	Santena
Collegno	Settimo Torinese
Druento	Torino
Grugliasco	Trofarello*
Ivrea	Venaria Reale
La Loggia	Vinovo
Leini	Volpiano
Mappano	

(*) Comuni che non hanno adottato i provvedimenti secondo lo schema definito dal tavolo di coordinamento della qualità dell'aria

FIGURA 101: Comuni della Città metropolitana di Torino individuati dalla Regione Piemonte con D.G.R. n. 42-5805 del 20 ottobre 2017 (pdf 66 KB) che hanno adottato provvedimenti di limitazione del traffico veicolare).

A partire dal 15 ottobre 2018, 31 dei 33 Comuni della Città metropolitana di Torino individuati dalla Regione Piemonte con D.G.R. n. 42-5805 del 20 ottobre 2017 (FIGURA 101) hanno adottato provvedimenti di limitazione del traffico veicolare sul centro abitato in coerenza con le indicazioni del protocollo padano e delle decisioni collegiali assunte durante gli incontri del tavolo di coordinamento della qualità dell'aria.

I provvedimenti hanno previsto la limitazione della circolazione per auto e veicoli commerciali Euro 0 (diesel, benzina, metano e Gpl) 7 giorni su 7 e h 24. Le auto diesel Euro 1, 2 e 3 erano ferme dal lunedì al venerdì dalle 8:00 alle 19:00 mentre i veicoli commerciali diesel Euro 1, 2 e 3 dalle 8:30 alle 14:00 e dalle 16:00 alle 19:00. Per gli Euro 1 e 2 diesel la limitazione è attiva per tutto l'anno, per gli Euro 3 la limitazione è attiva dal 15 ottobre al 31 marzo.

Alle limitazioni stabili si sono aggiunte, nel periodo invernale (15 ottobre al 31 marzo), ulteriori misure emergenziali adottate in funzione dei livelli di inquinamento atmosferico (TABELLA 43).

allerta di 1° Livello colore "ARANCIO"	attivata dopo 4 giorni consecutivi di superamento, misurati nelle stazioni di riferimento, del valore di 50 µg/m ³ della concentrazione di PM10, sulla base della verifica effettuata da ARPA Piemonte nelle giornate di lunedì e giovedì (giornate di controllo) sui 4 giorni antecedenti;
Allerta di 2° livello colore "ROSSO"	attivata dopo 10 giorni consecutivi di superamento, misurati nelle stazioni di riferimento, del valore di 50 µg/m ³ della concentrazione di PM10, sulla base della verifica effettuata da ARPA Piemonte nelle giornate di lunedì e giovedì (giornate di controllo) sui 10 giorni antecedenti
Allerta di 3° livello colore "VIOLA"	attivata dopo 20 giorni consecutivi di superamento, misurati nelle stazioni di riferimento, del valore di 50 µg/m ³ della concentrazione di PM10, sulla base della verifica effettuata da ARPA Piemonte nelle giornate di lunedì e giovedì (giornate di controllo) sui 20 giorni antecedenti

TABELLA 43: criteri di attivazione dei diversi colori del semaforo antismog.

In caso di allerta arancione alle misure precedenti si aggiunge il blocco dei veicoli diesel Euro 4. con l'allerta rossa si fermano anche tutti i veicoli diesel Euro 5 immatricolati prima del 1° gennaio 2013 (gli Euro 5 più recenti saranno liberi di circolare) e i veicoli Euro 1 benzina. Con il semaforo viola l'orario di blocco sarà esteso per tutti dalle 7:00 alle 20:00. Gli stati di allerta sono indipendenti dai giorni della settimana, pertanto in caso di accensione del semaforo le limitazioni sono attive anche di sabato e domenica.

L'attivazione dei livelli del semaforo è conseguente alla valutazione dei dati di qualità dell'aria e delle condizioni dispersive dell'atmosfera che Arpa Piemonte effettua nei giorni di lunedì e giovedì di ogni settimana. Le zone di applicazione del semaforo e le stazioni di qualità dell'aria prese come riferimento sono indicate nella TABELLA 44.

Zona	Stazione di riferimento	Comuni
Agglomerato torinese	Media aritmetica dei valori misurati nelle stazioni di To-Rebaudengo, To-Lingotto e Beinasco. Si utilizza come stazione di riserva To-Rubino che entra nel calcolo nel caso in cui i dati di una delle stazioni sopra indicate non sia disponibile	Torino, San Mauro, Settimo T.se, Borgaro T.se, Venaria, Collegno, Grugliasco, Rivoli, Orbassano, Beinasco, Nichelino e Moncalieri
Zona Nord	Stazione di Leini, si utilizza come stazione di riserva To-Lingotto	Alpignano, Caselle T.se, Chivasso, Druento, Ivrea, Leini, Mappano, Pianezza, Volpiano
Zona Sud	Stazione di Beinasco, si utilizza come stazione di riserva To-Lingotto	Cambiano, Candiolo, Carignano Carmagnola, Chieri, La Loggia, Rivalta di Torino, Santena, Trofarello, Vinovo
Collina Torinese	Stazione di Baldissero	Pecetto T.se, Pino T.se

TABELLA 44: individuazione delle zone di appartenenza e delle stazioni di riferimento per i comuni interessati dai provvedimenti.

Il periodo di operatività del semaforo antismog è compreso fra il 1/10 e il 31/03, per un totale di 182 giorni. La TABELLA 45 sottostante riassume i livelli che si sono "accesi" nell'inverno 2018-2019.

Zona	LIVELLO 0		LIVELLO 1		LIVELLO 2	
	N° giorni	%	N° giorni	%	N° giorni	%
Agglomerato torinese	150	82,4%	25	13,7%	7	3,8%
Zona Nord	157	86,3%	25	13,7%	0	0%
Zona Sud	161	88,5%	21	11,5%	0	0%
Collina Torinese	182	100%	0	0%	0	0%

TABELLA 45: livelli del semaforo attivi nell'inverno 2018/2019 nei comuni aderenti al protocollo antismog.

COSA CAMBIA DAL 1° OTTOBRE 2019

I comuni di Alpignano Cambiano, Candiolo, Carignano, Druento, La Loggia, Pecetto, Pino T.se Santena, Trofarello, a seguito del miglioramento dei livelli di qualità dell'aria non sono più tenuti all'adozione delle misure previste dall'"accordo padano" in vigore dal 1 ottobre 2019.

I comuni coinvolti sono pertanto 24 Beinasco, Borgaro Torinese, Carmagnola, Caselle Torinese, Chieri, Chivasso, Collegno, Grugliasco, Ivrea, Leini, Mappano, Moncalieri, Nichelino, Orbassano, Pianezza, Rivalta di Torino, Rivoli, San Mauro Torinese, Settimo Torinese, Torino, Venaria Reale, Vinovo e Volpiano a cui si è aggiunto in forma volontaria il comune di Alpignano che ha deciso di continuare ad adottare i provvedimenti per consolidare il miglioramento raggiunto e supportare i comuni vicini ancora interessati dai superamenti.

Le misure che verranno adottate continuano ad essere più severe, rispetto a quanto previsto nell'accordo padano, e sono motivate dai significativi superamenti dei valori limite di qualità dell'aria nel nostro territorio. Viene pertanto confermato il percorso di limitazione progressiva dei veicoli più inquinanti.

A partire dal 1 ottobre 2019 oltre a tutti i veicoli Euro 0 (diesel, benzina, metano e Gpl), già bloccati l'anno scorso, saranno fermi 7 giorni su 7 e h 24 anche tutti i veicoli diesel Euro 1. I ciclomotori e i motocicli Euro 0 continueranno ad essere bloccati 7 giorni su 7 e h 24 nei 6 mesi del periodo invernale.

Le auto e i veicoli commerciali diesel Euro 2 e 3 saranno invece fermi nei giorni feriali dalle 8:00 alle 19:00. Gli Euro 1 e 2 si fermeranno per tutto l'anno, gli Euro 3 solo dal 1 ottobre al 31 marzo. Rispetto alla stagione 2018-2019 i veicoli commerciali diesel Euro 2 e 3 non avranno pertanto più l'orario di limitazione ridotto (8:30-14:00 e 16:00-19:00).

Sono state confermate le misure emergenziali che si attivano in funzione del colore del semaforo. Tali misure si aggiungono alle limitazioni stabili, sono operative nel solo semestre invernale e possono interessare anche i giorni festivi.

All'accensione del semaforo arancione (dopo 4 giorni consecutivi di superamento dei limiti) si fermeranno anche le autovetture diesel Euro 4 dalle 8:00 alle 19:00 e i veicoli commerciali diesel Euro 4 dalle 8:30-14:00 e 16:00-19:00.

Nei giorni "arancioni" viene fatto divieto di utilizzo di generatori di calore domestici alimentati a biomassa legnosa (in presenza di impianto di riscaldamento alternativo) aventi prestazioni energetiche ed emissive che non sono in grado di rispettare i valori previsti almeno per la classe 3 stelle

Con il colore rosso (dopo 10 giorni consecutivi di superamento dei limiti) si bloccheranno con le stesse modalità anche tutti i veicoli diesel Euro 5 immatricolati prima del 1° gennaio 2013 (gli Euro 5 più recenti saranno liberi di circolare) e i veicoli benzina Euro 1.

Nei giorni "rossi" il divieto di utilizzo di generatori di calore domestici alimentati a biomassa legnosa (in presenza di impianto di riscaldamento alternativo) è esteso a quelli aventi prestazioni energetiche ed emissive che non sono in grado di rispettare i valori previsti almeno per la classe 4 stelle

Con il semaforo viola (dopo 20 giorni consecutivi di superamento dei limiti) l'orario di blocco sarà esteso per tutti dalle 7:00 alle 20:00.

Relativamente alle esenzioni:

- sono state eliminate le deroghe per i veicoli di interesse storico e collezionistico nelle giornate di sabato e festivi, per i veicoli Euro 0 e diesel Euro 1 condotte da persone che abbiano compiuto il 70° anno di età, per gli agenti di commercio e per i veicoli circolanti con targa prova in quanto non espressamente previste dalle indicazioni regionali;
- è stata introdotta la deroga per i privati cittadini con un ISEE inferiore ai 14.000 € ma ai soli veicoli con omologazione superiore all'euro 2 diesel ed euro 0 benzina;
- sono state riproposte, limitatamente alla stagione 2019/2020 e in attesa che siano a regime i bandi regionali di incentivazione per la sostituzione dei veicoli privati e commerciali più inquinanti, le deroghe per i veicoli al servizio dei mercati settimanali, nei soli orari di apertura e chiusura, e quelli dei lavoratori turnisti o che stanno rispondendo a chiamata in reperibilità.

Per quanto riguarda gli impianti di riscaldamento rimane l'obbligo di utilizzare nei generatori di calore di potenza termica nominale inferiore ai 35 kW pellets certificati conformi alla classe A1 della norma UNI EN ISO 17225-2

La Città metropolitana di Torino ha attivato una pagina web informativa

<http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/ambiente/qualita-aria/blocchi-traffico>

dove sono disponibile le seguenti informazioni:

- il livello del semaforo;
- lo schema riassuntivo delle limitazioni alla circolazione veicolare (pdf 158 KB);
- gli orari dei blocchi orari e le esenzioni per tutte le categorie di veicoli;
- la mappa dei Comuni interessati dal blocco del traffico con le aree di applicazione delle limitazioni e le relative ordinanze.



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



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