

# GLI EFFETTI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA DEGLI INCENDI BOSCHIVI DEL MESE DI OTTOBRE 2017

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

*F Lollobrigida, ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.*

*M.M. Grosa, ARPA Piemonte, Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali.*

## INTRODUZIONE

In Piemonte il mese di ottobre 2017 è risultato il più secco degli ultimi 60 anni e il secondo mese di ottobre più caldo dal 1958.

Lo sviluppo degli incendi ha inevitabilmente inciso in maniera significativa anche sulla qualità dell'aria, non solo nelle zone più prossime ai fenomeni ma anche nell'area urbana di Torino. Come dettagliato nel paragrafo successivo il PM10 e il PM2,5 sono risultati i parametri sui quali il contributo aggiuntivo dell'incendio è risultato più significativo, mentre il terzo parametro che presenta superamenti dei limiti di legge nel semestre freddo dell'anno – vale a dire il biossido di azoto – ha invece mostrato una criticità molto inferiore. Nei giorni di maggiore intensità degli incendi, cioè dal 24 al 27 ottobre, il PM10 ha raggiunto nell'area urbana valori di media giornaliera dell'ordine di 200-300 µg/m<sup>3</sup> che non venivano misurati da almeno un decennio.

Va sottolineato che nel 2017, come ricordato nel capitolo dedicato al particolato aerodisperso, si è verificato in generale un significativo peggioramento degli indicatori di legge di PM10 e PM2,5 rispetto al 2016, interrompendo la tendenza alla diminuzione delle concentrazioni che era stata osservata negli ultimi anni. I due fattori che potenzialmente possono avere causato questo fenomeno sono, da un lato le condizioni meteorologiche che sono risultate nel 2017 maggiormente sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti<sup>41</sup>, dall'altro il contributo aggiuntivo degli incendi boschivi. Risulta quindi importante valutare quale dei due fattori citati sia stato quello prevalente.

Questo capitolo analizza sinteticamente i dati rilevati nel corso degli incendi boschivi e descrive la metodologia messa a punto da Arpa Piemonte:

- per stimare l'entità del contributo aggiuntivo alle concentrazioni di particolato aerodisperso determinato dagli incendi boschivi;
- per valutare l'influenza di tale contributo sugli indicatori di qualità dell'aria di PM10 e PM2,5.

Inoltre, rispetto al già citato rapporto tecnico dell'Agenzia prodotto nel periodo immediatamente successivo al fenomeno, sono discussi in questo capitolo i risultati di alcuni approfondimenti analitici riguardanti il contributo degli incendi boschivi alla componente secondaria del PM10, che sono stati oggetto di una relazione nel corso del VII Convegno Nazionale sul Particolato Atmosferico- PM2018<sup>42</sup>.

## ESAME GENERALE DEI DATI DI QUALITÀ DELL'ARIA RILEVATI DURANTE GLI INCENDI BOSCHIVI

In FIGURA 66 e FIGURA 67, rispettivamente, sono riportati gli andamenti delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 e PM2,5 nel mese di ottobre, suddivisi per zona. Risulta evidente come dal 24 al 27 ottobre si abbia un elevato e generalizzato aumento delle concentrazioni di entrambi i parametri, in particolare nell'area urbana torinese. Lo stesso fenomeno non si riscontra invece per il terzo inquinante critico nei mesi freddi dell'anno, vale a dire il biossido di azoto (FIGURA 70).

Il fatto che l'aumento delle concentrazioni di PM10 e PM2,5 sia attribuibile agli incendi boschivi è testimoniato da tre elementi:

- l'aumento coincide temporalmente con il periodo più critico degli incendi stessi. Nei giorni di domenica 22 e lunedì 23 ottobre si è assistito ad un incremento generalizzato della ventosità legato a uno degli episodi di foehn richiamati nell'introduzione, con raffiche sino a 50-100 Km/h. L'elevata ventosità, se da un lato ha favorito nel breve periodo la dispersione degli inquinanti e quindi una brusca diminuzione delle concentrazioni di PM10, dall'altro ha riattivato i focolai nelle zone vallive. Di conseguenza i giorni da martedì 24 ottobre a venerdì 27 ottobre hanno visto un notevole incremento dell'intensità degli incendi;

<sup>41</sup> Si veda il capitolo "Considerazioni sulle caratteristiche meteorologiche dell'anno 2017"

<sup>42</sup> Lollobrigida et al. Contributo degli incendi boschivi alle concentrazioni di PM10 sul territorio della Città Metropolitana di Torino nel mese di ottobre 2017 in Atti del VII Convegno Nazionale sul Particolato Atmosferico- PM2018

- sino al 23 ottobre la concentrazione media dell'area urbana torinese di PM10 e PM2,5 segue quella dei tre capoluoghi che non sono stati interessati dagli incendi boschivi, vale a dire Alessandria, Vercelli e Novara (FIGURA 68 e FIGURA 69); dal 24 ottobre le concentrazioni medie nelle due aree si differenziano progressivamente e iniziano a riallinearsi solo il 28 ottobre, quando gli incendi sono in via di spegnimento definitivo;
- come descritto nel paragrafo seguente, nei giorni critici per gli incendi si assiste a un brusco aumento, sia in termini assoluti che in percentuale, dei traccianti della combustione di biomassa presenti nel PM10;
- durante la mattina del 27 ottobre (giorno in cui è stata registrata la concentrazione più elevata di PM10 e PM2,5 dell'intero 2017) il radar meteorologico installato sulla collina torinese ha rilevato la progressiva estensione del pennacchio di fumo prodotto dagli incendi dalla Valle di Susa - una delle aree maggiormente colpite dal fenomeno - verso le zone di pianura.

Per quanto riguarda gli inquinanti che ormai da molti anni presentano un rispetto dei limiti su tutto il territorio (biossido di zolfo, monossido di carbonio e benzene) si osserva nei giorni più critici per gli incendi boschivi un aumento delle concentrazioni ma non tale da pregiudicare il rispetto dei valori limite <sup>43</sup>.

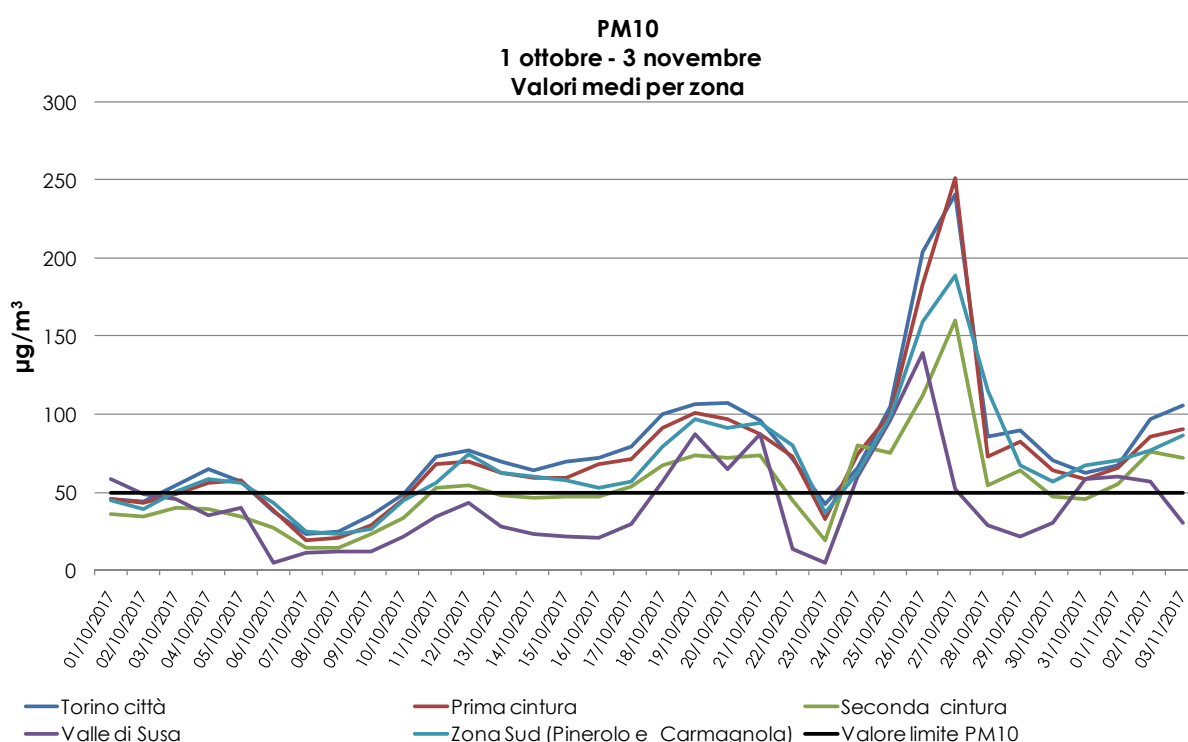


FIGURA 66: PM10 medie giornaliere per zona (µg/m³).

<sup>43</sup> Per la trattazione di dettaglio relativa a questi inquinanti si rimanda al già citato rapporto tecnico di Arpa Piemonte

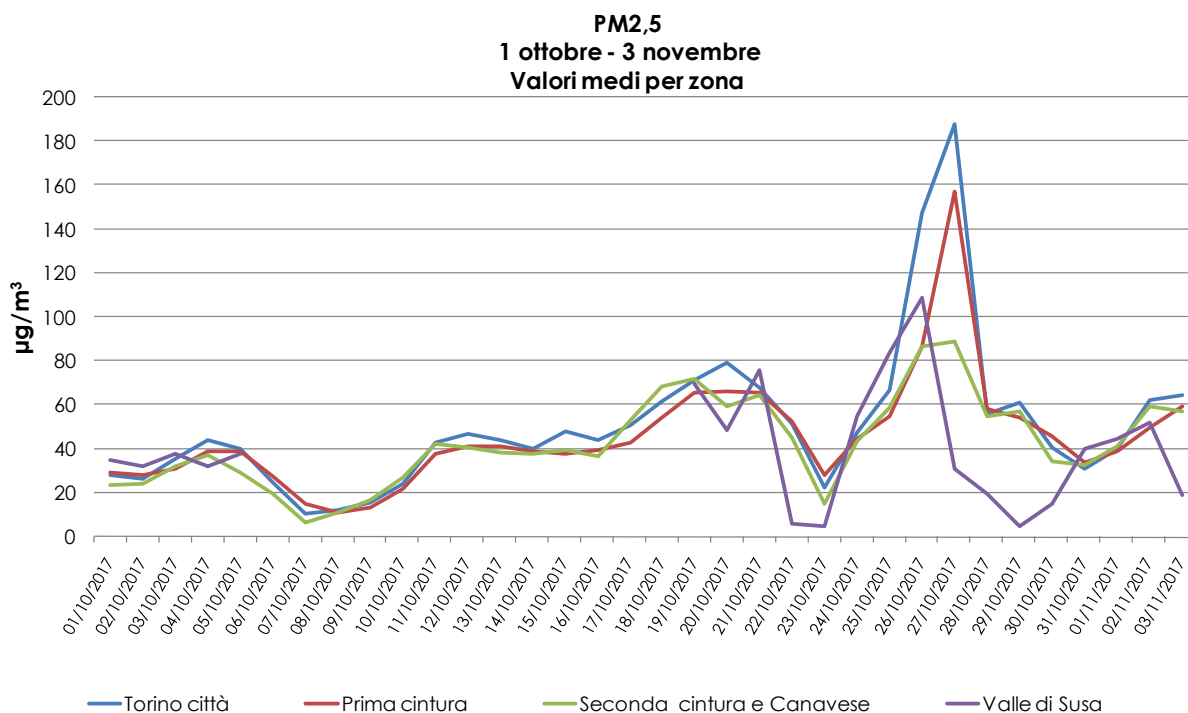


FIGURA 67: PM2,5 Medie giornaliere per zona (µg/m³).

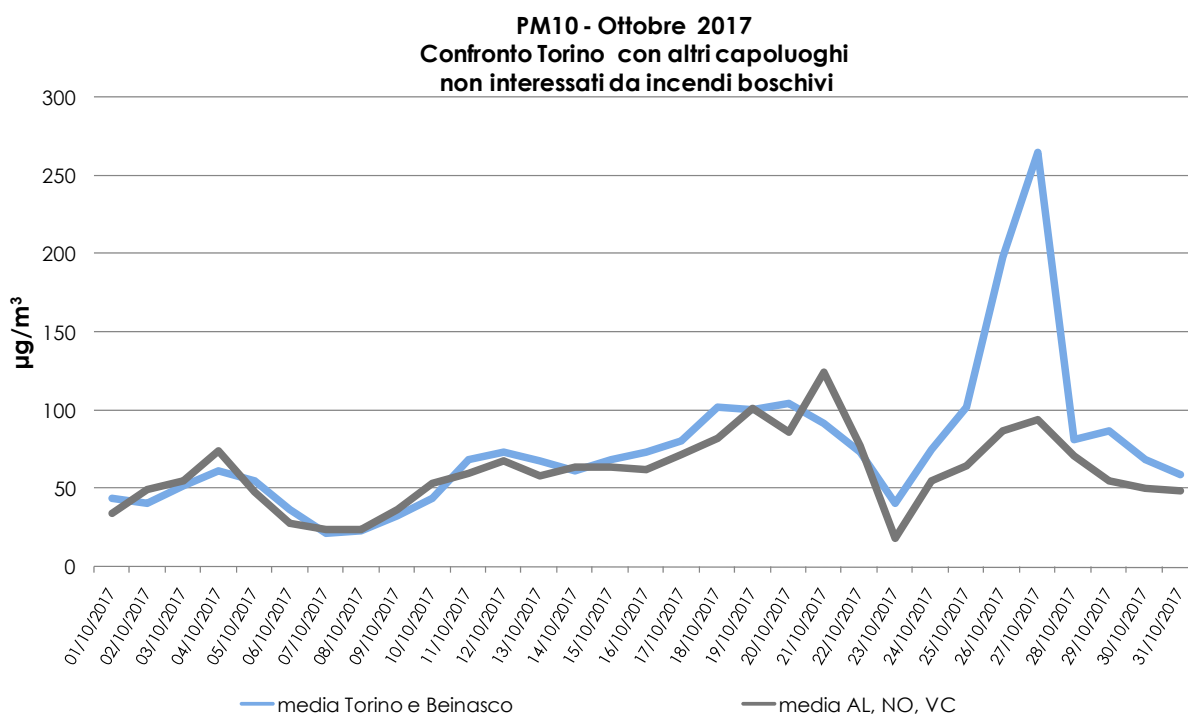


FIGURA 68: PM10 medie giornaliere (µg / m³) Confronto tra l'area urbana di Torino e gli altri capoluoghi.



## STIMA DEL CONTRIBUTO DEGLI INCENDI BOSCHIVI ALLE CONCENTRAZIONI DI PARTICOLATO AERODISPERSO

Per stimare l'entità del contributo degli incendi boschivi è stata adottata la metodologia seguente:

1. costruzione sia per PM10 che per PM2,5 della retta di regressione tra la concentrazione media nella città di Torino e negli altri tre capoluoghi della pianura piemontese non interessati dagli incendi boschivi, utilizzando i dati del periodo immediatamente precedente (1-22 Ottobre) a quello critico per gli incendi. Come già evidenziato, infatti, in tale periodo le due serie di valori sono sovrapponibili. La correlazione è ottima sia per PM10 ( $r=0,93$ ) sia per PM2,5 ( $r=0,84$ );
2. utilizzo delle due rette di regressione per stimare, a partire dalla concentrazione media di PM10 e PM2,5 nei tre capoluoghi non interessati dal fenomeno, la concentrazione media dei due parametri che si sarebbe misurata a Torino in assenza di incendi nei giorni critici (24-27 Ottobre);
3. calcolo del contributo aggiuntivo degli incendi in ognuna delle giornate critiche sottraendo la stima ottenuta al punto 2 alle concentrazioni medie giornaliere effettivamente misurate nell'area urbana torinese.

La FIGURA 71 mostra i risultati dell'applicazione della metodologia di stima: nei giorni critici la percentuale di PM10 attribuibile al contributo aggiuntivo degli incendi è in media del 43%, con un massimo del 59% il 27 ottobre, mentre nel caso del PM2,5 tali valori sono rispettivamente 48% e 71%.

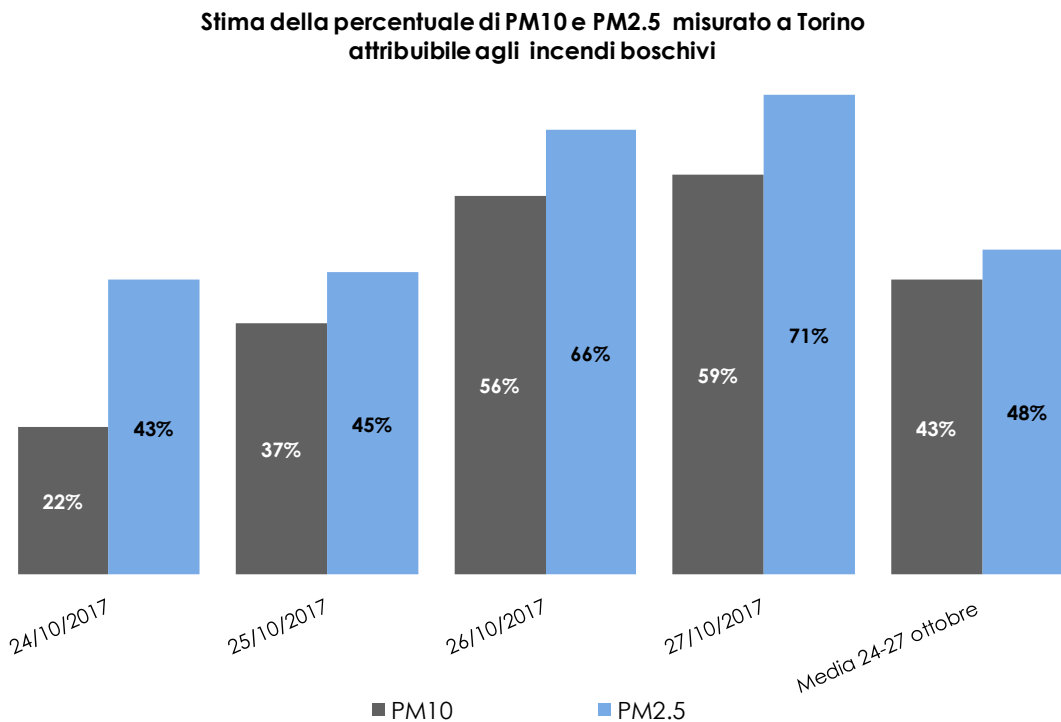


FIGURA 71: stima della percentuale di PM10 e PM2,5 attribuibile agli incendi boschivi nell'area urbana torinese.

Un ulteriore approfondimento è stata effettuato tramite la determinazione analitica sul PM10 degli zuccheri anidri traccianti della combustione di biomassa (in particolare levoglucosano), del carbonio organico (OC) e dei componenti secondari di natura inorganica (ammonio, nitrato, solfato).

Nei giorni di maggiore intensità degli incendi si osserva (FIGURA 72) che la concentrazione di levoglucosano aumenta di circa un ordine di grandezza rispetto ai giorni precedenti sia nei campioni prelevati dell'area metropolitana torinese che in quelli della stazione di Susa.

L'aumento, come evidenzia la TABELLA 31, si osserva non solo in termini assoluti ma anche come percentuale sul PM10. Ciò significa che nei giorni più critici per gli incendi boschivi il PM10 si arricchisce di traccianti della combustione di biomassa; l'aumento percentuale, com'è prevedibile, è più elevato in un'area più prossima agli incendi come Susa. La TABELLA 31 evidenzia inoltre che il rapporto medio percentuale tra le concentrazioni di levoglucosano e di PM10 totale nei giorni dal 16 al 22 ottobre è del tutto confrontabile con il valore ricavato nella città di Torino nel

mese di ottobre 2013 all'interno del progetto Part'Aera<sup>44</sup>; ciò conferma che nei giorni precedenti a quelli più critici per gli incendi boschivi il contributo primario della combustione di biomasse al PM10 era quello tipico stagionale.

**Levoglucosano nel PM10  
16-27 Ottobre 2017**

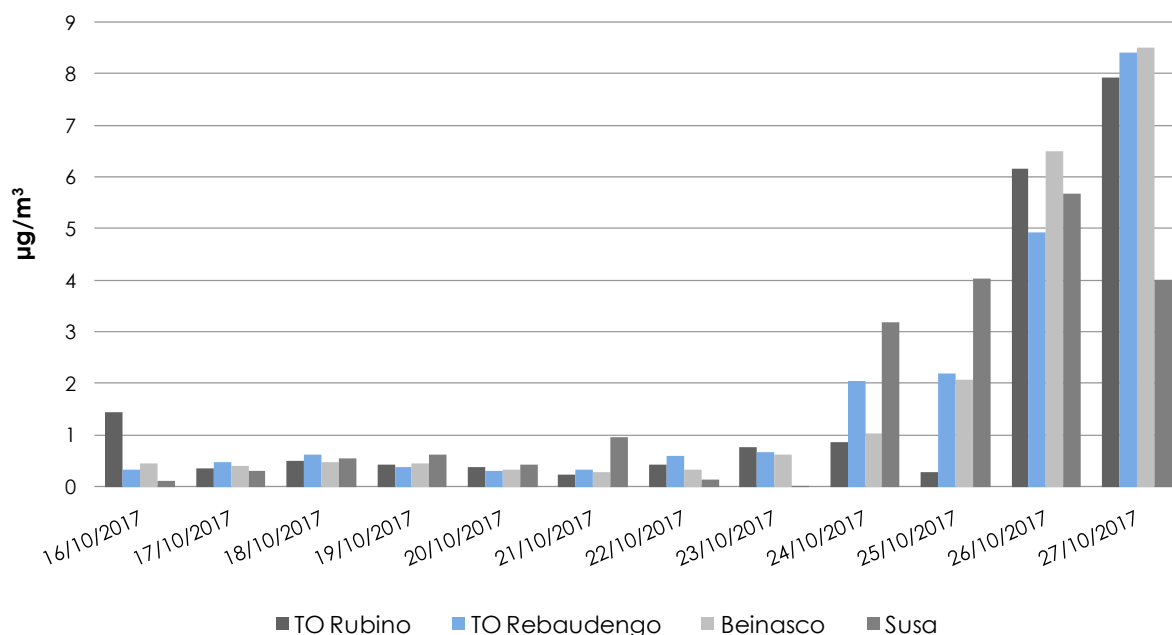


FIGURA 72: levoglucosano nel PM10 - Medie giornaliere (µg/m³).

| STAZIONE      | Percentuale media di LG nel PM10 16-22 ottobre 2017 | Percentuale media di LG nel PM10 24-27 ottobre 2017 | Percentuale media di LG nel PM10 mese di ottobre TO Rubino progetto Part'Aera |
|---------------|---|---|---|
| TO Rubino     | 0,7%  | 1,8%  | 0,7%  |
| TO Rebaudengo | 0,5%  | 2,1%  |   |
| Beinasco      | 0,5%  | 2,4%  |   |
| Susa          | 0,7%  | 3,6%  |   |

TABELLA 31: percentuale di levoglucosano nel PM10.

Il valore di levoglucosano permette di stimare la concentrazione di PM10 che deriva dal contributo primario della combustione di biomassa tramite i fattori di conversione levoglucosano-PM10 riportati in letteratura. In questo studio sono stati utilizzati un fattore medio basato su 62 lavori scientifici (8,85 µg PM10/ µg levoglucosano)<sup>45</sup> e un fattore caratteristico delle regioni alpine (11,2 µg PM10/µg levoglucosano)<sup>46</sup>

I risultati sono riportati in FIGURA 73 per l'area urbana di Torino e in FIGURA 74 per Susa. Si osserva che:

- prima della fase critica degli incendi, cioè sino al 22 ottobre, il contributo percentuale primario al PM10 della combustione di biomasse è in media del 5% nell'area urbana torinese e dell'8% a Susa, e quindi ricade nell'intervallo tipico del 5-15% indicato in letteratura per aree analoghe del bacino padano<sup>47</sup>;
- il contributo percentuale primario dell'area torinese, come già evidenziato per i levoglucosano, è del tutto confrontabile con quello ottenuto per il mese di ottobre nel progetto Part'Aera (6-8%). In altre parole sino al 22 ottobre il contributo primario della combustione di biomasse al

<sup>44</sup> Per il progetto Part'Aera si veda l'edizione 2014 di Uno sguardo all'aria

<sup>45</sup> Piazzalunga et. al Estimates of wood burning contribution to PM by the macro-tracer method using tailored emission factors, Atmospheric Environment 45 (2011)

<sup>46</sup> Schmidl Chemical characterisation of fine particle emissions from wood stove combustion of common woods growing in mid-European Alpine regions, Atmospheric Environment 42 (2008)

<sup>47</sup> Si veda ad esempio Piazzalunga et. al cit

PM10 è interamente attribuibile alle fonti normalmente attive nei mesi autunnali e invernali, cioè sostanzialmente il riscaldamento domestico a legna o derivati del legno;

- nei quattro giorni più critici, invece, il contributo degli incendi, sottraendo il fondo attribuibile alle sorgenti standard, è in media dell'ordine del 15-20% nell'area urbana torinese e del 25-30% a Susa.

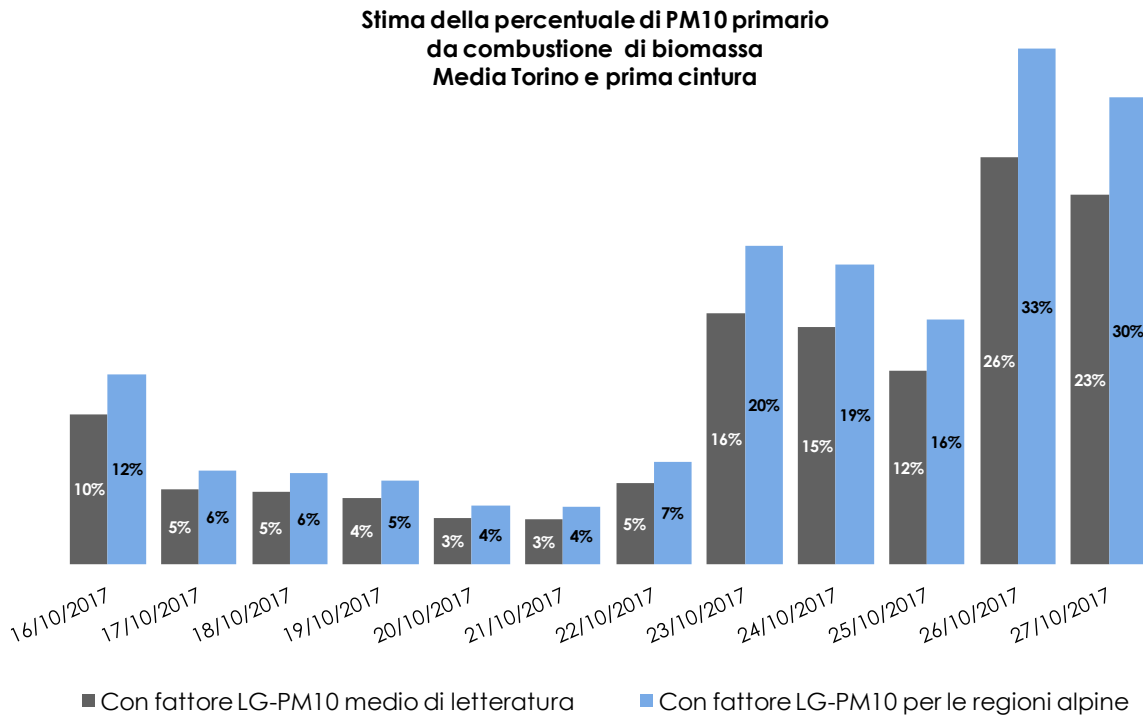


FIGURA 73: stima della percentuale di PM10 primario da combustione di biomassa- media area urbana di Torino

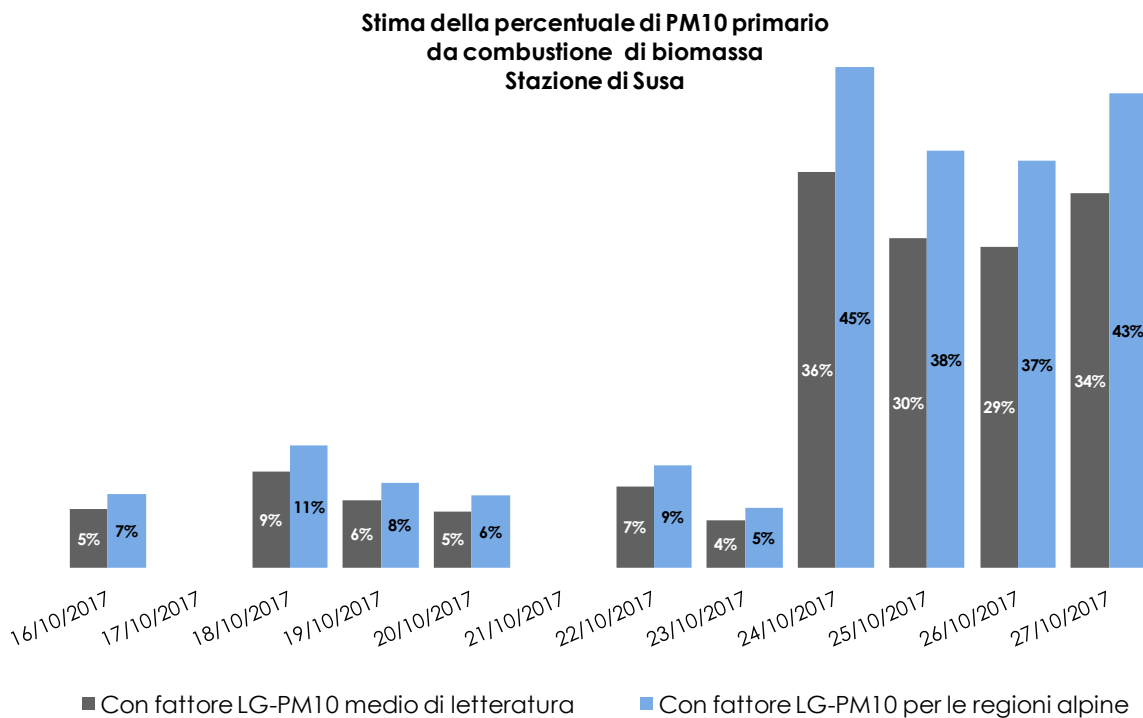


FIGURA 74: STIMA della percentuale di PM10 primario da combustione di biomassa- stazione di Susa.

Nel capoluogo il contributo primario al PM10 della combustione di biomassa dà quindi conto di circa la metà di quello complessivo stimato sulla base del confronto con le aree urbane non coinvolte negli incendi boschivi, che si ricorderà era in media del 43% (FIGURA 71). Si deve quindi ipotizzare che gli incendi boschivi abbiano fornito al PM10 anche un contributo di natura secondaria - in relazione alla trasformazione in particolato di sostanze organiche originariamente emesse in forma gassosa - e che tale contributo sia quantitativamente confrontabile con quello primario. Tale contributo di natura secondaria, peraltro già documentato in letteratura in altri casi di incendi boschivi <sup>48</sup>, è sostenuta nel caso specifico dai dati seguenti:

- nella stazione di Torino Lingotto è installato uno strumento (Ultrafine Particle Monitor 3031 -TSI Incorporated<sup>49</sup>) che misura in continuo la concentrazione numerica di particelle con dimensioni tra 0,02 e 1 micron, suddivise in sei classi dimensionali. Nei giorni più critici per gli incendi boschivi si è osservato un significativo aumento del numero delle particelle di maggiori dimensioni, cioè quelle tra 0,1 e 1 micron, che corrispondono all'intervallo dimensionale noto come modo di accumulazione (FIGURA 75). Questo fenomeno di norma segnala l'aumento dei processi di formazione secondaria di particolato;
- sia a Torino che a Susa la concentrazione di carbonio organico nel PM10 mostra nei giorni critici un significativo aumento, che di norma è anch'esso indice di formazione di particolato secondario organico<sup>50</sup>. Il legame con la combustione di biomasse è testimoniato dall'andamento temporale, del tutto analogo a quello del levoglucosano (FIGURA 76 e FIGURA 77). Si osserva che per entrambi i parametri la concentrazione massima è raggiunta a Susa il 26 ottobre e a Torino il 27 ottobre, vale a dire nel giorno in cui tramite il radar meteorologico installato sulla collina torinese è stato rilevato il trasporto del pennacchio di fumo dalla Valle di Susa al capoluogo;
- come nel caso del levoglucosano la percentuale media di carbonio organico nel PM10 nell'area torinese sino al 22 ottobre (16%) è del tutto confrontabile con quello ottenuto per il mese di ottobre nel progetto Part'Aera (19%), mentre nei giorni critici per gli incendi boschivi sale al 34%;
- recenti studi mostrano che nel bacino padano il contributo al particolato secondario della combustione di biomassa, nei mesi invernali e in condizioni emissive standard, è significativo e quantitativamente dello stesso ordine di grandezza di quello primario, vale a dire dell'ordine del 5-6% del PM10<sup>51</sup>. Tale percentuale riportata dalla letteratura è confrontabile con il contributo primario sia relativo al periodo precedente a quello critico per gli incendi sia calcolato per la città di Torino all'interno del progetto Part'Aera. E' quindi ragionevole ipotizzare in prima approssimazione che anche nei giorni dal 24 al 27 ottobre il contributo secondario sia dello stesso ordine di grandezza di quello primario; in base a questa ipotesi il contributo totale degli incendi boschivi risulta del 30-40%, valore confrontabile con quello calcolato sulla base del confronto con i capoluoghi non interessati dagli incendi.

<sup>48</sup> Pio et al. Chemical composition of atmospheric aerosols during the 2003 summer intense forest fire period, *Atm. Env.* 42 (2008) 7530-7543

Popovicheva et al. Physicochemical characterization of smoke aerosol during large-scale wildfires: Extreme event of August 2010 in Moscow, *Atm. Env.* 96 (2014) 405- 414

Alves et al. Particulate organic compounds emitted from experimental wildland fires in a Mediterranean ecosystem, *Atm. Env.* 44(2010) 2750-2759

<sup>49</sup> Si veda il capitolo "Studio della concentrazione numerica di particelle ultrafini nell'area urbana torinese "

<sup>50</sup> Ciò è avvalorato dal fatto che si osserva un aumento anche nel rapporto carbonio organico/carbonio elementare

<sup>51</sup> Si veda in particolare Gilardoni et al Direct observation of aqueous secondary organic aerosol from biomass-burning emissions-, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 36 (2016)



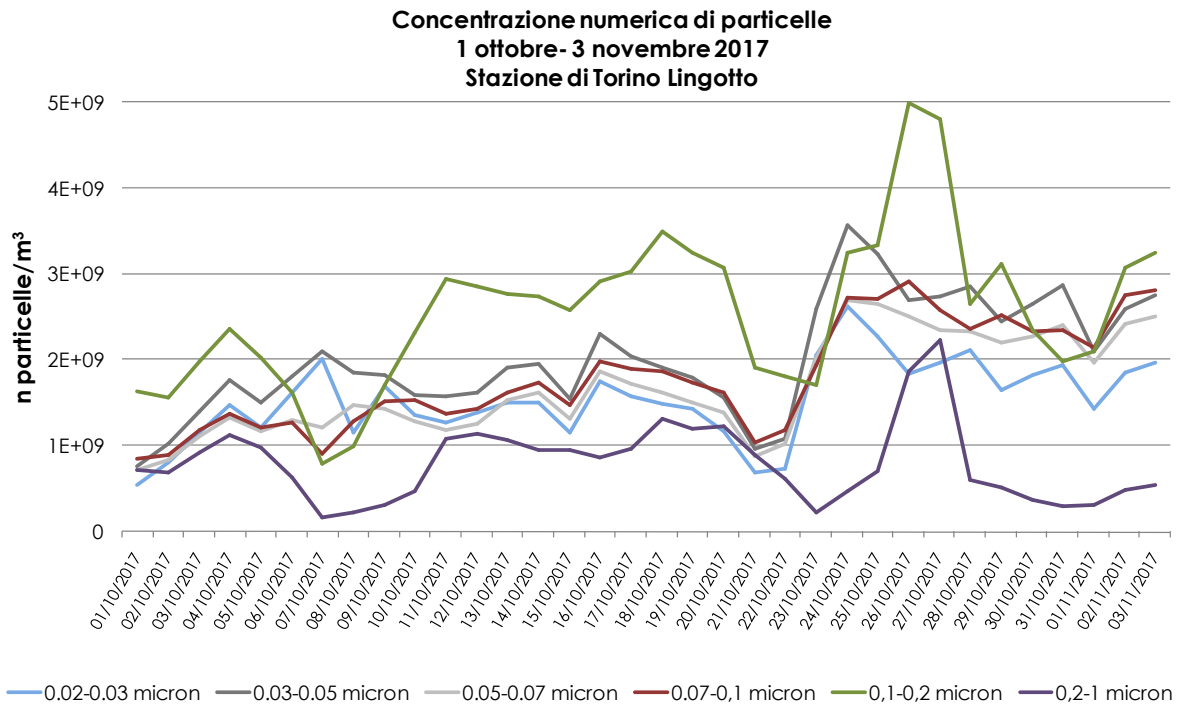


FIGURA 75: concentrazione numerica di particelle (numero di particelle/m<sup>3</sup>) – Stazione di Torino Lingotto .

Non appare invece significativo il contributo degli incendi boschivi alla componente secondaria inorganica del PM10: si osserva che le concentrazioni medie giornaliere delle tre specie che costituiscono tale componente (nitrato, solfato e ammonio, vedi rispettivamente FIGURA 78, FIGURA 79 e FIGURA 80) mostrano valori più elevati prima della fase critica degli incendi, al contrario di quanto avviene per levoglucosano e carbonio organico. Anche in termini percentuali si osserva un decremento: sino al 22 ottobre il contributo medio complessivo delle tre specie al PM10 è pari al 43% e scende al 15% nei giorni critici, in concomitanza con l'aumento della percentuale della componente secondaria organica e del contributo primario.

E' importante sottolineare che sino al 22 ottobre, come per levoglucosano e carbonio organico, anche la percentuale complessiva (il citato 43%) delle tre specie secondarie inorganiche nell'area torinese è confrontabile con quella ottenuto per il mese di ottobre nel progetto Part'Aera (46%), a conferma del fatto nei giorni precedenti a quelli più critici per gli incendi boschivi la composizione del PM10 era quella tipica stagionale.

Questa situazione potrebbe essere stata determinata da una situazione caratterizzata da venti occidentali (foehn) che hanno apportato aria relativamente più "pulita" di quella usualmente presente nell'area urbana torinese (22 e 23 ottobre) alla quale si sono aggiunti, a Torino nei giorni 26 e 27/10, i prodotti primari (gas / vapori / particolato) della combustione dei boschi interessati dagli incendi.

Il tenore non elevato, o anche minore di quello dei giorni precedenti gli incendi, dei costituenti inorganici secondari del particolato PM10 può essere compatibile con questa ipotesi in quanto la conversione degli ossidi di azoto e del biossido di zolfo nei relativi anioni non è particolarmente veloce e, per Torino, appare essere legata più alle sorgenti urbane usuali che agli incendi.

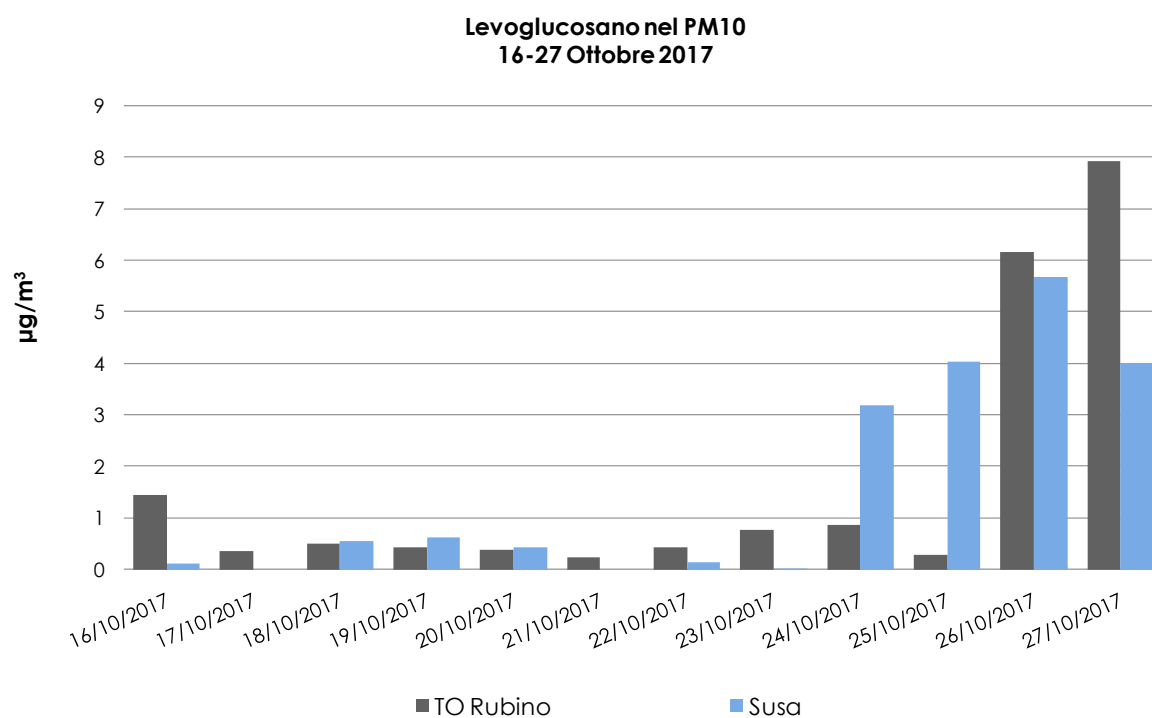


FIGURA 76: LEVOGLUCOSANO nel PM10 - Medie giornaliere (µg/m³) – Stazioni di Torino Rubino e Susa .

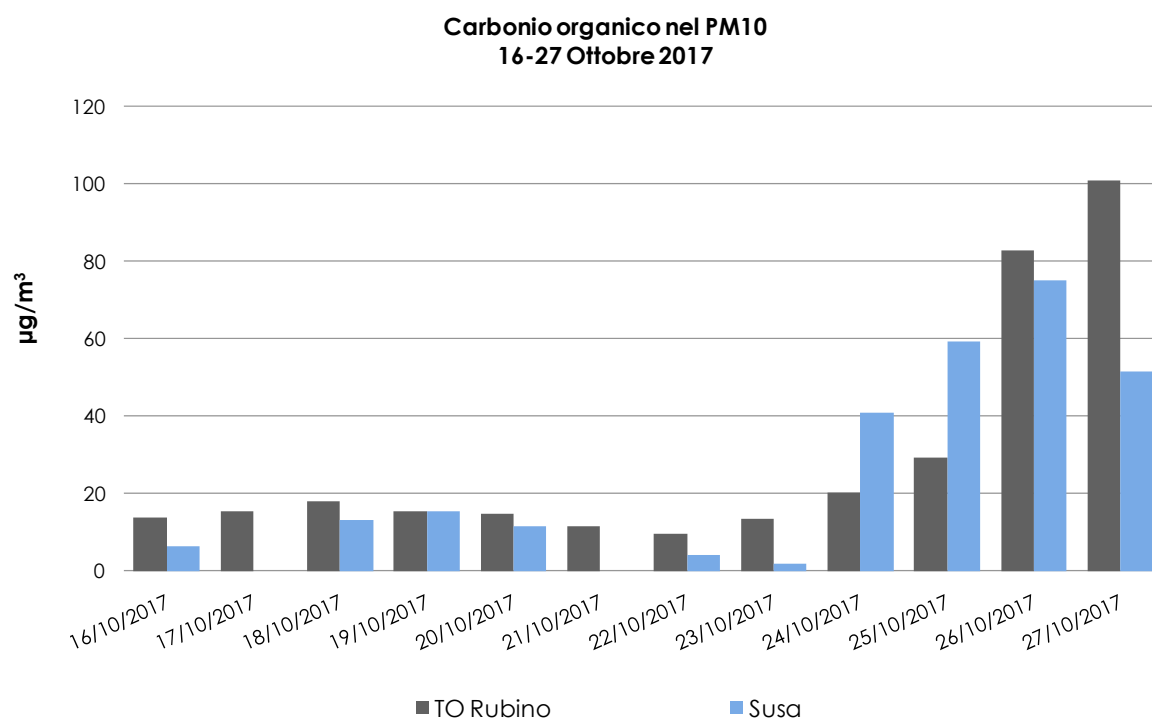


FIGURA 77: carbonio organico nel PM10 - Medie giornaliere (µg/m³) – Stazioni di Torino Rubino e Susa.

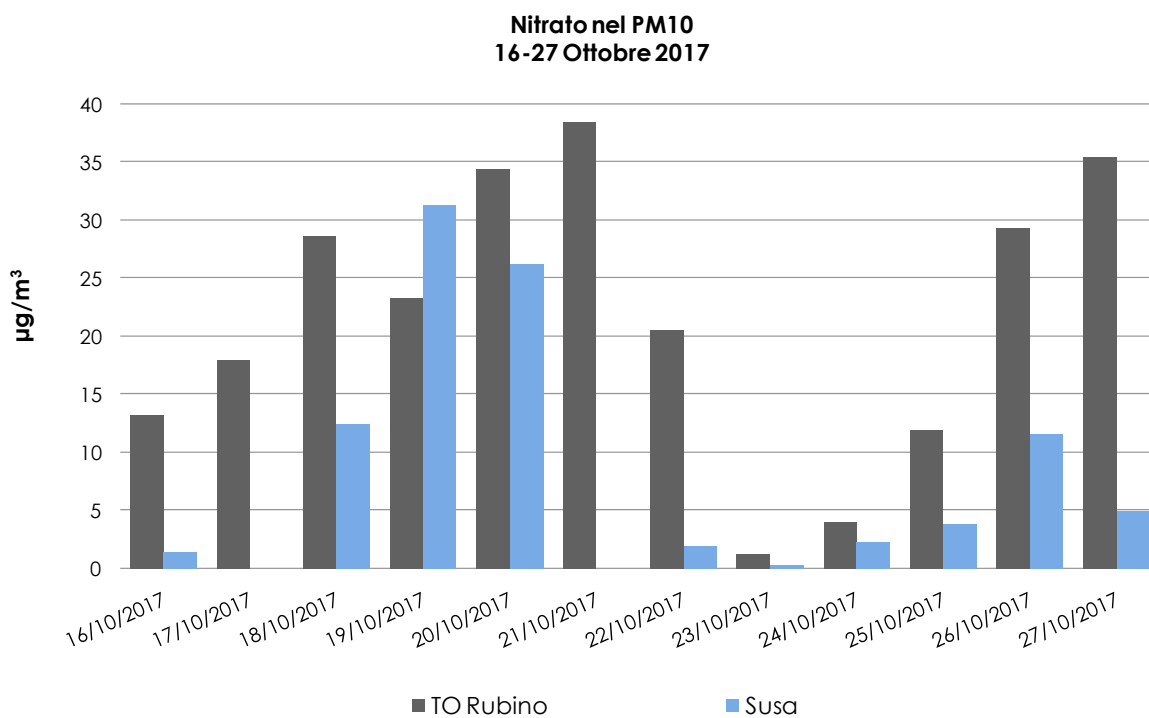


FIGURA 78: nitrato nel PM10 - Medie giornaliere (µg/m³) – Stazioni di Torino Rubino e Susa.

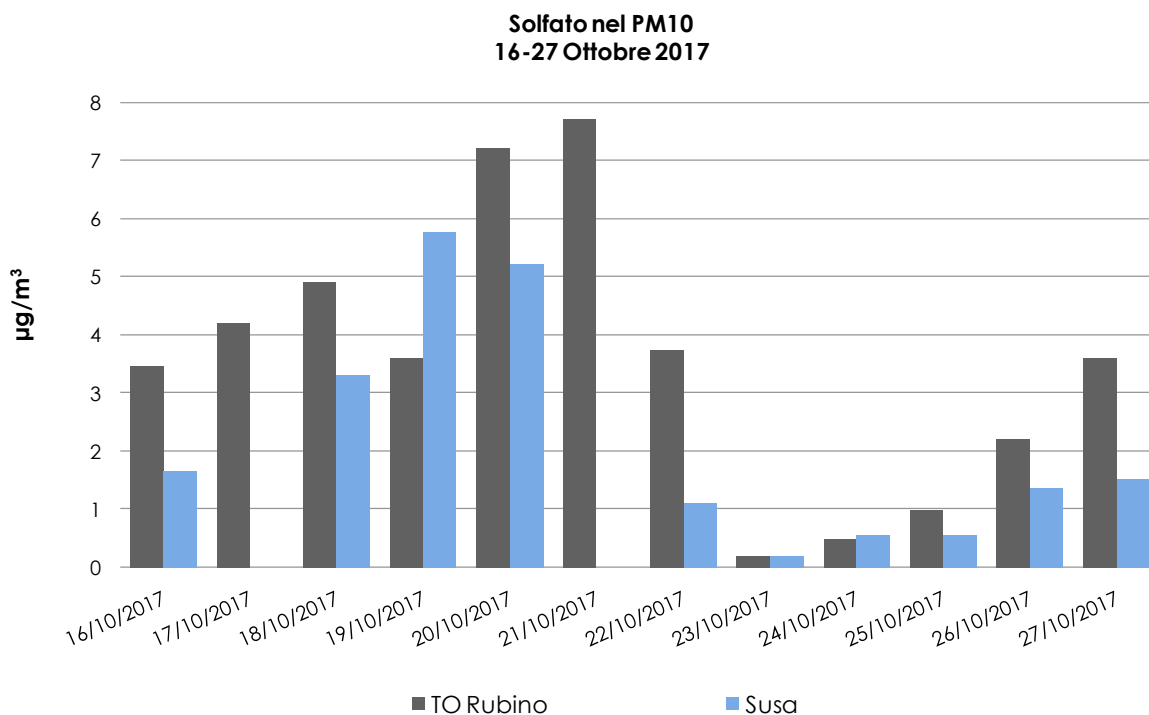


FIGURA 79: solfato nel PM10 - Medie giornaliere (µg/m³) – Stazioni di Torino Rubino e Susa.

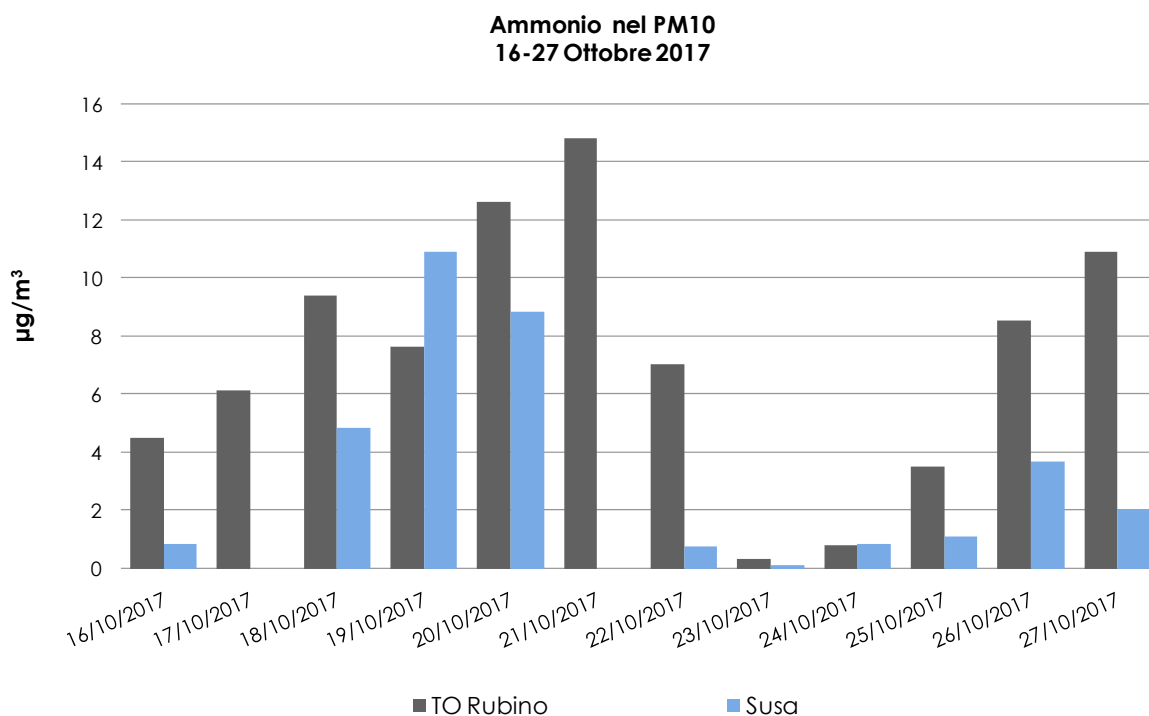


FIGURA 80: ammonio nel PM10 - Medie giornaliere ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – Stazioni di Torino Rubino e Susa.

#### VALUTAZIONE DELL'INFLUENZA DEGLI INCENDI BOSCHIVI SUGLI INDICATORI DI PM10 E PM2,5.

Per valutare se il contributo aggiuntivo degli incendi boschivi abbia modificato significativamente nell'anno 2017 gli indicatori di qualità dell'aria previsti dal D.Lgs 155/2010 e s.m.i. per il PM10 e il PM2,5 sono stati presi in considerazione separatamente

- i punti di misura di pianura, che di norma storicamente non rispettano almeno uno degli indicatori<sup>52</sup>;
- i punti di misura nelle aree vallive interessate dagli incendi (Susa, Ceresole e Oulx) che ormai da molti anni rispettano tutti gli indicatori.

Per le stazioni di pianura si è confrontata la serie temporale 2017 tal quale e quella ottenuta dalla correzione delle concentrazioni medie giornaliere per i giorni critici degli incendi. La correzione è stata effettuata nel modo seguente:

1. per ognuno dei giorni critici è stata calcolato il rapporto tra la media delle concentrazioni effettivamente misurate nell'area urbana e la media delle concentrazioni ottenute dalla retta di regressione Torino-altri capoluoghi descritta nel precedente paragrafo;
2. per ognuno dei giorni critici e per ognuno dei punti di misura di pianura tale rapporto è stato utilizzato per calcolare quale sarebbe stata la concentrazione media giornaliera in assenza di incendi. L'ipotesi conservativa alla base del calcolo è che l'effetto degli incendi in tutta l'area di pianura sia assimilabile a quello che si è verificato nell'area urbana torinese, vale a dire nella zona in cui si è avuto il contributo aggiuntivo più elevato;
3. per ogni punto di misura sono stati calcolati gli indicatori di legge a partire sia dalla serie di dati originale sia da quella corretta sottraendo l'effetto stimato degli incendi.

In FIGURA 81, FIGURA 82 e FIGURA 83 sono riportati i risultati, rispettivamente, per la media annuale di PM10, il numero di superamenti del valore limite giornaliero di PM10 e la media annuale di PM2,5.

Nel caso delle medie annuali di PM10 e PM2,5 si osserva che nella peggiore delle ipotesi il contributo aggiuntivo degli incendi è dell'ordine di  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valore ininfluente sul rispetto del limite: come evidenziato dalla FIGURA 81 e dalla FIGURA 83, infatti, nei punti in cui il limite non è stato rispettato anche le medie annuali corrette sono sempre maggiori del limite stesso. Nel caso del valore limite giornaliero di PM10 il contributo aggiuntivo dovuto agli incendi boschivi nella peggiore

<sup>52</sup> La metodologia di calcolo è stata applicata solo alle stazioni di pianura che nel 2017 hanno presentato almeno il 90% di dati validi su base annuale

delle ipotesi ha comportato nel 2017 una giornata di superamento in più; anche in questo caso il fenomeno risulta ininfluente rispetto al già elevato numero totale di superamenti annuale<sup>53</sup>.

Per quanto i punti di misura delle aree vallive più prossime agli incendi (Susa, Ceresole e Oulx), come dettagliato nel capitolo dedicato al particolato, anche nel 2017 i valori limite sono stati rispettati. I dati mostrano però che gli incendi boschivi hanno contribuito a un peggioramento degli indicatori. In particolare:

- nella stazione di Ceresole per la prima volta da quanto il punto di misura di PM10 è operativo si sono verificati superamenti del valore limite giornaliero (sei giornate in tutto), tutti nel periodo interessato dagli incendi boschivi che hanno colpito la Valle Orco;
- nella stazione di Susa si sono verificati 27 superamenti del valore limite giornaliero, di cui 8 nel periodo degli incendi boschivi; nel precedente quinquennio il valore massimo su base annuale di questo indicatore era stato pari a 15;
- nella stazione di Oulx ben 5 degli 8 superamenti del valore limite giornaliero di PM10 si sono verificati nel periodo degli incendi. Nel caso di Oulx il numero totale di superamenti è comunque confrontabile con il valore massimo su base annuale di questo indicatore nel precedente quinquennio, che era stato pari a 7;
- le concentrazioni giornaliere di PM10 più elevate rilevate a Ceresole, Susa e Oulx nel periodo degli incendi sono state rispettivamente di 179  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 173  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e 82  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nel caso di Ceresole e Susa si tratta di valori del tutto anomali, in quanto nel quinquennio 2012-2016 i valori massimi erano stati rispettivamente pari a 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (marzo 2012) e 89  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (dicembre 2015); nel caso di Oulx il valore massimo nel periodo degli incendi – analogamente al numero di superamenti - è invece confrontabile con quello del quinquennio precedente (83  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , rilevato nel marzo 2012), presumibilmente perché la stazione, a differenza di Susa e Ceresole, si trova in un'area non immediatamente adiacente a quelle in cui si sono sviluppati i focolai più intensi.

Un discorso a sé merita la stazione di Pinerolo, l'unico punto di misura di pianura per il quale l'ipotesi di cui al precedente punto 2 potrebbe non essere conservativa. Si tratta, infatti, di una stazione che, pur non essendo ubicata in una zona valliva, si trova a breve distanza da alcune delle aree in cui si sono sviluppati i focolai più intensi e duraturi; di conseguenza a Pinerolo l'effetto degli incendi potrebbe essere stato significativo anche nei giorni precedenti a quelli più critici considerati dalla metodologia precedentemente descritta. Tale ipotesi è supportata dal fatto che Pinerolo è l'unico punto di misura oltre a quello di Susa - anch'esso relativamente prossimo agli incendi - in cui il numero di superamenti del valore limite giornaliero di PM10 è più che raddoppiato rispetto al 2016: nel 2017 si sono verificati a Pinerolo 40 giorni di superamento (di cui 8 nella seconda metà di ottobre) contro 15 nel 2016, a Susa 27 giorni di superamento (di cui 9 nella seconda metà di ottobre) contro 10 nel 2016. Nel caso di Pinerolo, a differenza di Susa, tale aumento ha fatto sì che il numero di giorni di superamento sia risultato nel 2017 maggiore del massimo consentito dalla norma (35 giorni per anno civile).

Pinerolo è quindi l'unico punto di misura in cui l'effetto degli incendi potrebbe avere effettivamente causato nel 2017 il superamento di uno degli indicatori di legge per il particolato atmosferico.

Va infine sottolineato che nei comuni in cui si sono sviluppati i focolai – tutti situati in zone montane e pedemontane – in base alla normativa vigente non sono presenti punti di misura fissi della rete di qualità dell'aria, in quanto si tratta di aree in cui in condizioni normali tutti gli indicatori di legge sono ampiamente rispettati.

Durante l'emergenza, allo scopo di valutare quantitativamente anche in tali zone la qualità dell'aria, Arpa Piemonte ha installato un campionatore trasportabile di PM10 nel centro abitato del Comune di Sparone in Valle Orco che, per la sua vicinanza ai focolai e per l'intensità degli stessi, è da considerarsi rappresentativo delle condizioni di inquinamento atmosferico più critiche che si sono verificate nel corso degli incendi boschivi.

Sono state misurate concentrazioni medie giornaliere molto elevate, sino a 280  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , ma l'analisi complessiva dei dati evidenzia che, in relazione alla breve durata del fenomeno, è da escludere su base annuale un superamento degli indicatori di legge.

<sup>53</sup> Fa eccezione la stazione di Pinerolo, di cui si discuterà in dettaglio nel seguito

## CONCLUSIONI

Gli incendi boschivi che nel mese di Ottobre 2017 hanno interessato gran parte delle aree montane e pedemontane della Città Metropolitana di Torino hanno provocato sia nelle zone immediatamente adiacenti ai focolai che nelle aree di pianura un aumento delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici. L'effetto più marcato si è verificato per PM10 e PM2,5 in termini di contributo sia primario (emissione diretta di polveri di combustione) che secondario organico (trasformazione in particolato di sostanze di natura organica emesse in origine in forma gassosa dai processi combustivi). Non si è invece rilevato un contributo significativo per quanto riguarda la componente inorganica del particolato secondario.

Nei giorni più critici dal 24 al 27 ottobre – in cui si sono raggiunti in molte aree valori di PM10 superiori a 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - si stima che in media il 43% del PM10 e il 48% del PM2,5 misurati nell'area urbana torinese siano da attribuire agli incendi boschivi.

La composizione del PM10 nell'area torinese nei giorni precedenti a quelli critici è risultata del tutto confrontabile con quella tipica stagionale, mentre nei giorni dal 24 al 27 ottobre si è osservato un brusco aumento - in termini sia assoluti che percentuali – della concentrazione dei traccianti della combustione di biomassa e del carbonio organico.

L'analisi complessiva dei dati evidenzia in ogni caso che in tutti i punti fissi di misura della rete di monitoraggio della Città Metropolitana di Torino il peggioramento degli indicatori nel 2017 rispetto al 2016 non è da attribuirsi agli incendi ma alla maggiore criticità delle condizioni meteorologiche descritta nel capitolo "Considerazioni sulle caratteristiche meteorologiche dell'anno 2017". Vi è un unico caso di superamento di un limite di legge in cui, in base ai dati disponibili, si può ipotizzare che nel 2017 in assenza degli incendi boschivi il limite stesso sarebbe stato rispettato. Si tratta del valore limite giornaliero di PM10 nella stazione di Pinerolo, l'unica di pianura ubicata immediatamente a ridosso dei focolai, che ha presentato nel 2017 40 giornate di superamento contro le 35 ammesse come massimo dalla normativa.

Nelle aree montane e pedemontane direttamente interessate degli incendi, le quali di norma presentano una elevata qualità dell'aria, nel corso dell'emergenza sono stati misurati elevati valori di particolato ma è comunque da escludere, in relazione alla breve durata del fenomeno, un superamento degli indicatori di legge.

Non si possono naturalmente escludere a priori effetti sanitari specifici legati ai valori di PM10 e PM2,5 anormalmente elevati - anche se limitati nel tempo - che si sono verificati nel corso dell'emergenza, ma la valutazione di tali effetti esula dagli obiettivi del presente studio.

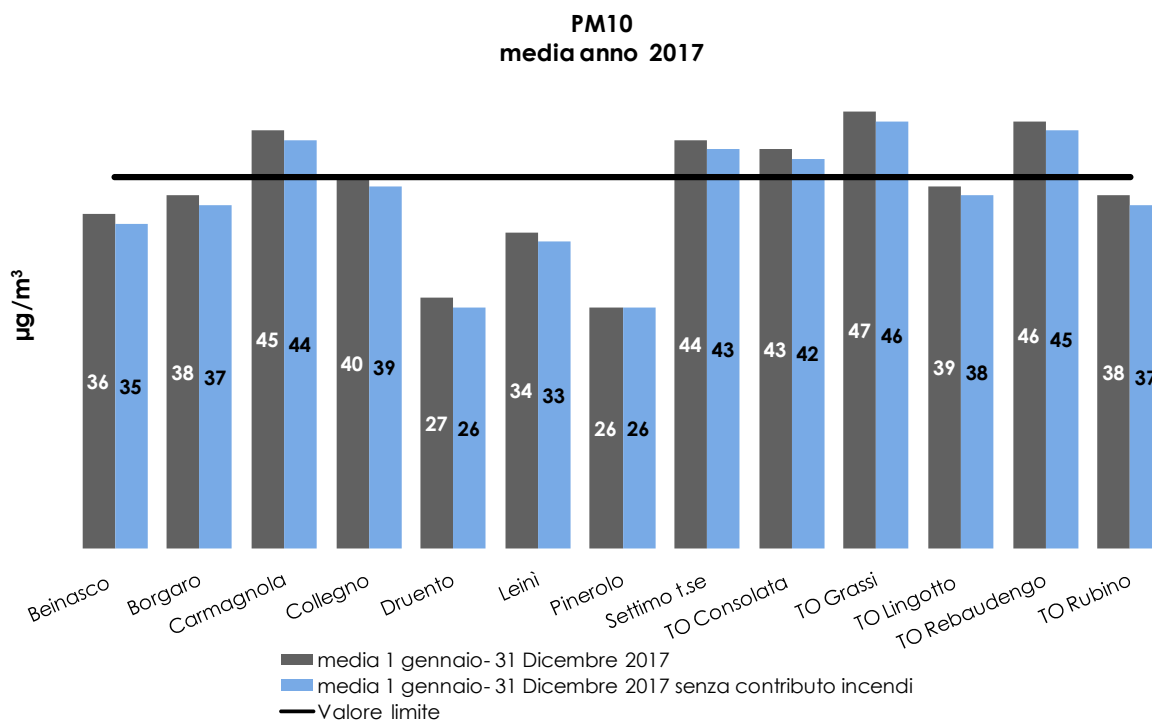


FIGURA 81: concentrazione media di PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) nel 2017 con e senza il contributo degli incendi.

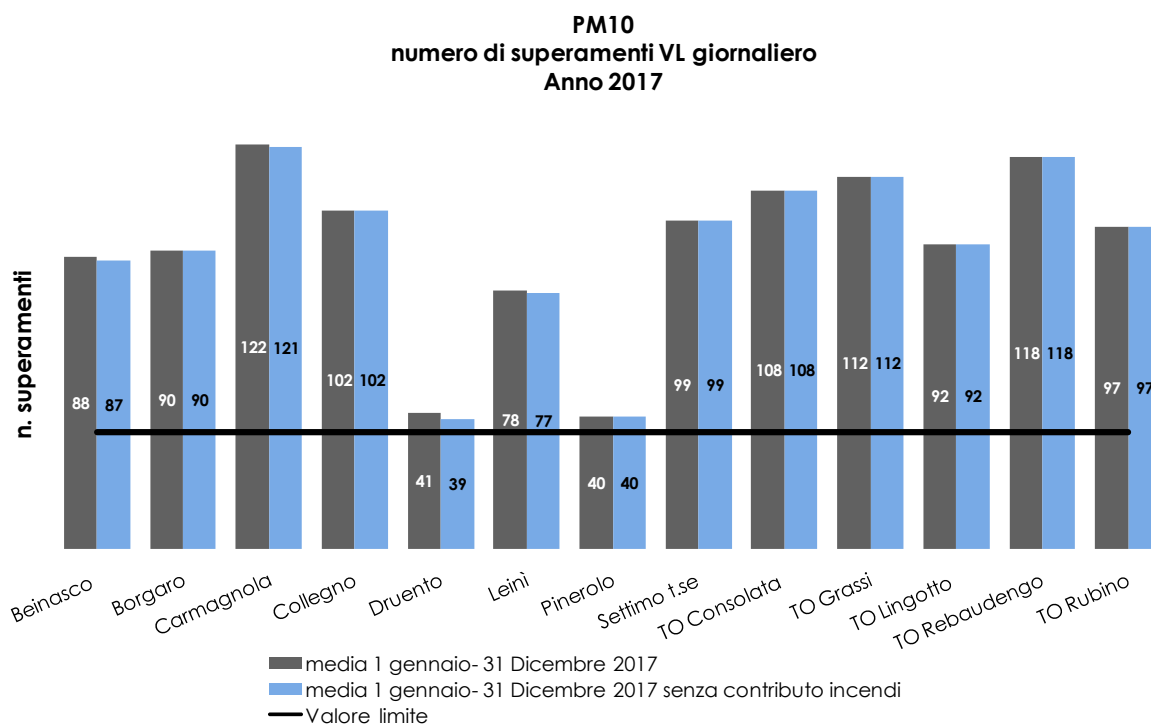


FIGURA 82: numero di superamenti del valore limite giornaliero di PM10 (50 µg/m<sup>3</sup>) nel 2017 con e senza il contributo degli incendi.

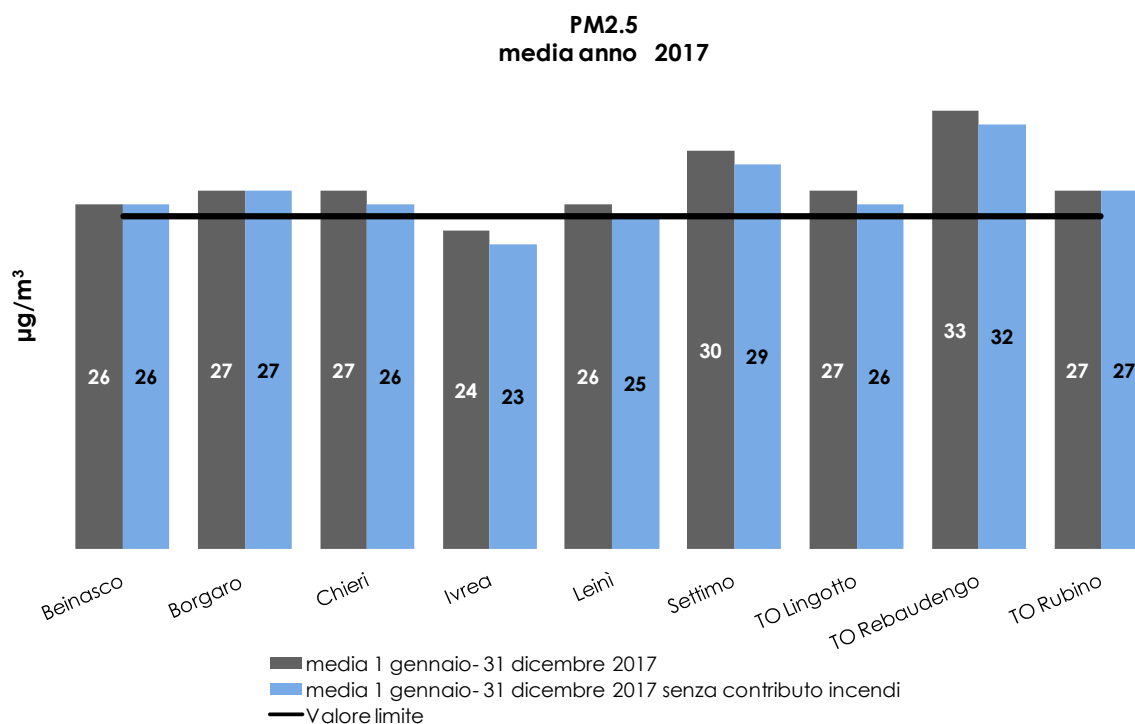


FIGURA 83: concentrazione media di PM2,5 (µg/m<sup>3</sup>) nel 2017 con e senza il contributo degli incendi.

## CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'ANNO 2017

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

**M. Nicolella, G. Paesano, 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 d'inquinamento atmosferico. A tal fine, oltre alla consueta analisi dei dati chimici rilevati nel corso del 2017, è stata svolta una breve caratterizzazione meteorologica dell'anno in esame, per dare una descrizione a grande scala del tempo meteorologico che ha caratterizzato il Piemonte nel corso di tutto l'anno.

Nella caratterizzazione dei vari periodi temporali del 2017 vengono descritti sommariamente i seguenti parametri meteorologici: andamento delle temperature, delle precipitazioni e dell'altezza del geopotenziale in relazione ai valori climatologici. L'altezza del geopotenziale<sup>54</sup> è un parametro meteorologico fondamentale per caratterizzare sinteticamente la configurazione meteorologica.

I valori climatologici presi come riferimento, per quanto riguarda i dati puntuali misurati a terra, sono relativi al periodo 2006-2015; invece per quanto riguarda i campi in quota, sono relativi al periodo 1971-2000 e derivano dalle ri-analisi (note come "archivio ERA40") del Centro Meteorologico Europeo di Reading (ECMWF). Questa climatologia di 30 anni viene utilizzata (spesso anche a livello internazionale) come termine di paragone per le analisi climatiche correnti e viene quindi usata qui per tracciare una valutazione delle anomalie e interpretare la fenomenologia del 2017.

Nel complesso si osserva come anche il 2017 (ormai come molti degli ultimi anni) sia stato un anno decisamente caldo: il terzo più caldo dell'intera serie storica di misure del Piemonte dal 1958 ad oggi, con un'anomalia media annua di oltre +1,5°C rispetto al trentennio di riferimento 1971-2000. L'anomalia termica positiva è stata distribuita lungo buona parte dell'anno, con poche fasi alterne e con davvero molti mesi rimasti dalla parte del segno "+": solo 3 mesi (gennaio, settembre e dicembre) hanno registrato un'anomalia termica mensile negativa, mentre il contributo maggiore all'anomalia positiva è stato dato dai mesi di marzo, giugno, agosto e ottobre.

Inoltre, dal punto di vista pluviometrico, il 2017 è stato un anno piuttosto secco: sono caduti circa 700 mm di precipitazione in Piemonte, con un deficit pluviometrico di 351 mm (pari al 33%) nei confronti della norma 1971-2000, e l'anno è risultato così il 4° più secco degli ultimi 60 anni.

### IL CLIMA DEL 2017

#### Gennaio

Il primo mese dell'anno è stato uno dei pochi mesi del 2017 a registrare un'anomalia termica mensile negativa: con circa 1°C in meno rispetto alla media del periodo 1971-2000, ha interrotto una sequenza di 15 mesi consecutivi (da ottobre 2015 a dicembre 2016) con temperature superiori alla norma. È risultato il 21° mese di gennaio più freddo nella distribuzione storica degli ultimi 60 anni.

Inoltre è stato un mese decisamente secco, con precipitazioni scarse o nulle: sono caduti appena 8,2 mm medi, con un deficit pluviometrico di 51,6 mm (pari all'86%) rispetto alla climatologia del periodo 1971-2000. Pertanto si colloca al 7° posto tra i mesi di gennaio più secchi nella distribuzione storica degli anni compresi tra il 1958 ed il 2017.

La situazione meteorologica a grande scala del mese di gennaio 2017 è stata caratterizzata da una vasta area depressionaria sull'Europa centro-orientale, mentre l'anticiclone delle Azzorre si è spinto a latitudini settentrionali (FIGURA 84 a sinistra). Pertanto si è registrata un'anomalia barica negativa (con corrispettiva anomalia termica negativa in FIGURA 85 a sinistra) su buona parte dell'Europa sud-orientale, Piemonte compreso, con i valori barici minimi tra la penisola balcanica, l'Italia meridionale e la Tunisia, mentre l'Europa settentrionale ha sperimentato valori di pressione al disopra della norma, con picco positivo a nordovest delle Isole Britanniche (FIGURA 84 a destra).

<sup>54</sup> <sup>54</sup> L'altezza di geopotenziale (qui espressa in decimetri) indica a quale altezza si trova un determinato valore di pressione atmosferica, che nelle mappe mostrate è la pressione di 500 hPa o millibar. In pratica tali mappe sono simili alle carte della pressione al suolo, ma si riferiscono ad una superficie in quota, a circa 5'500 metri. Le linee che uniscono punti di uguale valore di geopotenziale, dette isoipse, possono assumere la forma di "promontori" (simili a montagne) e di "saccature" (simili a valli): i "promontori" sono aree di alta pressione, mentre le "saccature" sono aree di bassa pressione. Il flusso dominante a grande scala è fondamentalmente governato da tale configurazione meteorologica in quota (sinottica), in quanto segue proprio le isolinee di geopotenziale (le "isoipse"), muovendosi da ovest verso est.



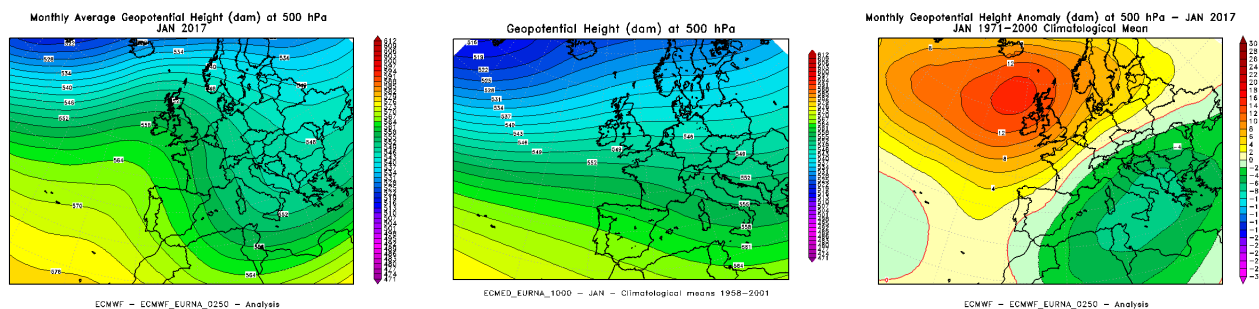


FIGURA 84: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di gennaio 2017 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra). [Nella mappa dell'anomalia (ultima figura a destra) la linea tratteggiata in rosso segna lo "0" e separa i valori di anomalia negativa (dal verde al blu-viola) da quelli positivi (dal giallo al rosso)].

In tale situazione il territorio piemontese è stato interessato da un flusso prevalentemente settentrionale (o altresì nord-orientale), come si deduce dall'orientazione delle isolinee di FIGURA 84 a sinistra (chiaramente ben più nordico del flusso medio, atteso dalla climatologia della mappa di FIGURA 84 al centro, che è tendenzialmente più occidentale oceanico): il flusso continentale da nord-nordest, freddo e secco, ha determinato temperature inferiori alla media (con un'anomalia termica negativa estesa a tutta l'Europa sudorientale in FIGURA 85 a sinistra) e precipitazioni davvero molto scarse.

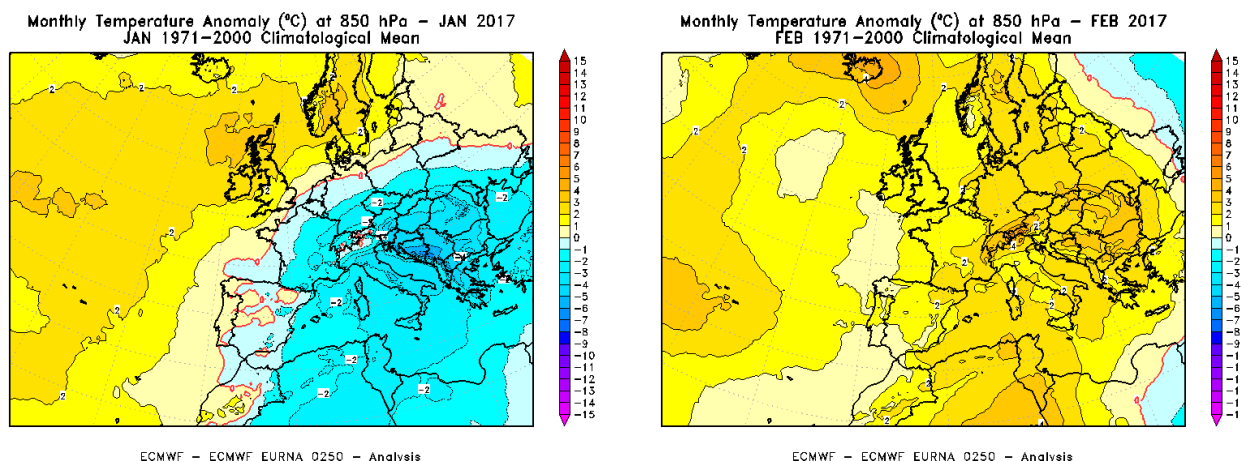


FIGURA 85: anomalia della temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota), rispetto al periodo climatico 1971-2000, del mese di gennaio 2017 (a sinistra) e febbraio 2017 (a destra).

**Febbraio**

Febbraio 2017 ha subito mostrato l'“impronta” calda che ha caratterizzato poi tutto l'anno, perché è nuovamente iniziata una sequenza di mesi con anomalia termica mensile positiva, che si è mantenuta fino ad agosto compreso. Notevole è la differenza col mese precedente, evidenziata in FIGURA 85 dove l'anomalia termica negativa di gennaio è stata totalmente ribaltata in anomalia positiva.

La depressione atlantica sul bordo occidentale dell'Europa (meglio visibile con l'anomalia negativa della FIGURA 86 a destra) è riuscita a portare finalmente una temporanea instabilità anche sul Piemonte, dopo l'aridità di gennaio. Tuttavia tali effetti hanno avuto breve durata, limitata alla prima parte del mese, perché successivamente l'alta pressione già presente sul nord della Scandinavia è scesa verso l'area balcanica andando ad interessare anche il Piemonte (con l'anomalia positiva nella FIGURA 86 a destra) e riportando così tempo stabile e mite oltre la norma. Particolarmente miti le temperature notturne, che hanno mantenuto il valore medio regionale delle temperature minime in pianura sopra 0°C per tutti i giorni del mese: ad esempio anche a Torino le minime non sono mai scese su valori uguali o inferiori a 0°C.

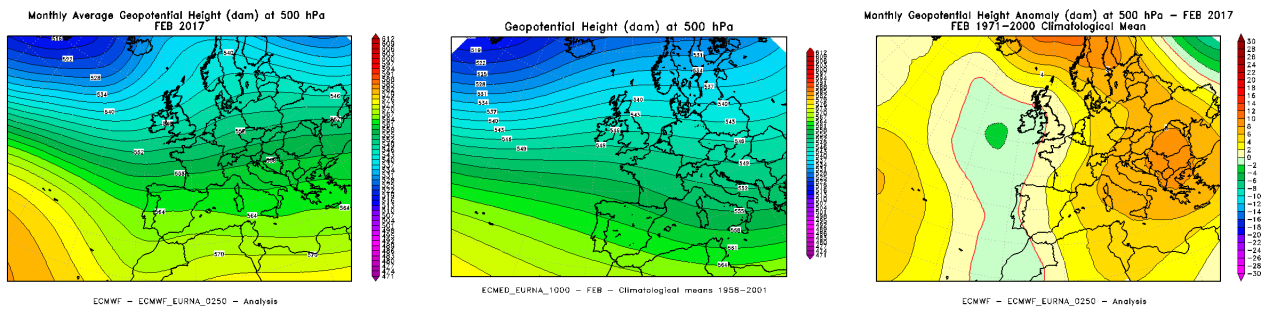


FIGURA 86: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di febbraio 2017 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Parallelamente la quota neve non è mai scesa sotto i 300-400 m, quota comunque toccata solo nel Cuneese, e già il 10 febbraio ha segnato l'ultimo episodio di neve a bassa quota della stagione invernale 2016/2017: nessun altro episodio dopo tale data. In tutto l'inverno 2016/2017 diverse località pianeggianti piemontesi, tra cui la città di Torino, non hanno mai registrato alcun episodio nevoso con almeno 5 cm di accumulo.

Le condizioni di stabilità atmosferica, soprattutto della seconda metà del mese, hanno favorito le situazioni di inversione termica e stagnazione dell'aria, con conseguenti episodi di nebbia, che sono risultati lievemente superiori alla norma climatologica.

**Marzo**

Il mese di marzo è stato quello con lo scostamento termico positivo mensile più alto di tutto il 2017: con un'anomalia di +3,8°C è risultato il terzo mese di marzo con le temperature medie più elevate degli ultimi 60 anni, ma soprattutto è stato quello in assoluto con i valori di temperatura minima più alti di tutta la serie storica.

La mappa dell'anomalia barica in quota di FIGURA 87 infatti mostra un'anomalia positiva (mappa al centro) sull'Europa centrale, col massimo localizzato proprio tra Alpi occidentali e nord della Svizzera. Naturalmente l'alta pressione ha favorito la stabilità atmosferica e le temperature superiori alla norma, in particolare quando aveva le caratteristiche di anticiclone africano, come si deduce dalla forma del promontorio sul Mediterraneo occidentale nella mappa a sinistra di FIGURA 87.

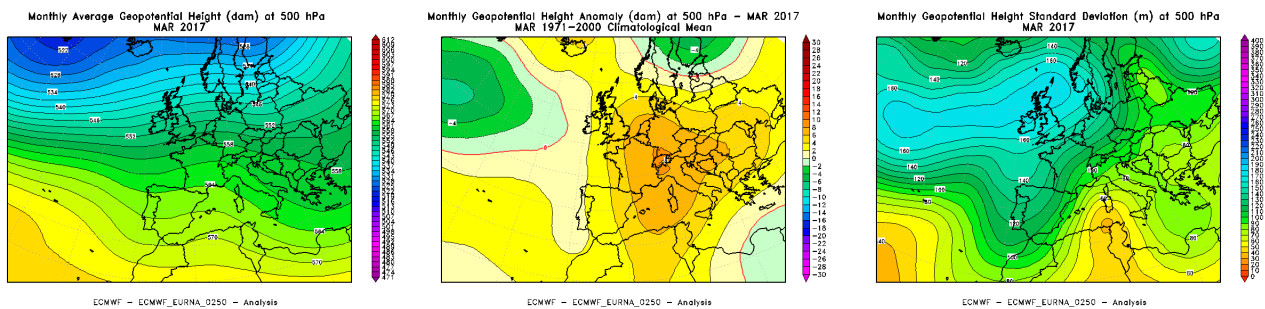


FIGURA 87: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di marzo 2017 (a sinistra), sua differenza rispetto al periodo climatico 1971-2000 (al centro) e sua variazione media mensile, rappresentata dalla sua deviazione standard (a destra).

Tuttavia le occasioni instabili non sono mancate del tutto nel corso del mese, perché l'alta variabilità del geopotenziale in quota, evidenziata nella mappa a destra di FIGURA 87 sull'Europa occidentale fino alla Penisola Iberica, indica che le basse pressioni sono transitate su quell'area e saltuariamente hanno interessato anche il Piemonte, nella prima e, soprattutto, nell'ultima decade del mese. Anche se non troppo frequenti, i passaggi instabili hanno provocato precipitazioni consistenti, tanto che il mese ha registrato un surplus precipitativo del 30% rispetto alla norma climatologica degli anni 1971-2000 (in particolare sulle zone montane e pedemontane alpine nordoccidentali, favorite dall'effetto orografico sotto il flusso instabile meridionale), risultando il 16° mese di marzo più ricco di precipitazioni degli ultimi 60 anni.

Il passaggio di perturbazioni sull'arco alpino, dove la direzione del flusso medio mensile (nella mappa a sinistra di FIGURA 87) è rimasta essenzialmente da ovest-nordovest, ha spesso generato anche condizioni di foehn, con venti di caduta dalle Alpi sul territorio piemontese, che hanno

caratterizzato quasi il 30% del totale dei giorni del mese (oltre ad un episodio, decisamente insolito, di vento forte nel Cuneese, con raffiche oltre i 135 km/h il 6-marzo-2017).

Tutta questa variabilità meteorologica (a partire dalla varianza del geopotenziale in quota mostrata nella mappa a destra di FIGURA 87) ha ovviamente favorito condizioni abbastanza dinamiche, favorevoli ad un certo rimescolamento dell'aria sulla regione, anche se non sono naturalmente mancate le occasioni nebbiose tipiche della stagione.

### Aprile e Maggio

I mesi di aprile e maggio, avendo avuto caratteristiche abbastanza simili, possono essere analizzati insieme. Entrambi sono stati ancora caratterizzati da una prevalente anomalia termica positiva di lunga durata, con una pressione in quota che si è mantenuta sopra la norma (mappa centrale di FIGURA 88) su tutto il lato occidentale dal Maghreb fino al nord Europa (tra Islanda e Mar di Norvegia), dove ha portato anche le temperature sopra la media (mappa a sinistra di FIGURA 89).

Sono stati però interrotti, tra la seconda metà di aprile e l'inizio di maggio, da una transitoria fase fredda (quando l'aria fredda presente sull'Europa orientale, nella mappa a sinistra di FIGURA 89, è penetrata sulla Pianura Padana), a seguito della discesa di aria polare dal nord-Europa (dall'area baltica, nella mappa a sinistra di FIGURA 89), che ha portato un temporaneo brusco calo termico con gelate tardive. Infatti l'anomalia termica positiva del bimestre è stata marcata per le temperature massime, ma più contenuta per le minime.

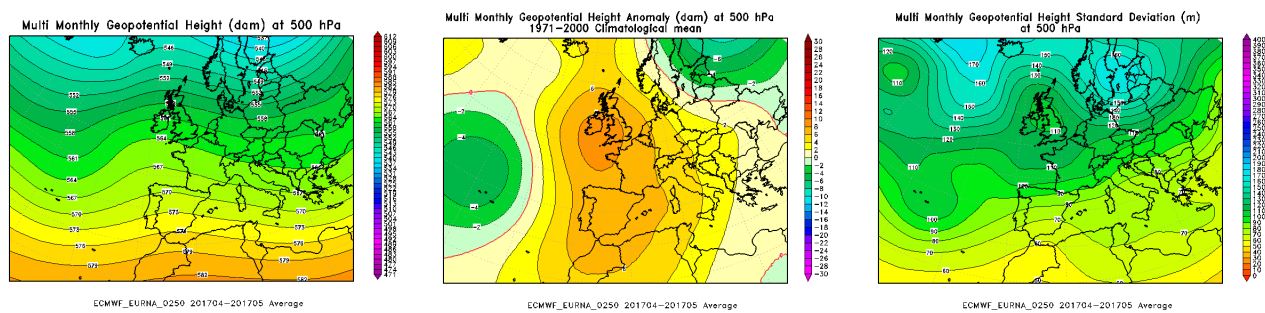


FIGURA 88: geopotenziale medio a 500 hPa del bimestre aprile-maggio 2017 (a sinistra), sua differenza rispetto al periodo climatico 1971-2000 (al centro) e sua variazione media bimensile, rappresentata dalla sua deviazione standard (a destra).

La pressione alta oltre la norma sul Piemonte (mappa al centro di FIGURA 88) con flusso continentale da nordovest (mappa sinistra di FIGURA 88) ha mantenuto una predominante stabilità atmosferica, con conseguente scarsità di precipitazioni (ben -47% ad aprile e -34% a maggio), rispetto alla tipica abbondante piovosità primaverile. Inoltre, come si può dedurre dalla mappa a destra di FIGURA 88, le perturbazioni al flusso medio dall'Atlantico sono transitate su latitudini più alte rispetto al mese di marzo (mappa a destra di FIGURA 87), quando interessavano l'Europa sudoccidentale ed in particolare la Penisola Iberica.

Un indice di tale predominante stabilità atmosferica è ben rappresentato dal numero di episodi di nebbia che, in particolare ad aprile, sono stati più frequenti della media climatologica (9 giorni contro 5, quasi il doppio).

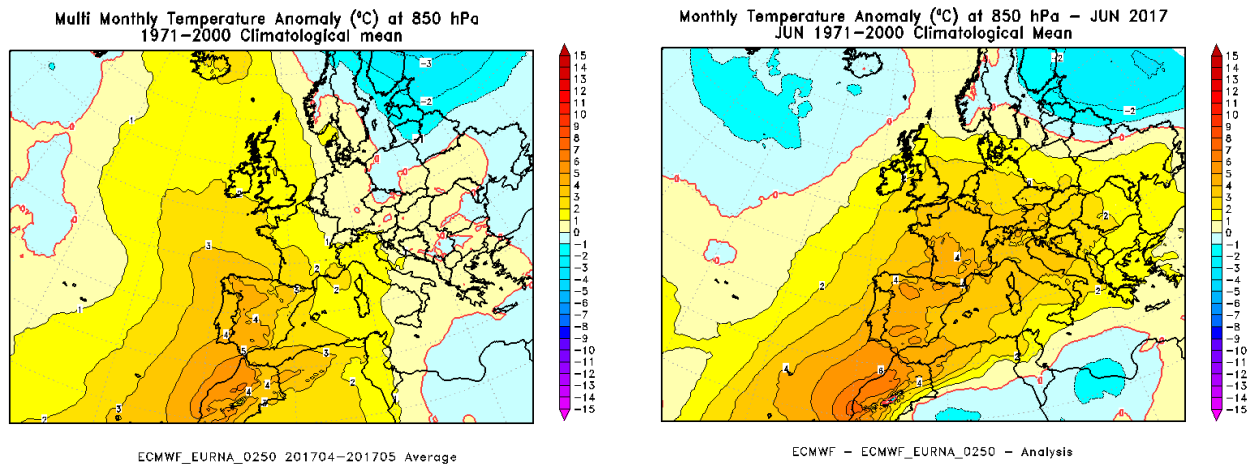


FIGURA 89: anomalia della temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota), rispetto al periodo climatico 1971-2000, del bimestre aprile-maggio 2017 (a sinistra) e giugno 2017 (a destra).

Tuttavia proprio ad aprile non sono mancati gli episodi di foehn (quasi il 30% del totale giorni del mese), perché la forma della pressione al suolo (nella mappa a sinistra di FIGURA 90), molto alta oltralpe e relativamente più bassa al sud delle Alpi (con l'accento del "naso del foehn"), è caratteristica dei venti di caduta dalla catena alpina alla Val Padana. Il corrispettivo disegno di maggio invece (nella mappa a destra di FIGURA 90) mostra una configurazione diversa: infatti gli eventi di foehn sono stati ben più rari (solo 3 giorni, cioè neanche il 10%) e, con una pressione al suolo generalmente inferiore. Anche gli eventi precipitativi sono stati lievemente maggiori del mese precedente, in cui il periodo di stabilità atmosferica aveva dominato ininterrottamente per una lunga parte del mese.

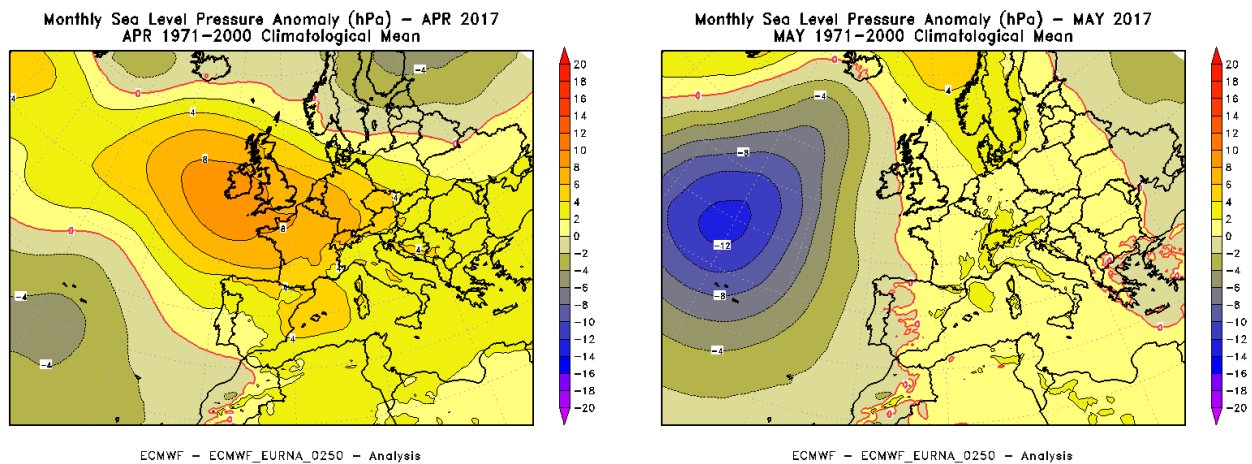


FIGURA 90: anomalia della pressione a livello del mare, rispetto al periodo climatico 1971-2000, di aprile 2017 (a sinistra) e maggio 2017 (a destra).

### Giugno

Giugno, come marzo, è stato tra i mesi dell'anno che hanno dato il maggiore contributo all'anomalia termica positiva dell'anno. Infatti, con una temperatura media mensile superiore di 3,7°C rispetto alla media climatologica degli anni 1971-2000 si pone al secondo posto dei mesi di giugno più caldi della storia degli ultimi 60 anni, dopo l'eccezionale 2003.

L'aria calda, proveniente dal nordovest africano (coste del Maghreb), ha interessato buona parte dell'Europa centrale (come mostrato nella mappa a destra di FIGURA 89) ed è stata associata ad un anticiclone (con caratteristiche africane) che da sudovest si è alzato fino all'alta Europa centrale, provocando un'anomalia barica positiva estesa (FIGURA 91 a destra). E' notevole infatti la differenza nella FIGURA 91 tra la configurazione media del 2017 a sinistra e la climatologia al centro.

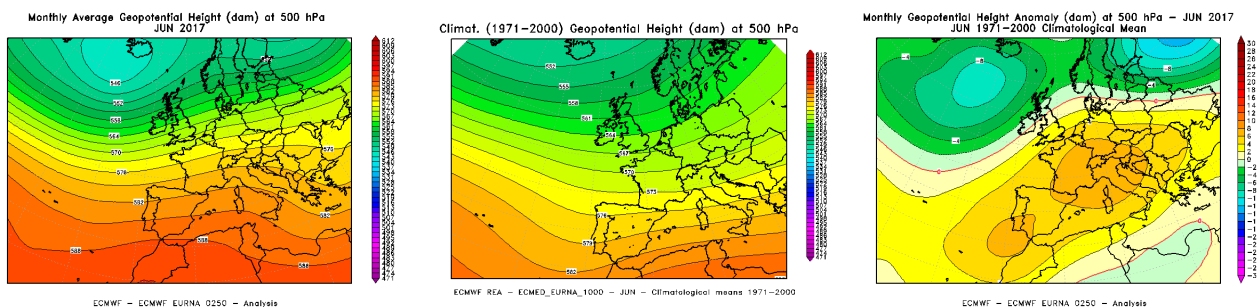


FIGURA 91: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di giugno 2017 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Come si osserva dalla mappa a sinistra di FIGURA 92 (le perturbazioni avanzano dall'Atlantico all'Europa occidentale fino al nordovest italiano, vedi l'area verde), l'alta pressione è stata talvolta scalfita dal veloce transito di aria fresca dall'Oceano che, scontrandosi con l'aria calda africana presente sul territorio piemontese, riusciva ad innescare rovesci e temporali anche localmente forti. Naturalmente, data la natura localizzata tipica delle precipitazioni convettive estive, la distribuzione spaziale delle piogge non è stata uniforme sulla regione: la disomogeneità territoriale è stata marcata, con un surplus pluviometrico sul settore settentrionale (pianure, dove l'energia potenziale convettiva è maggiore in estate, e zone alpine settentrionali, più facilmente toccate dall'aria fredda in quota in scorrimento a nord dell'arco alpino) ed invece un forte deficit sul resto della regione.

Ad ogni modo, giugno, con una precipitazione media mensile sostanzialmente in linea con la norma del periodo (ovvero appena -5% rispetto alla media climatologica degli anni 1971-2000), è risultato il mese estivo meno carente di precipitazioni di tutta l'estate 2017, che è stata una stagione complessivamente molto calda e secca.

Infatti a luglio e ad agosto (mappa a destra di FIGURA 92) le perturbazioni oceaniche (fermatesi sulla Francia) non sono riuscite a raggiungere l'arco alpino occidentale (come avvenuto invece a giugno nella mappa a sinistra di FIGURA 92), col risultato di precipitazioni ben inferiori.

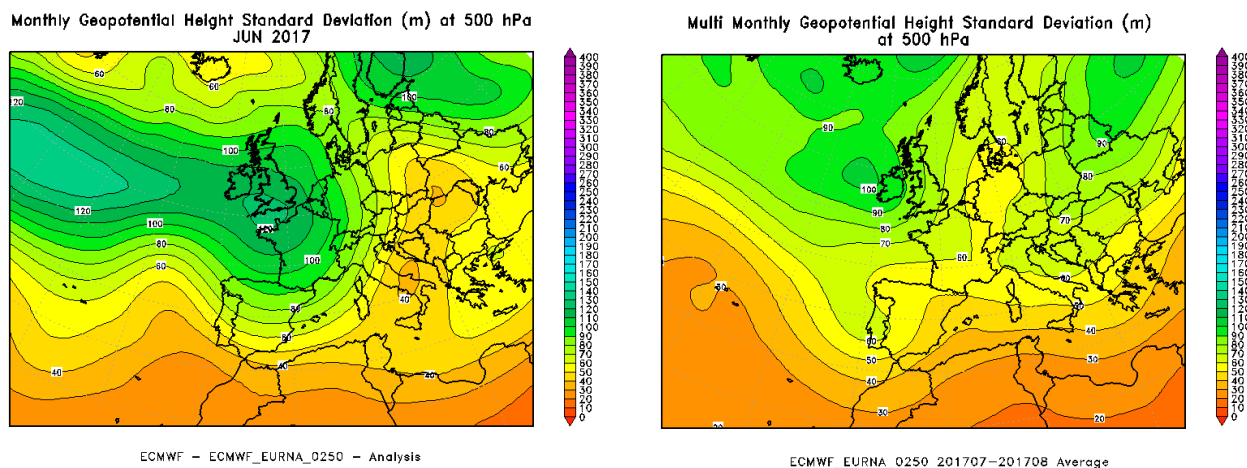


FIGURA 92: variazione media mensile del geopotenziale a 500 hPa (rappresentata dalla sua deviazione standard) nel mese di giugno 2017 (a sinistra) e nel bimestre luglio-agosto 2017 (a destra).

**Luglio-Agosto**

Luglio e agosto hanno avuto caratteristiche meteo-sinottiche abbastanza simili ed è quindi possibile descriverli insieme.

Entrambi i mesi sono stati caratterizzati da anomalia barica in quota positiva dal Mediterraneo occidentale all'Europa nord-orientale (FIGURA 94), grazie ad un anticiclone, spesso africano, eretto sul bacino del Mediterraneo e sull'Europa centrale (FIGURA 93) fino ai Balcani e, ad agosto, anche oltre, fino alle più alte latitudini dell'est-Europa (Russia).

Così i mesi di luglio e agosto hanno registrato temperature medie mensili superiori alla norma, e, come si deduce facilmente dal confronto delle rispettive mappe (FIGURA 93 e FIGURA 94), l'anomalia termica positiva di agosto (quando l'anticiclone africano è stato più forte ed esteso) è

stata più marcata. Così agosto è stato il secondo mese di agosto più caldo degli ultimi 60 anni, dopo l'eccezionale 2003, come già il mese di giugno. In tal modo l'estate 2017 ha ripetuto le analoghe caratteristiche di quella del 2003 (entrambe caratterizzate dai due mesi estivi più caldi della storia: giugno e agosto), rimanendo al secondo posto in classifica, dopo i record straordinari di quell'annata da primato.

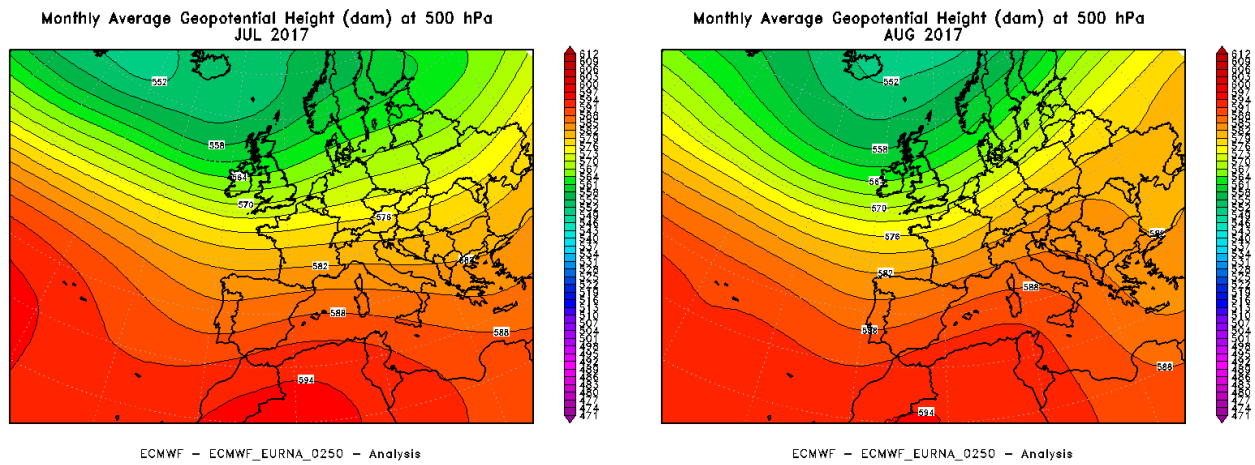


FIGURA 93: geopotenziale medio a 500 hPa di luglio 2017 (a sinistra) e agosto 2017 (a destra).

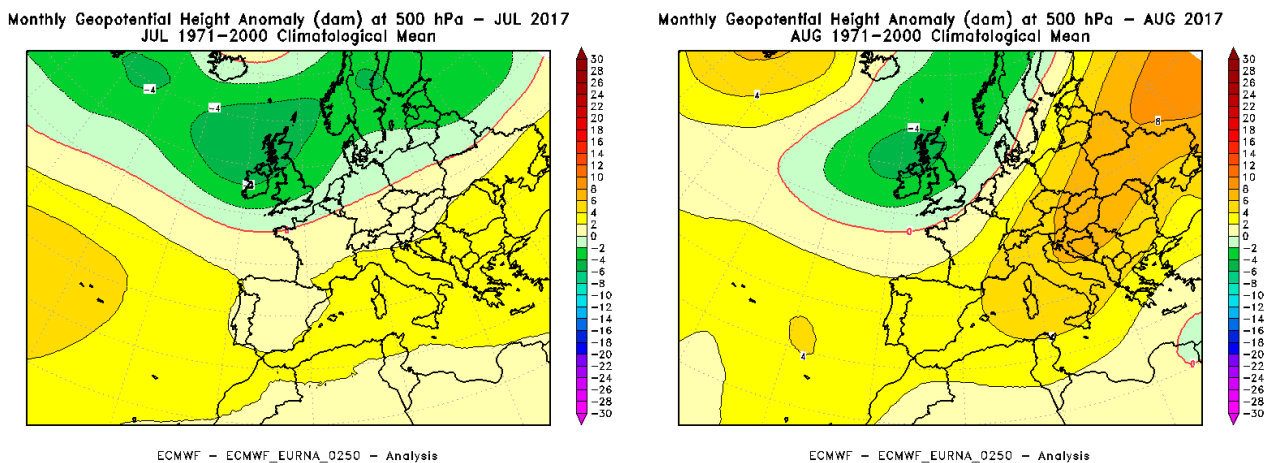


FIGURA 94: anomalia del geopotenziale medio a 500 hPa, rispetto al periodo climatico 1971-2000, di luglio 2017 (a sinistra) e agosto 2017 (a destra).

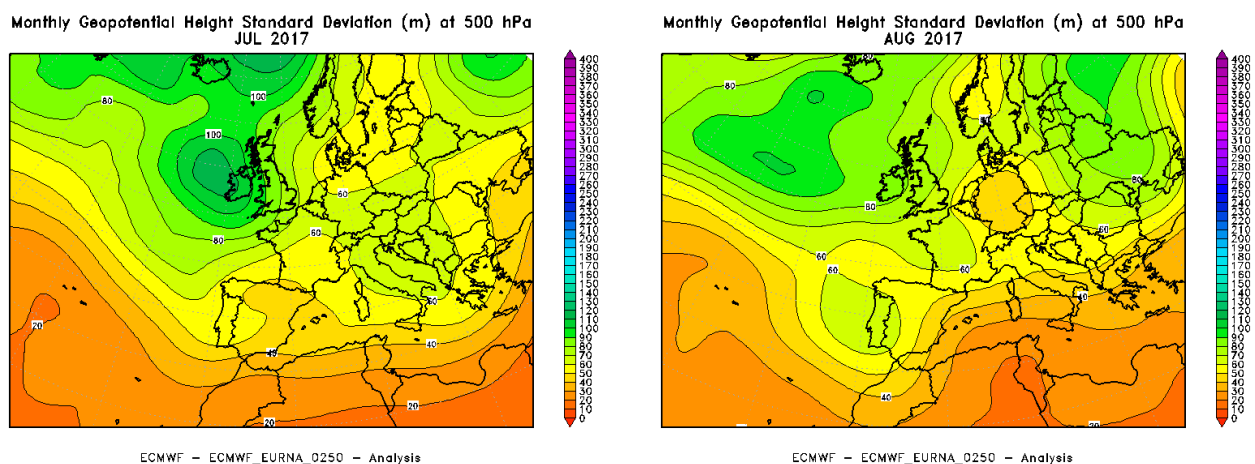


FIGURA 95: variazione media mensile del geopotenziale a 500 hPa (rappresentata dalla sua deviazione standard) nel mese di luglio 2017 (a sinistra) e agosto 2017 (a destra).

Come accennato prima, le perturbazioni al flusso medio in quota (FIGURA 92 e FIGURA 95) sono state poche sul nord-Italia, con conseguente scarsità di precipitazioni: entrambi i mesi hanno avuto

un deficit pluviometrico intorno al -30% (-27% a luglio e -31% ad agosto). I temporanei passaggi instabili, quando sono riusciti a raggiungere il Piemonte, hanno naturalmente innescato locali precipitazioni temporalesche con una distribuzione spaziale irregolare sul territorio (essenzialmente sulle zone montane e pedemontane alpine nordoccidentali e intorno all'area della collina torinese), lasciando la maggior parte della regione in deficit pluviometrico.

La differenza tra i due mesi, nella direzione presa dalle perturbazioni al flusso medio in quota (FIGURA 95), mostra che a luglio la variabilità (in area color verde) ha coinvolto parzialmente anche il Piemonte (quando invece ad agosto l'area perturbata in verde è rimasta più lontana sul versante oltralpe occidentale) e, soprattutto, a luglio le perturbazioni sono scese fino al lato adriatico italiano (quindi oltrepassando le Alpi fino al versante padano) e questo si è rivelato infatti in un relativamente maggior numero di episodi di venti di *foehn* (a luglio il doppio di agosto, 8 contro 4), quando i fronti perturbati (freddi da nord o nordest) riuscivano appunto a scavalcare l'arco alpino e scorrere lungo tutta la Val Padana.

Pertanto, con queste lievi differenze nelle caratteristiche meteo-sinottiche mensili, la qualità dell'aria potrà esser stata maggiormente avvantaggiata a luglio rispetto ad agosto, quando anche il caldo più marcato poteva favorire una maggior concentrazione di ozono nei bassi strati atmosferici.

### Settembre

Il mese di settembre, risultato fresco e secco, è stato il secondo mese dell'anno ad avere un'anomalia termica lievemente negativa, ed ha interrotto così una sequenza di 7 mesi consecutivi con temperature superiori alla norma.

Come si vede dalla mappa a sinistra di FIGURA 96 (in chiaro contrasto con la mappa climatologica al centro), la saccatura d'Islanda è stata ben più pronunciata verso sudest, con una bassa pressione anche polare in discesa dall'area scandinava fino al Mediterraneo centrale (mentre l'alta pressione saliva sulle alte latitudini del nord della Scandinavia e della Russia, in marcata anomalia barica positiva nella mappa a destra di FIGURA 96). Con una coerente anomalia barica negativa dal nord-Atlantico all'Europa centro-meridionale (nella mappa a destra di FIGURA 96), le correnti fresche oceaniche da nordovest hanno portato aria fredda verso il Mediterraneo occidentale, con una conseguente anomalia termica negativa su buona parte d'Italia e dell'Europa centro-(sud)occidentale (mappa a destra di FIGURA 97).

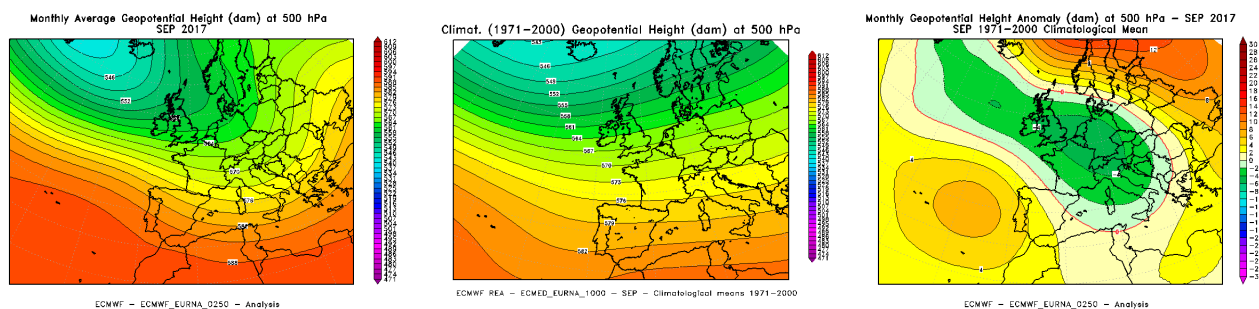


FIGURA 96: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di settembre 2017 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Il flusso medio orientato da nordovest sul Piemonte (mappa a sinistra di FIGURA 96), quindi tipicamente continentale, (fresco e) asciutto (rispetto al più mite e umido flusso marittimo da sudovest della mappa climatologica al centro di FIGURA 96), ha anche determinato una rilevante scarsità di precipitazioni sulla regione, che è stata molto marcata rispetto alle piogge attese per l'inizio dell'autunno. Con un deficit pluviometrico del -60% (pari a 60 mm in meno sulla norma), è risultato il 16° mese di settembre più secco nella distribuzione storica a partire dal 1958. Soltanto in due giorni del mese (ovvero l'1 e il 9 di settembre) la precipitazione media sulla regione è risultata superiore ai 5 mm: dopo il 9-settembre si sono registrate 21 giornate consecutive di pioggia media regionale inferiore alla soglia dei 5 mm.

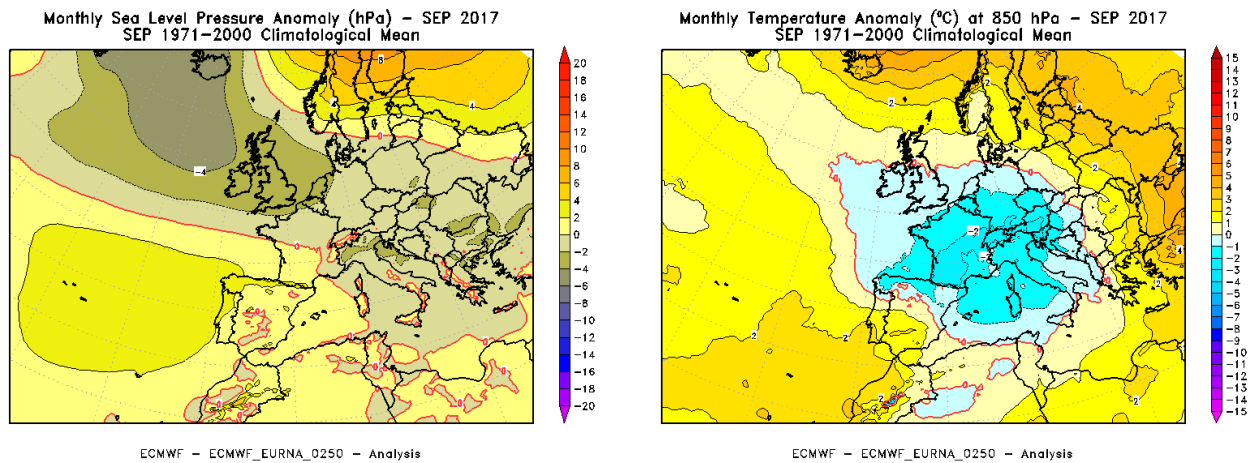


FIGURA 97: anomalia della pressione a livello del mare (a sinistra) e della temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota) (a destra) nel mese di settembre 2017 rispetto al periodo climatico 1971-2000.

Fortunatamente si sono verificati vari episodi di venti di foehn (7 giorni su 30, cioè il 23% del totale), saltuariamente favorevoli ad un certo rimescolamento dell'aria, grazie ad un gradiente barico a cavallo delle Alpi (con l'accento del "naso del foehn" nella mappa a sinistra di FIGURA 97), tra una pressione al suolo più alta oltralpe e più bassa sul versante padano (nella mappa a sinistra di FIGURA 97) e ad un flusso in quota nordoccidentale abbastanza spinto, come mostrato dalle linee fitte dal nord-Atlantico nella mappa a sinistra di FIGURA 96.

Infatti, pur con la prevalente stabilità atmosferica di un mese secco, il numero di giorni di nebbia di settembre è rimasto inferiore alla climatologia attesa (solo 3 invece che 7).

**Ottobre**

La scarsità di piogge di settembre è proseguita e si è accentuata nel mese di ottobre, in cui la quasi totale assenza di precipitazioni ha generato il mese di ottobre più secco di tutta la serie storica degli ultimi 60 anni, con una precipitazione media mensile di soli 3 mm, prevalentemente limitata ai rilievi. Il deficit precipitativo è stato del 98% rispetto alla norma del periodo 1971-2000.

Le precipitazioni sono state praticamente assenti sulla quasi totalità della pianura piemontese (dove si è registrato un unico giorno piovoso a Novara il 21 ottobre), sulle Alpi Cozie, Marittime e Liguri; ma anche sul resto dell'arco alpino e sul settore appenninico. Il marcato deficit è stato un evento raro, in quanto ottobre risulta essere il mese statisticamente più piovoso di tutto l'anno in Piemonte.

La siccità del mese di ottobre 2017 ha aggravato il deficit pluviometrico di un anno in cui le precipitazioni cumulate dal 1° gennaio sono rimaste costantemente inferiori alla norma e, a fine ottobre, il deficit da inizio anno è salito al 40%, con soli 534 mm totali (invece che quasi 900 mm come da climatologia) ed oltre 50 giorni consecutivi senza precipitazioni significative.

L'indice di siccità meteorologica SPI (Standardized Precipitation Index) ha raggiunto valori "estremi" (cioè il valore più grave, il 7' su una scala di 7) su tutti i bacini a sud del Po.

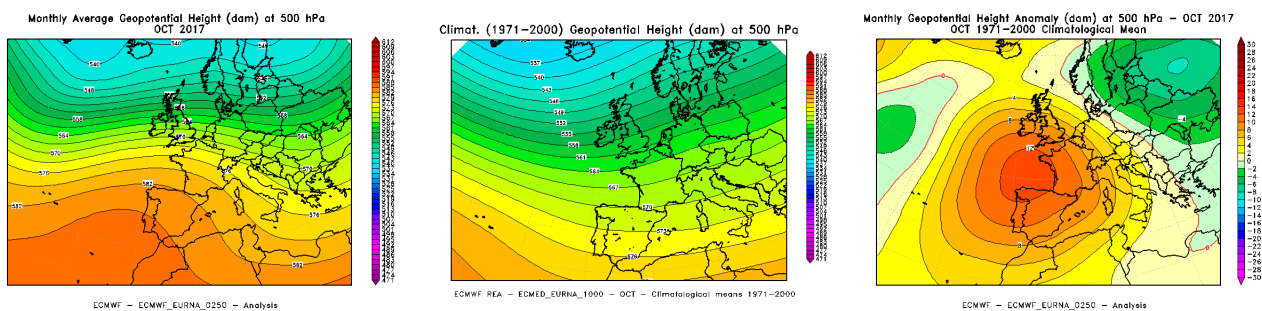


FIGURA 98: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di ottobre 2017 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

La grave situazione di persistente stabilità atmosferica è stata provocata da una pressione sopra la media su tutta l'Europa occidentale, sia in quota (FIGURA 98) sia al suolo (mappa a sinistra di



FIGURA 99), che ha completamente girato il flusso medio in quota sul Piemonte (mappa a sinistra di FIGURA 98) da nordovest (continentale asciutto), invece che da sudovest (umido marittimo) come atteso dalla climatologia della mappa al centro di FIGURA 98.

Le perturbazioni oceaniche sono rimaste lontane dal continente europeo, come si vede dalla mappa a destra di FIGURA 99, dove un "muro" stabile e irremovibile, eretto dalla Francia al Mare del Nord, ha bloccato la strada ai fronti atlantici verso l'Europa occidentale, impedendo così ogni occasione d'instabilità sul territorio.

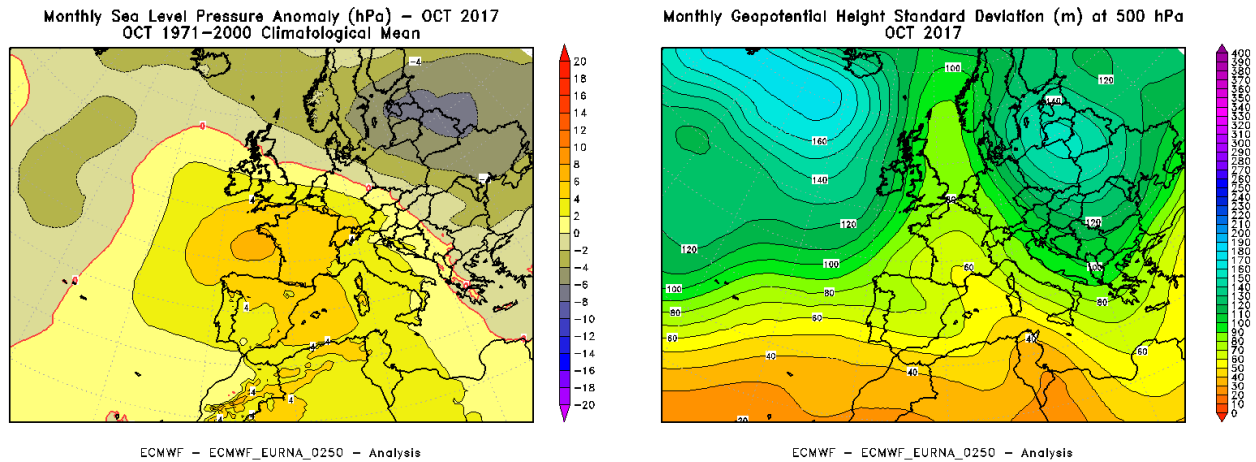


FIGURA 99: anomalia della pressione a livello del mare rispetto al periodo climatico 1971-2000 (a sinistra) e variazione media mensile del geopotenziale a 500 hPa (rappresentata dalla sua deviazione standard) (a destra) nel mese di ottobre 2017.

All'anomalia barica positiva in quota (mappa a destra di FIGURA 98) è stata associata una corrispondente anomalia termica positiva, evidente nella mappa a sinistra di FIGURA 100, che dall'Europa occidentale ha coinvolto nuovamente il territorio piemontese.

Ottobre 2017 è così risultato il secondo mese di ottobre più caldo a partire dal 1958 (inizio dei dati storici), con un'anomalia termica positiva di quasi 3°C (circa 2,9°C) nei confronti della climatologia recente degli anni 1971-2000.

L'anomalia termica è stata ancora maggiore per i valori massimi (ben +4,5°C oltre la media), per i quali ottobre 2017 è risultato quello più caldo in assoluto degli ultimi 60 anni, distanziando di 1,2°C ottobre 2001. Il fatto che ottobre 2017 si sia marcatamente distaccato dalla distribuzione storica degli altri mesi di ottobre, che sono invece tutti ravvicinati tra loro, indica quanto sia stata forte l'anomalia calda record di tale mese.

Il suolo secco ed il numero elevato di notti serene hanno determinato un'anomalia termica delle temperature minime molto inferiore.

Inoltre, uno sguardo più dettagliato alla mappa a sinistra di FIGURA 100 rivela come il caldo anomalo si sia localmente accentuato proprio sul versante italiano delle Alpi, rispetto alle zone oltralpe straniere. Questo è stato causato dall'ulteriore locale riscaldamento favonico, associato a venti di caduta dalle Alpi verso la Pianura Padana.

Infatti, con una pressione al suolo (mappa a sinistra di FIGURA 99) più alta oltralpe (lato francese e svizzero delle Alpi) e più bassa in Val Padana, si è nuovamente generato un gradiente barico a cavallo dell'arco alpino, che ha innescato forti ed estesi episodi di venti di foehn sul Piemonte. Sono stati registrati 8 giorni di foehn, rispetto ai 5 giorni attesi secondo la climatologia recente.

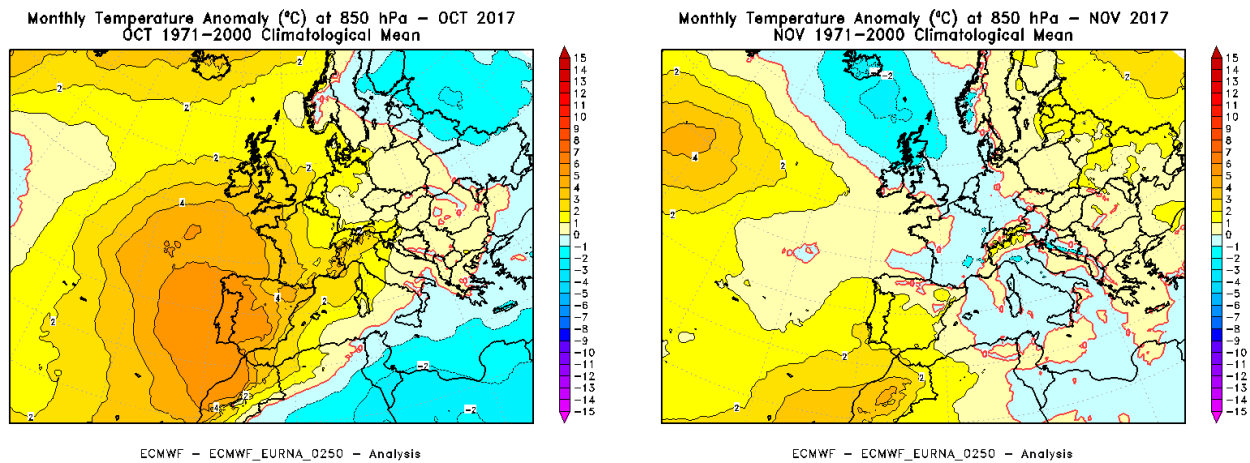


FIGURA 100: anomalia della temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota), rispetto al periodo climatico 1971-2000, di ottobre 2017 (a sinistra) e novembre 2017 (a destra).

Tutti questi fattori (clima secco, temperature miti e venti di foehn) hanno purtroppo contribuito a creare le condizioni favorevoli per la propagazione di incendi sui rilievi alpini nell'ultima decade del mese, quando si sono verificati i maggiori episodi di foehn con vento forte. I fumi degli incendi, sospinti dal vento, si sono estesi anche alle zone pianeggianti ed ai centri urbani, causando un notevole incremento dei livelli di inquinamento, già esistente a causa della situazione di stabilità anticiclonica presente fin da prima.

La strumentazione che produce le misurazioni di qualità dell'aria ha addirittura evidenziato criticità operative (con funzionamento in *tilt*) verosimilmente causate dall'inusuale quantità di materiale particolato presente in aria ambiente.

Pertanto, anche se i fenomeni nebbiosi (indice di inversione termica e quindi stagnazione dell'aria al suolo) sono risultati inferiori alla norma (nonostante la stabilità anticiclonica prevalente nel mese), solo grazie alla secchezza del suolo (che ha ridotto l'umidità negli strati inferiori dell'atmosfera) e agli eventi di foehn, in realtà la qualità dell'aria è stata pessima.

## Novembre

I venti di foehn hanno caratterizzato in maniera abbastanza rilevante anche il mese di novembre, risultato nel complesso non tanto lontano dalla sua normale climatologia, solo moderatamente più caldo e secco.

Dalla mappa a destra di FIGURA 100 si nota infatti come, all'interno di un'anomalia termica negativa estesa dall'Islanda al basso Mediterraneo centrale (Italia compresa), solo sulle Alpi e sulle zone pedemontane italiane si sia registrato un locale innalzamento delle temperature, con anomalia calda, verosimilmente associato proprio al riscaldamento locale per effetto favonico (cioè da compressione per venti di foehn).

Questo è confermato dalla forma della pressione al livello del mare (nella mappa a sinistra di FIGURA 101) che, come già in altri mesi precedenti, disegna valori barici più alti (oltre la media) sul lato franco-svizzero delle Alpi e più bassi (sotto la media) sul lato italiano. Il conseguente gradiente barico a cavallo delle montagne, sotto un flusso in quota da nordovest abbastanza sostenuto in quota, come mostrato dalle linee fitte dal nord-Atlantico nella mappa a sinistra di FIGURA 102, ha creato le condizioni di foehn, con 10 giorni occorsi nel mese, cioè il 30% del totale.

Come rappresentato dalla mappa a sinistra di FIGURA 102, il flusso medio in quota è stato orientato da nordovest, più inclinato lungo una direzione relativamente più settentrionale della climatologia della mappa al centro, a causa di un anticiclone delle Azzorre molto forte sull'Atlantico ed esteso fino alle più alte latitudini dell'Islanda e delle coste groenlandesi: più nordico (e quindi freddo in quota) e continentale il flusso, meno umida l'aria giunta così sul Piemonte.

In tal modo si spiega perché le precipitazioni, che comunque non sono mancate nel mese, grazie alle perturbazioni che hanno coinvolto anche il nordovest italiano (come evidenziato nella mappa a destra di FIGURA 101), alla fine il totale pluviometrico è rimasto lievemente inferiore alla norma climatologica (-11% rispetto alla media del periodo 1971-2000). Sotto il flusso da nord, le aree del basso Piemonte hanno visto le precipitazioni maggiori (in locale surplus pluviometrico), mentre a nord del Po si sono registrati i deficit più significativi.

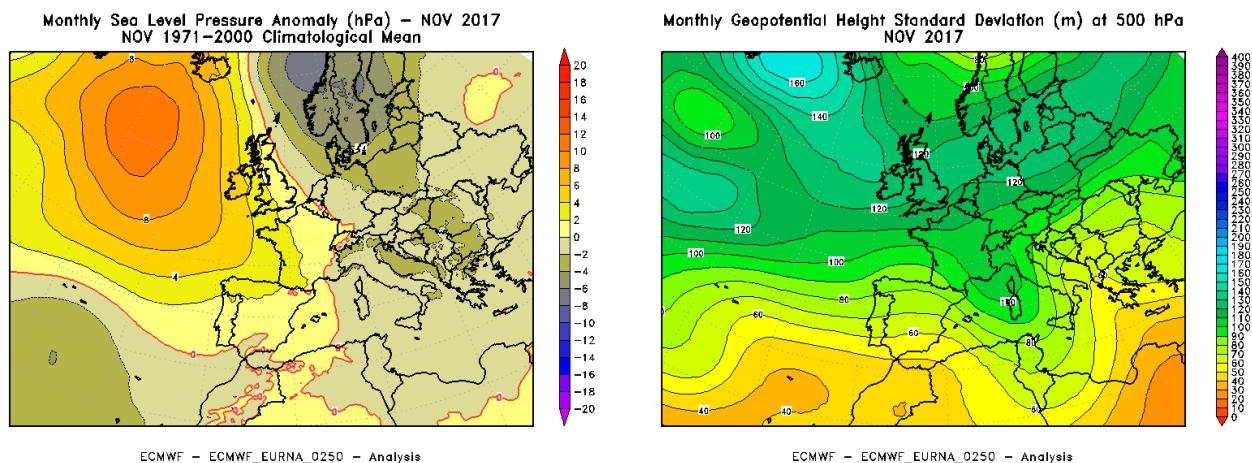


FIGURA 101: anomalia della pressione a livello del mare rispetto al periodo climatico 1971-2000 (a sinistra) e variazione media mensile del geopotenziale a 500 hPa (rappresentata dalla sua deviazione standard) (a destra) nel mese di novembre 2017.

Anche se il deficit pluviometrico medio regionale del mese non è stato particolarmente rilevante, si è comunque sommato a quelli di settembre e, soprattutto, ottobre 2017: così l'indice di siccità meteorologica SPI (Standardized Precipitation Index), calcolato sui tre mesi, indicava ancora una siccità da "moderata" a "estrema" (cioè tra 5 e 7 su una scala di 7) su tutti i bacini del Po (in particolare risultava "estrema" sui bacini dal Pellice alla Dora Baltea).

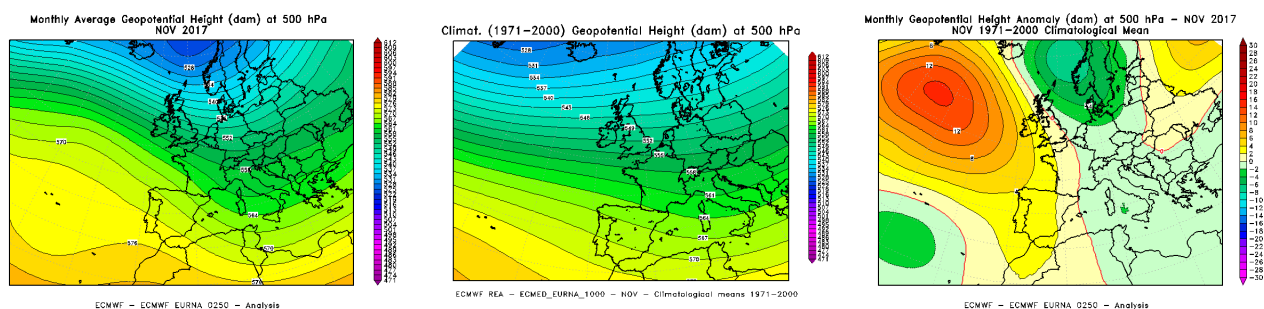


FIGURA 102: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di novembre 2017 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Tra venti di *foehn* e occasioni instabili con precipitazioni, i fenomeni di nebbia lievemente inferiori alla climatologia (16 giorni contro i 20 attesi per le nebbie ordinarie e 3 contro 4 per le nebbie fitte) confermano che anche la stabilità atmosferica (in termini di qualità dell'aria) è complessivamente rimasta abbastanza nella norma della stagione autunnale tipica del mese.

### Dicembre

Il mese in assoluto più ventoso dell'anno è stato dicembre; per quasi la metà dei giorni del mese sono soffiati venti di *foehn*: in 14 giorni su 31, ovvero oltre il 45% del totale.

La configurazione meteo-sinottica a grande scala mostra come il mese sia stato caratterizzato da anomalie molto marcate (mappa a destra di FIGURA 103 e mappe di FIGURA 104), così esagerate da far apparire quasi insignificanti quelle di tutti gli altri mesi. E' infatti notevole la differenza tra la mappa di dicembre 2017 (FIGURA 103 a sinistra) e la sua normale climatologia (FIGURA 103 al centro).

Con la bolla calda anticlonica salita dalle Azzorre alle più alte latitudini del nord-Atlantico (fino alle coste di Islanda e Groenlandia) e, viceversa, la discesa della saccatura polare dalla Scandinavia al Mediterraneo occidentale (nella mappa a sinistra di FIGURA 103), si sono create sia l'anomalia barica che quella termica (mappa a destra di FIGURA 103 e mappe di FIGURA 104), rispettivamente positive sul nord-Atlantico e negative sull'Europa sud-occidentale.

Il netto contrasto tra le due opposte strutture ha naturalmente generato forti venti nordoccidentali che, attraverso l'interazione con l'arco alpino, hanno interessato il Piemonte con condizioni di foehn in frequenti occasioni.

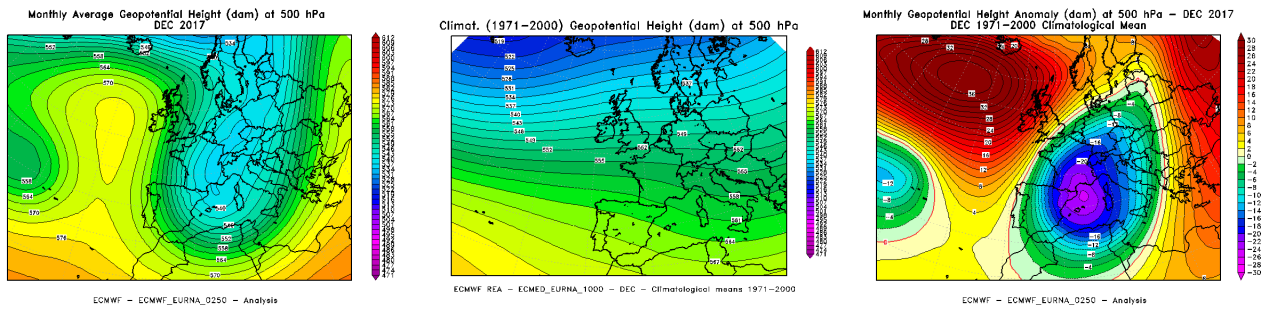


FIGURA 103: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di dicembre 2017 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Il Piemonte, trovandosi all'interno dell'anomalia (sia termica sia barica) negativa, ha complessivamente registrato temperature basse (solo localmente attenuate dall'effetto di riscaldamento favonico nelle vallate alpine più interne) e vari episodi di precipitazioni, con nevicate anche sulle zone pianeggianti.

Il mese ha registrato infatti un surplus pluviometrico (soprattutto sui rilievi) medio regionale del 42% (attorno ai +23 mm) rispetto alla media del periodo 1971-2000, ponendosi al 15° posto tra i mesi di dicembre più umidi degli ultimi 61 anni. Ha così interrotto una sequenza di 8 mesi consecutivi con precipitazioni inferiori alla norma.

Tuttavia, a fine 2017, il deficit pluviometrico annuo (cumulato nei mesi precedenti) è rimasto alto: 351 mm (pari al 33%) in meno nei confronti della norma 1971-2000, risultando il 4° anno più secco degli ultimi 60 anni.

Inoltre, con una temperatura media inferiore di circa 0,8°C rispetto alla climatologia del periodo 1971-2000, dicembre 2017 è stato il terzo ed ultimo mese dell'anno ad avere un'anomalia termica mensile negativa, in un anno pieno di mesi con anomalie calde e secche.

Così l'anno caldo e asciutto si è chiuso con un mese di dicembre freddo e umido.

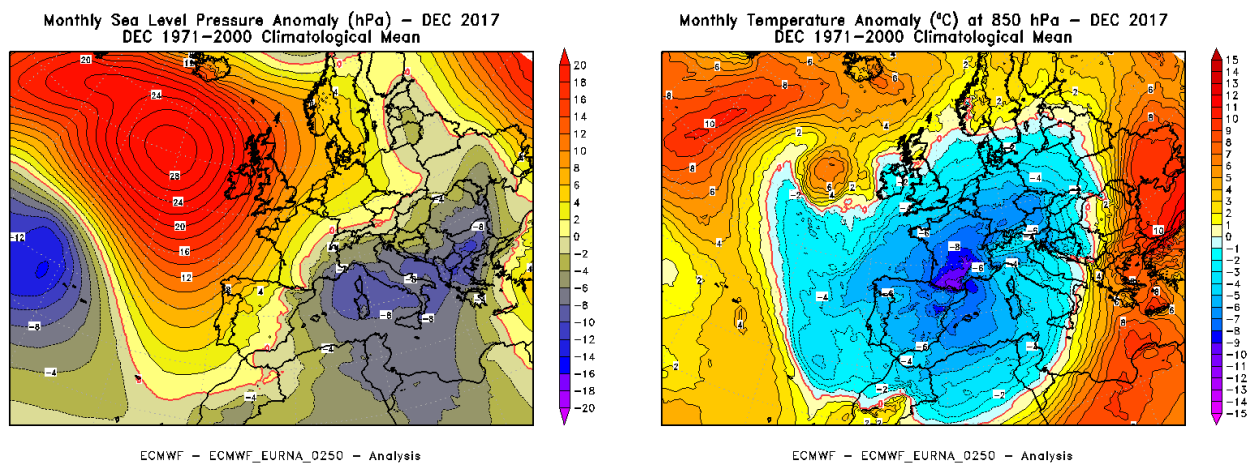


FIGURA 104: anomalia della pressione a livello del mare (a sinistra) e della temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota) (a destra) nel mese di dicembre 2017 rispetto al periodo climatico 1971-2000.

I frequenti episodi di foehn e l'andamento meteorologico dinamico del mese (a vari tratti instabile ovvero piovoso/nevoso) non hanno favorito la formazione delle nebbie, che sono rimaste ben inferiori alla media della climatologia recente: solo 11 giorni di nebbia ordinaria invece che 22 (cioè la metà) e nessun giorno di nebbia fitta, evento che finora era avvenuto solo nel 2010.

Questo dimostra come sicuramente le caratteristiche meteorologiche di dicembre 2017, che tra vento e precipitazioni hanno potuto facilmente smuovere l'aria fino agli strati bassi dell'atmosfera, ne hanno favorito la qualità dell'aria.

## I DATI METEO MISURATI NEL 2017

Al termine della caratterizzazione meteorologica, si è ritenuto interessante effettuare l'analisi dei dati meteorologici misurati dalle stazioni a terra nell'anno 2017, limitata all'andamento delle variabili meteorologiche maggiormente significative in rapporto al decennio precedente 2007-2016.

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 2017 per la stazione Torino-Giardini Reali risulta pari a 14,3 °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 2007-2016 (FIGURA 105). Si segnalano valori significativi di temperatura superiori alla media climatologica nei mesi di giugno (+2,6°C), marzo (+2,4°C), agosto (+1,7°C) e febbraio (+1,6°C). Le differenze negative maggiormente significative, rispetto alle relative medie del decennio precedente, si riscontrano nei mesi di gennaio (-1,6°C) e dicembre (-1,3°C).

Il valore più basso delle temperature medie mensili è stato registrato nel mese di gennaio ed è pari a 1,7 °C nel 2017 mentre è pari a 3,3°C nel decennio di riferimento. Il valore massimo è stato registrato nel mese di agosto e nel 2017 è di 25,3°C, invece è di 24,5°C nel mese di luglio nel decennio climatologico 2007-2016.

Dal confronto grafico fra l'andamento dei dati orari acquisiti nel corso del 2017 e l'intervallo di valori medi studiato a partire dai minimi e dai massimi assoluti registrati mensilmente nel decennio precedente (FIGURA 106), si osserva che a partire da maggio e fino a settembre i valori sono marcatamente spostati verso l'alto; si notino anche i superamenti dei massimi assoluti in molti giorni di febbraio e di ottobre (oltre la linea rossa dell'andamento dei massimi assoluti registrati mensilmente nel decennio 2007-2016). Sostanzialmente in tutti i mesi dell'anno si osservano picchi di temperature minime che superano i valori medi dei minimi assoluti registrati mensilmente nel decennio di riferimento (linea blu): soprattutto nel mese di gennaio si sono registrati valori di temperatura minima al di sotto dei -5°C (-6,4° C il 7 gennaio); anche a dicembre i valori di temperatura sono stati perlopiù inferiori a 0°C.

Per quanto riguarda le precipitazioni atmosferiche, l'analisi dei dati statistici evidenzia per l'anno 2017 (FIGURA 107) un totale di precipitazioni di 1062 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 63. Quindi il 2017 risulta piovoso come la media 2007-2016, in termini di precipitazioni totali (1062 mm contro 1063 mm di media), mentre il numero di giorni piovosi del 2017 è pari a 63 giorni contro 78 giorni di media).

Il 2016 si colloca al sesto posto tra gli anni più piovosi dell'ultimo decennio, dopo il 2010 (1352 mm), il 2014 (1309 mm), il 2011 (1196 mm), il 2008 (1166 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 (FIGURA 107) i valori più alti sono stati registrati nel 2011 (25,4 mm pioggia/giorno) e nel 2017 (16,9 mm pioggia/giorno), mentre il valore più basso è stato registrato nel 2008 (11,3 mm pioggia/giorno). Nel 2017 l'intensità giornaliera media è risultata superiore a quella del decennio (16,9 mm pioggia/giorno contro una media di 14,2 mm pioggia/giorno).

L'analisi della distribuzione annuale delle precipitazioni nell'ambito dei vari mesi può inoltre essere utilizzata per definire il *regime pluviometrico* di un'area geografica. Nello studio climatologico della Regione Piemonte<sup>55</sup>, l'andamento di tale distribuzione per il Piemonte risulta bimodale con i massimi localizzati in primavera ed in autunno. In base alla collocazione nell'anno del minimo principale, del massimo principale e del massimo secondario, si possono distinguere nella nostra regione cinque tipi di regime pluviometrico, dei quali quattro di tipo "continentale" (minimo principale in inverno) ed uno di tipo "mediterraneo" (minimo principale in estate):

<sup>55</sup> "Precipitazioni e temperature" - Collana studi climatologici in Piemonte - Regione Piemonte: Direzione dei Servizi Tecnici di Prevenzione - Settore Meteoidrografico e Reti di Monitoraggio; Università degli Studi di Torino: Dipartimento di Scienze della Terra.

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

Sempre secondo tale studio, il regime pluviometrico prealpino è il più diffuso in Piemonte, anche se quello attribuito all'area del capoluogo torinese risulta continentale alpino (Mennella, 1967; Biancotti, 1996) <sup>56</sup>.

Nel grafico illustrato in FIGURA 108 è riportato il confronto tra l'andamento delle precipitazioni totali mensili per il 2017 e le precipitazioni medie mensili (media delle sommatorie mensili) del decennio 2007-2016. Il profilo del 2017 si discosta dal regime pluviometrico "continentale alpino" in quanto il massimo principale è stato registrato a giugno (115 mm), mentre quello secondario a maggio (62 mm), e il minimo principale si registra a ottobre (0 mm). Il decennio di riferimento rientra invece nel regime pluviometrico subcontinentale.

Un'ulteriore elaborazione è stata effettuata aggregando gli stessi dati di precipitazione su base trimestrale. Nella FIGURA 109 sono riportati, per ogni trimestre, gli istogrammi relativi alla quantità di pioggia misurata nei diversi anni, e per ogni grafico viene segnalato il valore medio di precipitazione per il decennio. Dall'esame dei grafici spicca che in tutti i trimestri del 2017 le precipitazioni sono inferiori alla media climatologica soprattutto nel quarto trimestre (quando risultano inferiori del 72,5%).

Va comunque sottolineato che le osservazioni sopra riportate sulle caratteristiche di piovosità relative all'anno 2017 devono essere valutate alla luce delle seguenti considerazioni:

- l'arco temporale (decennio 2007-2016) utilizzato per il confronto risulta comunque ridotto;
- la rappresentatività spaziale è limitata all'area metropolitana.

<sup>56</sup> Mennella C. (1967) - Il clima d'Italia. Vol. I, ed. E.D.A.R.T., Napoli. 1, pp. 157-178.

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

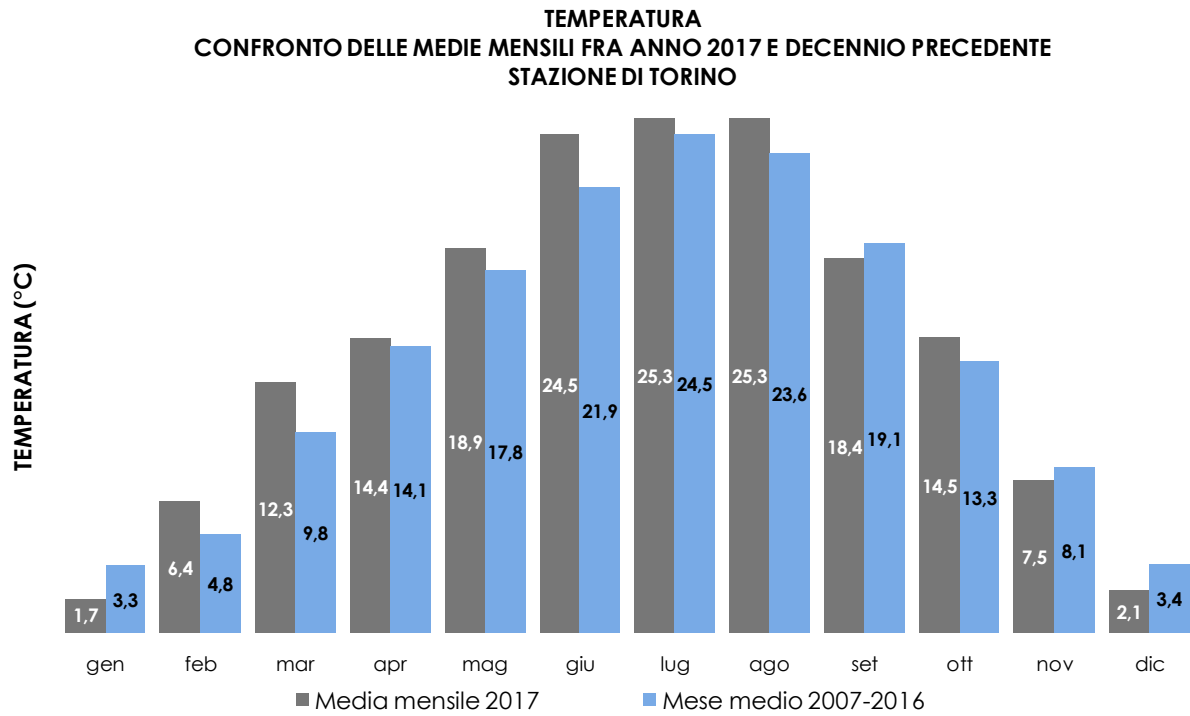


FIGURA 105: temperatura: valori medi mensili per l'anno 2017 e per il decennio 2007÷2016 per la stazione di Torino.

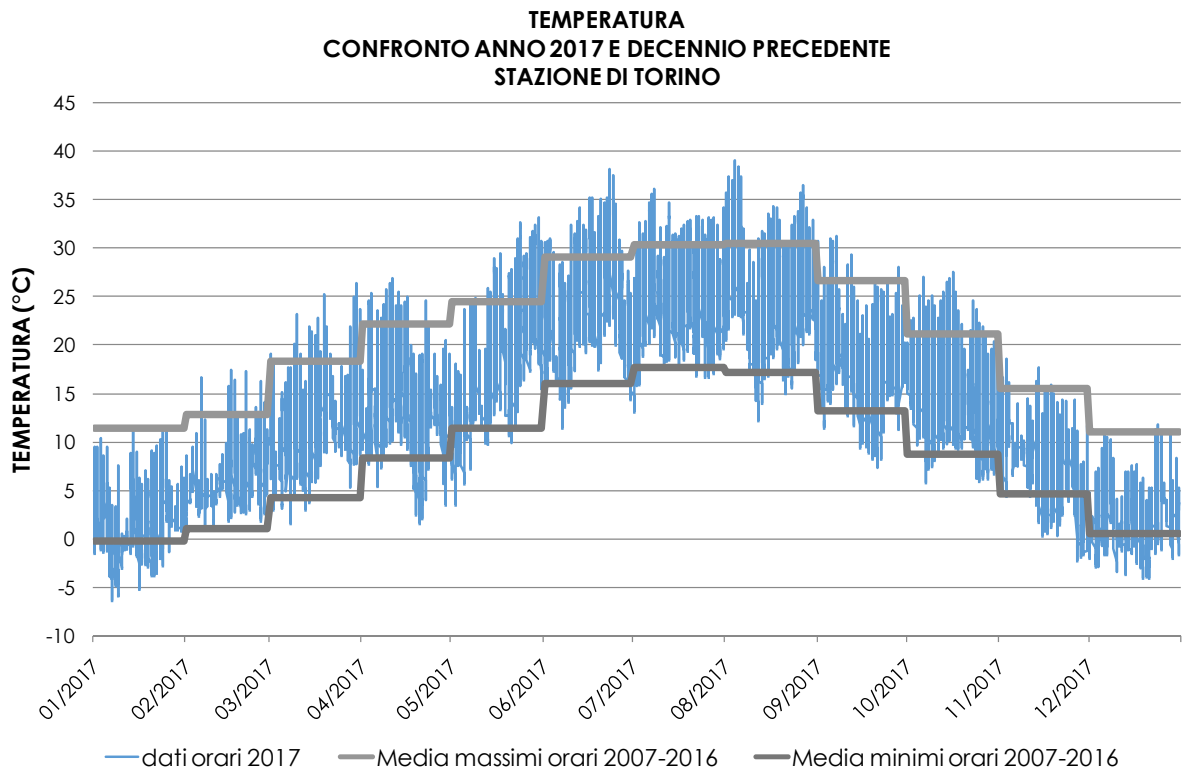


FIGURA 106: temperatura: valori orari per l'anno 2017 e medie dei minimi e dei massimi assoluti registrati nel decennio 2007÷2016 presso la stazione di Torino.

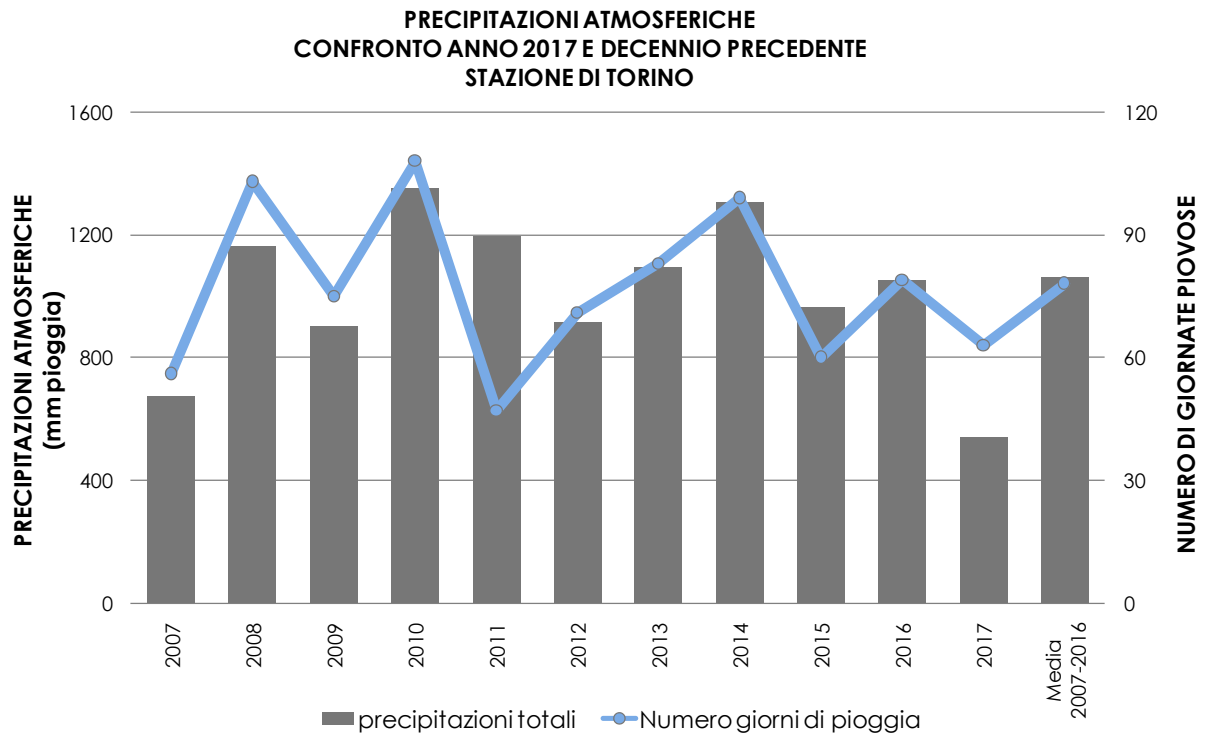


FIGURA 107: Precipitazioni atmosferiche: sommatorie annuali e media del decennio in termini di quantità di precipitazioni e di numero di giornate piovose per la stazione di Torino.

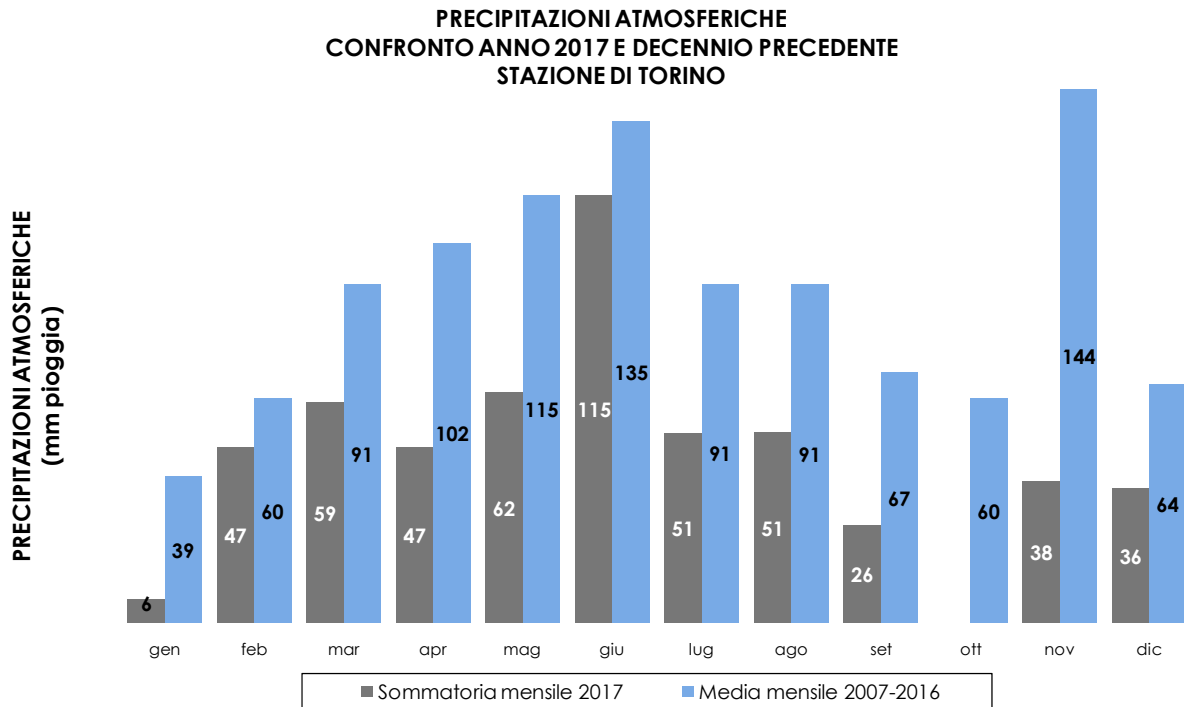


FIGURA 108: precipitazioni atmosferiche: sommatorie mensili per l'anno 2017 e medie mensili relative al decennio 2007-2016 per la stazione di Torino.



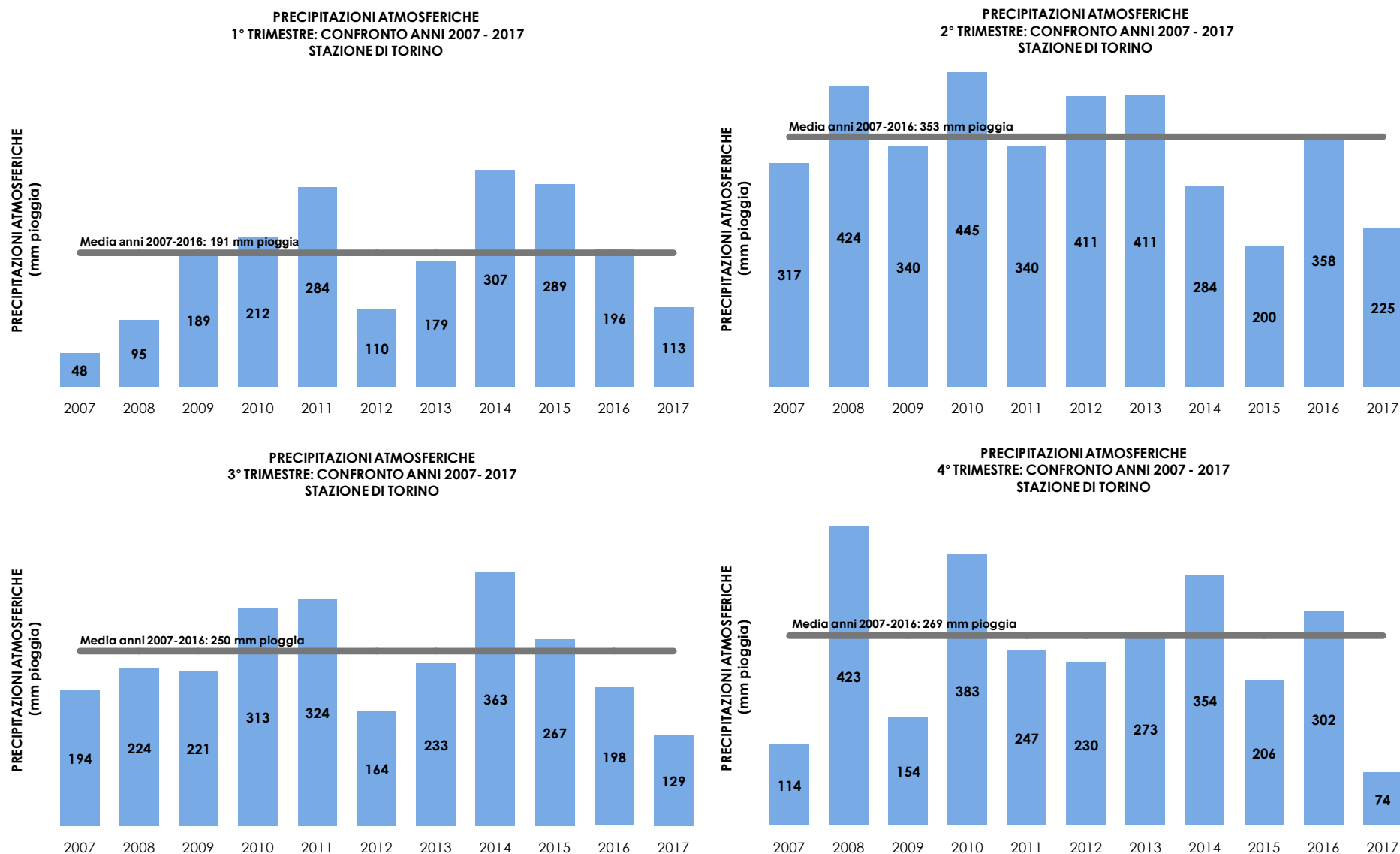


FIGURA 109: precipitazioni atmosferiche: sommatorie trimestrali relative al periodo 2007÷2017 per la stazione di Torino.

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

Il 2017 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 2017 è stato pari a 119 giorni, più alto rispetto all'anno precedente. Analizzando l'andamento mensile si osserva che le occorrenze del semestre freddo sono in linea con quanto osservato nel decennio di riferimento; più in dettaglio si nota che i mesi di gennaio e di ottobre si collocano sui valori superiori della distribuzione del periodo 2006-2016, i mesi di febbraio e novembre si attestano sulla mediana della distribuzione, mentre marzo e dicembre sono prossimi ai valori più bassi della distribuzione.

La piovosità media del 2017 risulta essere al di sotto della media del periodo 2006-2017 sia per il numero di giorni piovosi (63 contro 76 di media) sia, in modo molto marcato, in termini di precipitazioni totali (540 mm contro 1062 mm di media). Ottobre è stato il mese più secco, senza nessun giorno di precipitazione.

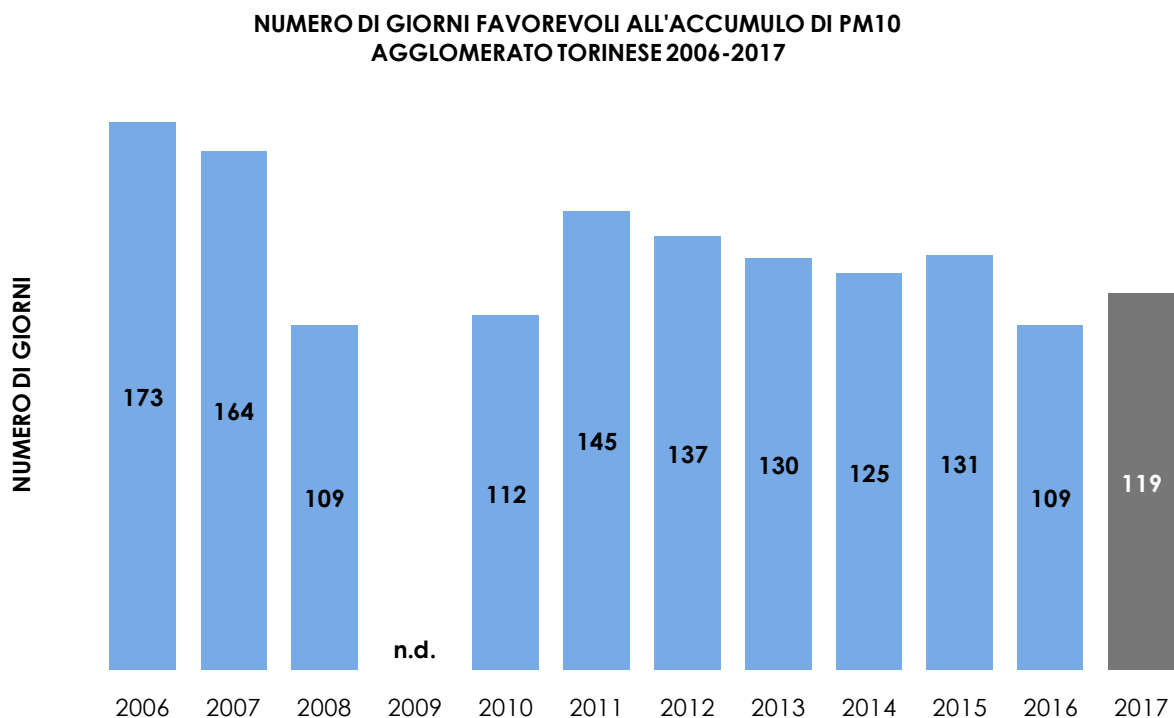


FIGURA 110: numero di giorni favorevoli alla formazione di particolato PM10 - confronto su base annuale tra gli anni 2006-2015 (in blu) e l'anno 2017 (in grigio).

**NUMERO DI GIORNI FAVOREVOLI ALL'ACCUMULO DI PM10  
AGGLOMERATO TORINESE  
CONFRONTO ANNO 2017 CON ANNI 2006-2016**

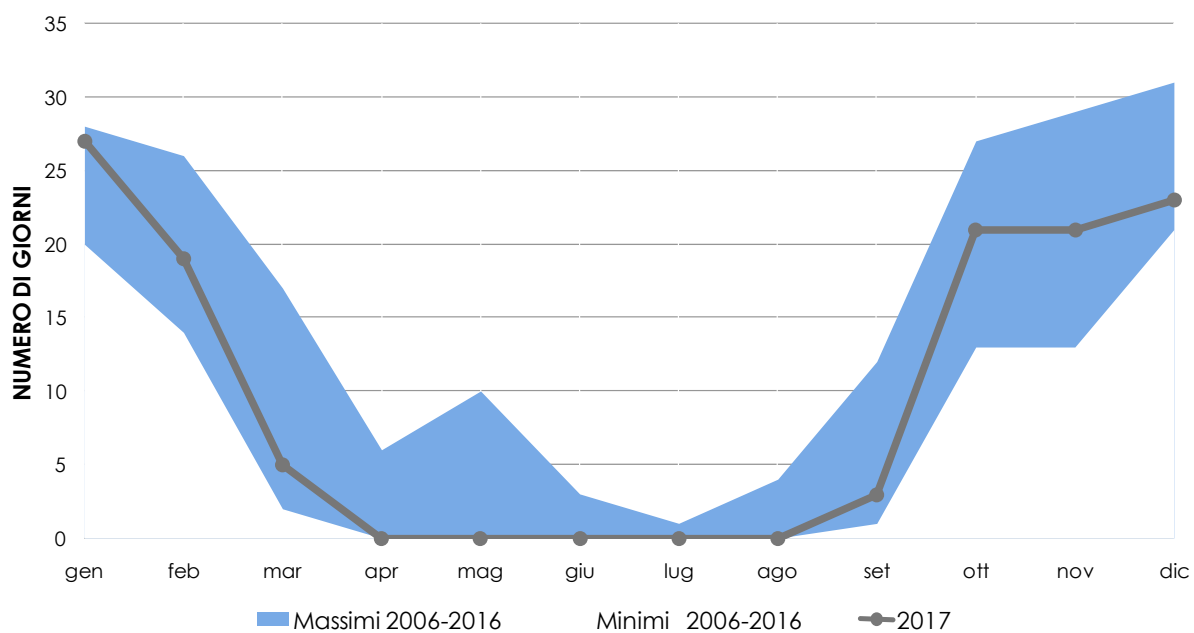


FIGURA 111: numero di giorni favorevoli alla formazione di particolato PM10 - confronto tra l'andamento mensile del 2017 (linea grigia) ed i valori massimi e minimi mensili del periodo 2006-2016 (banda blu).

## EMISSIONI INQUINANTI DEI VEICOLI A MOTORE

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

A. Bertello, F. Fracassi, Città metropolitana di Torino.

### I LIMITI DI EMISSIONE DEI VEICOLI A MOTORE

I veicoli a motore sono ritenuti tra i maggiori responsabili dell'inquinamento atmosferico presente nelle aree urbane. In particolare, il censimento delle emissioni relativo all'anno 2013 redatto dalla Regione Piemonte secondo la metodologia Corinair, stima che il traffico contribuisca nella città di Torino alle emissioni di particolato primario (PM10) per il 64% e alle emissioni di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) per il 49%.

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

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

| DIRETTIVA DI RIFERIMENTO              | CO<br>(g/km) |        | NO <sub>x</sub><br>(g/km) |        | HC+NO <sub>x</sub><br>(g/km) |            | HC<br>(g/km) | PM10<br>(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 32: limiti di emissione fissati dalle direttive europee per autovetture benzina e diesel.

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

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

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

Per comprendere l'impatto del traffico veicolare sulla qualità dell'aria è utile riportare anche un confronto tra i limiti delle emissioni di diverse tipologie di veicoli quali autovetture, ciclomotori,

motocicli, e mezzi commerciali diesel di massa compresa tra i 1760 kg e i 3500 kg. Si è scelto per brevità di riportare in FIGURA 112 i limiti previsti per la somma di idrocarburi incombusti (HC) e ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), che rappresentano una delle principali criticità in ambito urbano.

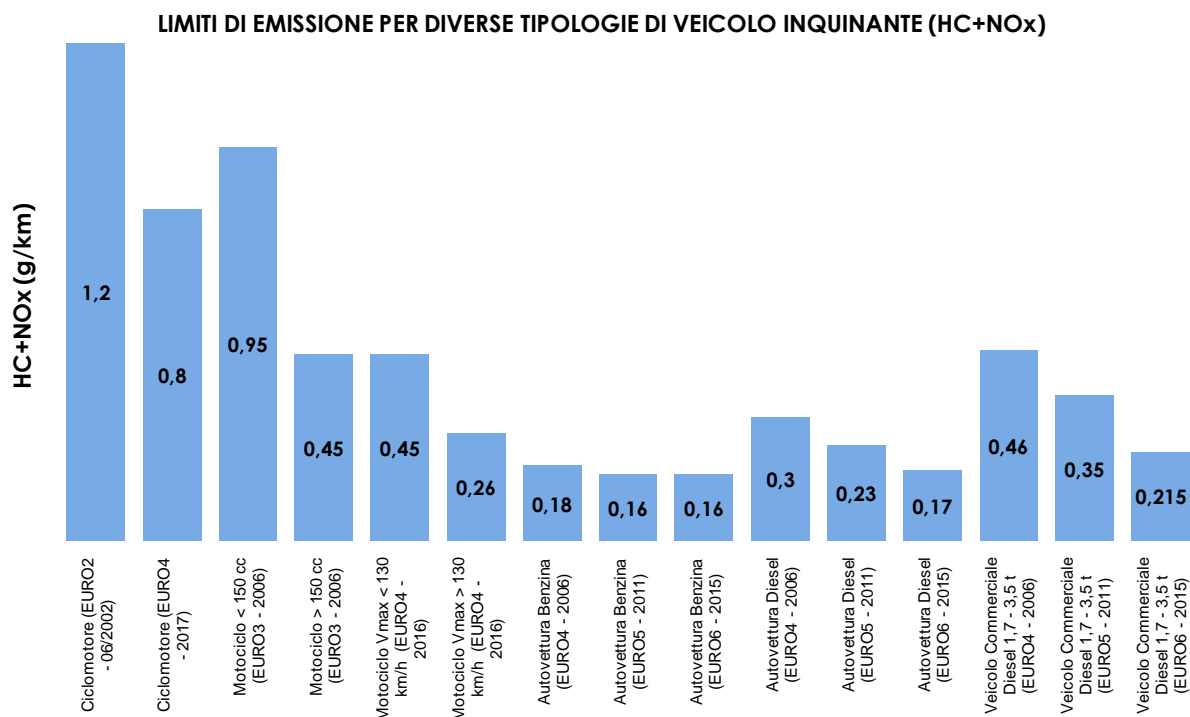


FIGURA 112: limiti di emissione definiti dalle normative più recenti per diverse tipologie di veicolo.

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

### IL PARCO VEICOLARE NELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO

Si riportano di seguito per il periodo 2013-2017 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 aumentato di 40.377 unità rispetto al 2016, quello dei veicoli commerciali leggeri è diminuito di 389 unità sempre rispetto al 2016; si osserva un ulteriore incremento del numero dei veicoli immatricolati rispetto all'anno precedente, dopo la contrazione avvenuta nel 2015 si sono di fatto di nuovo raggiunti i livelli massimi del 2014;
- la somma degli autoveicoli Euro 4, Euro 5 ed Euro 6 rappresenta il 70,1% del totale, con un incremento del 3,5% rispetto allo scorso anno;
- viene confermata la tendenza alla diminuzione degli autoveicoli non ecologici, così come individuati dal piano di risanamento della qualità dell'aria (pre-Euro, Euro 1 diesel e Euro 2 diesel), la cui percentuale passa da 7,27% a 6,82%;
- ancora in leggero aumento rispetto agli anni precedenti la percentuale degli autoveicoli a gasolio (da 40,55% nel 2016 a 41,35%), mentre per quelli a GPL e a metano rimane sostanzialmente costante (da 12,58% a 12,79%);
- i veicoli commerciali diesel ante Euro 4, sicuramente non dotati di filtro antiparticolato, sono ancora 71.021 e rappresentano il 43,3% del totale di quelli immatricolati.

|                        |        | 2013    |         |                     | 2014    |         |         | 2015    |                     |         | 2016    |         |                     | 2017    |         |         |                     |  |         |                     |
|------------------------|--------|---------|---------|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------------------|---------|---------|---------|---------------------|---------|---------|---------|---------------------|--|---------|---------------------|
|                        |        | numero  |         |                     |         |         |         |         |                     |         |         |         |                     |         |         |         |                     |  |         |                     |
| Autoveicoli "pre-EURO" | numero | 81.418  | 61.602  | benzina             | 79.450  | 60.309  | benzina | 73.200  | 56.648              | benzina | 71.675  | 55.622  | benzina             | 70.320  | 54.811  | benzina |                     |  |         |                     |
|                        |        |         | 13.157  | gasolio             |         |         | 13.016  |         | gasolio             |         |         | 11.292  | gasolio             |         |         | 11.128  | gasolio             |  | 10.962  | gasolio             |
|                        |        |         | 6.659   | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 6.125   |         | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 5.260   | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 4.925   | GPL-CH <sub>4</sub> |  | 4.547   | GPL-CH <sub>4</sub> |
|                        | %      | 5,5     | 4,2     | benzina             | 5,4     | 4,1     | benzina | 5,2     | 4,0                 | benzina | 5,0     | 3,9     | benzina             | 4,8     | 3,7     | benzina |                     |  |         |                     |
|                        |        |         | 0,9     | gasolio             |         |         | 0,9     |         | gasolio             |         |         | 0,8     | gasolio             |         |         | 0,8     | gasolio             |  | 0,7     | gasolio             |
|                        |        |         | 0,5     | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 0,4     |         | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 0,4     | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 0,3     | GPL-CH <sub>4</sub> |  | 0,3     | GPL-CH <sub>4</sub> |
| Autoveicoli "EURO 1"   | numero | 43.379  | 32.788  | benzina             | 40.351  | 30.343  | benzina | 33.567  | 25.422              | benzina | 31.405  | 23.702  | benzina             | 29.450  | 22.205  | benzina |                     |  |         |                     |
|                        |        |         | 6.515   | gasolio             |         |         | 6.295   |         | gasolio             |         |         | 5.122   | gasolio             |         |         | 4.992   | gasolio             |  | 4.846   | gasolio             |
|                        |        |         | 4.076   | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 3.713   |         | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 3.023   | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 2.711   | GPL-CH <sub>4</sub> |  | 2.399   | GPL-CH <sub>4</sub> |
|                        | %      | 2,9     | 2,2     | benzina             | 2,7     | 2,0     | benzina | 2,4     | 1,8                 | benzina | 2,2     | 1,7     | benzina             | 2,0     | 1,5     | benzina |                     |  |         |                     |
|                        |        |         | 0,4     | gasolio             |         |         | 0,4     |         | gasolio             |         |         | 0,4     | gasolio             |         |         | 0,3     | gasolio             |  | 0,3     | gasolio             |
|                        |        |         | 0,3     | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 0,3     |         | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 0,2     | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 0,2     | GPL-CH <sub>4</sub> |  | 0,2     | GPL-CH <sub>4</sub> |
| Autoveicoli "EURO 2"   | numero | 216.104 | 157.891 | benzina             | 197.534 | 143.678 | benzina | 161.710 | 119.280             | benzina | 146.482 | 107.854 | benzina             | 132.554 | 97.578  | benzina |                     |  |         |                     |
|                        |        |         | 40.500  | gasolio             |         |         | 37.583  |         | gasolio             |         |         | 29.301  | gasolio             |         |         | 27.187  | gasolio             |  | 24.996  | gasolio             |
|                        |        |         | 17.713  | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 16.273  |         | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 13.129  | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 11.441  | GPL-CH <sub>4</sub> |  | 9.980   | GPL-CH <sub>4</sub> |
|                        | %      | 14,7    | 10,7    | benzina             | 13,3    | 9,7     | benzina | 11,5    | 8,5                 | benzina | 10,3    | 7,5     | benzina             | 9,0     | 6,6     | benzina |                     |  |         |                     |
|                        |        |         | 2,7     | gasolio             |         |         | 2,5     |         | gasolio             |         |         | 2,1     | gasolio             |         |         | 1,9     | gasolio             |  | 1,7     | gasolio             |
|                        |        |         | 1,2     | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 1,1     |         | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 0,9     | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 0,8     | GPL-CH <sub>4</sub> |  | 0,7     | GPL-CH <sub>4</sub> |
| Autoveicoli "EURO 3"   | numero | 299.766 | 146.111 | benzina             | 284.815 | 138.772 | benzina | 244.186 | 123.264             | benzina | 226.541 | 114.545 | benzina             | 206.457 | 105.985 | benzina |                     |  |         |                     |
|                        |        |         | 141.026 | gasolio             |         |         | 133.540 |         | gasolio             |         |         | 109.774 | gasolio             |         |         | 101.557 | gasolio             |  | 90.872  | gasolio             |
|                        |        |         | 12.629  | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 12.503  |         | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 11.148  | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 10.439  | GPL-CH <sub>4</sub> |  | 9.600   | GPL-CH <sub>4</sub> |
|                        | %      | 20,4    | 9,9     | benzina             | 19,2    | 9,4     | benzina | 17,4    | 8,8                 | benzina | 15,9    | 8,0     | benzina             | 14,1    | 7,2     | benzina |                     |  |         |                     |
|                        |        |         | 9,6     | gasolio             |         |         | 9,0     |         | gasolio             |         |         | 7,8     | gasolio             |         |         | 7,1     | gasolio             |  | 6,2     | gasolio             |
|                        |        |         | 0,9     | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 0,8     |         | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 0,8     | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 0,7     | GPL-CH <sub>4</sub> |  | 0,7     | GPL-CH <sub>4</sub> |
| Autoveicoli "EURO 4"   | numero | 538.577 | 225.972 | benzina             | 525.867 | 220.059 | benzina | 484.195 | 204.049             | benzina | 465.412 | 196.552 | benzina             | 441.797 | 188.634 | benzina |                     |  |         |                     |
|                        |        |         | 227.904 | gasolio             |         |         | 221.336 |         | gasolio             |         |         | 199.457 | gasolio             |         |         | 190.247 | gasolio             |  | 177.003 | gasolio             |
|                        |        |         | 84.701  | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 84.472  |         | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 80.689  | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 78.613  | GPL-CH <sub>4</sub> |  | 76.160  | GPL-CH <sub>4</sub> |
|                        | %      | 36,6    | 15,3    | benzina             | 35,5    | 14,9    | benzina | 34,5    | 14,5                | benzina | 32,6    | 13,8    | benzina             | 30,1    | 12,8    | benzina |                     |  |         |                     |
|                        |        |         | 15,5    | gasolio             |         |         | 14,9    |         | gasolio             |         |         | 14,2    | gasolio             |         |         | 13,3    | gasolio             |  | 12,1    | gasolio             |
|                        |        |         | 5,8     | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 5,7     |         | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 5,7     | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 5,5     | GPL-CH <sub>4</sub> |  | 5,2     | GPL-CH <sub>4</sub> |
| Autoveicoli "EURO 5"   | numero | 288.256 | 108.017 | benzina             | 313.231 | 96.489  | benzina | 318.857 | 92.320              | benzina | 303.063 | 90.910  | benzina             | 289.440 | 87.911  | benzina |                     |  |         |                     |
|                        |        |         | 139.889 | gasolio             |         |         | 170.943 |         | gasolio             |         |         | 179.055 | gasolio             |         |         | 165.410 | gasolio             |  | 155.670 | gasolio             |
|                        |        |         | 40.350  | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 45.799  |         | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 47.482  | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 46.743  | GPL-CH <sub>4</sub> |  | 45.859  | GPL-CH <sub>4</sub> |
|                        | %      | 19,6    | 7,3     | benzina             | 21,1    | 6,5     | benzina | 22,7    | 6,6                 | benzina | 21,2    | 6,4     | benzina             | 19,7    | 6,0     | benzina |                     |  |         |                     |
|                        |        |         | 9,5     | gasolio             |         |         | 11,5    |         | gasolio             |         |         | 12,8    | gasolio             |         |         | 11,6    | gasolio             |  | 10,6    | gasolio             |
|                        |        |         | 2,7     | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 3,1     |         | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 3,4     | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 3,3     | GPL-CH <sub>4</sub> |  | 3,1     | GPL-CH <sub>4</sub> |
| Autoveicoli "EURO 6"   | numero | 5.281   | 3.168   | benzina             | 39.903  | 29.643  | benzina | 87.749  | 50.430              | benzina | 183.992 | 80.309  | benzina             | 298.929 | 116.529 | benzina |                     |  |         |                     |
|                        |        |         | 1.556   | gasolio             |         |         | 3.026   |         | gasolio             |         |         | 21.403  | gasolio             |         |         | 78.806  | gasolio             |  | 143.025 | gasolio             |
|                        |        |         | 557     | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 7.234   |         | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 15.916  | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 24.877  | GPL-CH <sub>4</sub> |  | 39.375  | GPL-CH <sub>4</sub> |
|                        | %      | 0,4     | 0,2     | benzina             | 2,7     | 2,0     | benzina | 6,3     | 3,6                 | benzina | 12,9    | 5,6     | benzina             | 20,4    | 7,9     | benzina |                     |  |         |                     |
|                        |        |         | 0,1     | gasolio             |         |         | 0,2     |         | gasolio             |         |         | 1,5     | gasolio             |         |         | 5,5     | gasolio             |  | 9,7     | gasolio             |
|                        |        |         | 0,0     | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 0,5     |         | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 1,1     | GPL-CH <sub>4</sub> |         |         | 1,7     | GPL-CH <sub>4</sub> |  | 2,7     | GPL-CH <sub>4</sub> |

TABELLA 33: autoveicoli immatricolati nella città metropolitana di Torino dal 2013 al 2017, suddivisi per tipo di omologazione ambientale.

|                                |        | 2013   |        |                     | 2014   |        |                     | 2015   |        |                     | 2016   |        |                     | 2017   |        |                     |
|--------------------------------|--------|--------|--------|---------------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|---------------------|
| Autocarri <3,5 t<br>"pre-EURO" | numero | 22.779 | 1.969  | benzina             | 21.955 | 1.932  | benzina             | 21.344 | 1.908  | benzina             | 19.643 | 1.852  | benzina             | 18.845 | 1.791  | benzina             |
|                                |        |        | 20.503 | gasolio             |        | 19.725 | gasolio             |        | 19.146 | gasolio             |        | 17.548 | gasolio             |        | 16.761 | gasolio             |
|                                | %      | 13,6   | 307    | GPL-CH <sub>4</sub> | 13,1   | 298    | GPL-CH <sub>4</sub> | 12,6   | 290    | GPL-CH <sub>4</sub> | 12,0   | 243    | GPL-CH <sub>4</sub> | 11,5   | 293    | GPL-CH <sub>4</sub> |
|                                |        |        | 1,2    | benzina             |        | 1,2    | benzina             |        | 1,1    | benzina             |        | 1,1    | benzina             |        | 1,1    | benzina             |
|                                |        |        | 12,3   | gasolio             |        | 11,8   | gasolio             |        | 11,3   | gasolio             |        | 10,7   | gasolio             |        | 10,2   | gasolio             |
|                                |        |        | 0,2    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 0,2    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 0,2    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 0,1    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 0,2    | GPL-CH <sub>4</sub> |
| Autocarri <3,5 t<br>"EURO 1"   | numero | 10.290 | 1.435  | benzina             | 9.811  | 1.370  | benzina             | 9.435  | 1.312  | benzina             | 8.479  | 1.237  | benzina             | 7.920  | 1.183  | benzina             |
|                                |        |        | 8.704  | gasolio             |        | 8.292  | gasolio             |        | 7.984  | gasolio             |        | 7.120  | gasolio             |        | 6.629  | gasolio             |
|                                | %      | 6,2    | 151    | GPL-CH <sub>4</sub> | 5,8    | 149    | GPL-CH <sub>4</sub> | 5,6    | 139    | GPL-CH <sub>4</sub> | 5,2    | 122    | GPL-CH <sub>4</sub> | 4,8    | 108    | GPL-CH <sub>4</sub> |
|                                |        |        | 0,9    | benzina             |        | 0,8    | benzina             |        | 0,8    | benzina             |        | 0,8    | benzina             |        | 0,7    | benzina             |
|                                |        |        | 5,2    | gasolio             |        | 4,9    | gasolio             |        | 4,7    | gasolio             |        | 4,4    | gasolio             |        | 4,0    | gasolio             |
|                                |        |        | 0,1    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 0,1    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 0,1    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 0,1    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 0,1    | GPL-CH <sub>4</sub> |
| Autocarri <3,5 t<br>"EURO 2"   | numero | 25.853 | 2.425  | benzina             | 24.600 | 2.201  | benzina             | 23.437 | 2.007  | benzina             | 20.570 | 1.808  | benzina             | 18.792 | 1.586  | benzina             |
|                                |        |        | 23.093 | gasolio             |        | 22.084 | gasolio             |        | 21.124 | gasolio             |        | 18.470 | gasolio             |        | 16.950 | gasolio             |
|                                | %      | 15,5   | 335    | GPL-CH <sub>4</sub> | 14,7   | 315    | GPL-CH <sub>4</sub> | 13,8   | 306    | GPL-CH <sub>4</sub> | 12,6   | 292    | GPL-CH <sub>4</sub> | 11,5   | 256    | GPL-CH <sub>4</sub> |
|                                |        |        | 1,5    | benzina             |        | 1,3    | benzina             |        | 1,2    | benzina             |        | 1,1    | benzina             |        | 1,0    | benzina             |
|                                |        |        | 13,8   | gasolio             |        | 13,2   | gasolio             |        | 12,5   | gasolio             |        | 11,3   | gasolio             |        | 10,3   | gasolio             |
|                                |        |        | 0,2    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 0,2    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 0,2    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 0,2    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 0,2    | GPL-CH <sub>4</sub> |
| Autocarri <3,5 t<br>"EURO 3"   | numero | 43.006 | 2.698  | benzina             | 41.235 | 2.423  | benzina             | 39.739 | 2.230  | benzina             | 35.981 | 2.046  | benzina             | 32.734 | 1.737  | benzina             |
|                                |        |        | 39.878 | gasolio             |        | 38.391 | gasolio             |        | 37.101 | gasolio             |        | 33.555 | gasolio             |        | 30.681 | gasolio             |
|                                | %      | 25,7   | 430    | GPL-CH <sub>4</sub> | 24,6   | 421    | GPL-CH <sub>4</sub> | 23,4   | 408    | GPL-CH <sub>4</sub> | 22,0   | 380    | GPL-CH <sub>4</sub> | 19,9   | 316    | GPL-CH <sub>4</sub> |
|                                |        |        | 1,6    | benzina             |        | 1,4    | benzina             |        | 1,3    | benzina             |        | 1,3    | benzina             |        | 1,1    | benzina             |
|                                |        |        | 23,8   | gasolio             |        | 22,9   | gasolio             |        | 21,9   | gasolio             |        | 20,5   | gasolio             |        | 18,7   | gasolio             |
|                                |        |        | 0,3    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 0,3    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 0,2    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 0,2    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 0,2    | GPL-CH <sub>4</sub> |
| Autocarri <3,5 t<br>"EURO 4"   | numero | 52.380 | 1.450  | benzina             | 47.869 | 1.366  | benzina             | 45.483 | 1.325  | benzina             | 42.297 | 1.261  | benzina             | 38.524 | 1.153  | benzina             |
|                                |        |        | 48.223 | gasolio             |        | 43.985 | gasolio             |        | 41.810 | gasolio             |        | 38.907 | gasolio             |        | 35.480 | gasolio             |
|                                | %      | 31,3   | 2.707  | GPL-CH <sub>4</sub> | 28,5   | 2.518  | GPL-CH <sub>4</sub> | 26,8   | 2.348  | GPL-CH <sub>4</sub> | 25,9   | 2.129  | GPL-CH <sub>4</sub> | 23,5   | 1.891  | GPL-CH <sub>4</sub> |
|                                |        |        | 0,9    | benzina             |        | 0,8    | benzina             |        | 0,8    | benzina             |        | 0,8    | benzina             |        | 0,7    | benzina             |
|                                |        |        | 28,8   | gasolio             |        | 26,2   | gasolio             |        | 24,6   | gasolio             |        | 23,8   | gasolio             |        | 21,6   | gasolio             |
|                                |        |        | 1,6    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 1,5    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 1,4    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 1,3    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 1,2    | GPL-CH <sub>4</sub> |
| Autocarri <3,5 t<br>"EURO 5"   | numero | 12.915 | 213    | benzina             | 22.330 | 270    | benzina             | 29.151 | 297    | benzina             | 34.200 | 331    | benzina             | 34.311 | 385    | benzina             |
|                                |        |        | 11.012 | gasolio             |        | 19.051 | gasolio             |        | 25.509 | gasolio             |        | 30.614 | gasolio             |        | 31.494 | gasolio             |
|                                | %      | 7,7    | 1.690  | GPL-CH <sub>4</sub> | 13,3   | 3.009  | GPL-CH <sub>4</sub> | 17,2   | 3.345  | GPL-CH <sub>4</sub> | 20,9   | 3.255  | GPL-CH <sub>4</sub> | 20,9   | 2.432  | GPL-CH <sub>4</sub> |
|                                |        |        | 0,1    | benzina             |        | 0,2    | benzina             |        | 0,2    | benzina             |        | 0,2    | benzina             |        | 0,2    | benzina             |
|                                |        |        | 6,6    | gasolio             |        | 11,4   | gasolio             |        | 15,0   | gasolio             |        | 18,7   | gasolio             |        | 19,2   | gasolio             |
|                                |        |        | 1,0    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 1,8    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 2,0    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 2,0    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 1,5    | GPL-CH <sub>4</sub> |
| Autocarri <3,5 t<br>"EURO 6"   | numero | 3      | 0      | benzina             | 207    | 2      | benzina             | 1.053  | 39     | benzina             | 2.168  | 95     | benzina             | 12.965 | 341    | benzina             |
|                                |        |        | 3      | gasolio             |        | 203    | gasolio             |        | 63     | gasolio             |        | 360    | gasolio             |        | 8.961  | gasolio             |
|                                | %      | 0      | 0      | GPL-CH <sub>4</sub> | 0,1    | 2      | GPL-CH <sub>4</sub> | 0,6    | 951    | GPL-CH <sub>4</sub> | 1,3    | 1.713  | GPL-CH <sub>4</sub> | 7,9    | 3.663  | GPL-CH <sub>4</sub> |
|                                |        |        | 0,0    | benzina             |        | 0,0    | benzina             |        | 0,0    | benzina             |        | 0,1    | benzina             |        | 0,2    | benzina             |
|                                |        |        | 0,0    | gasolio             |        | 0,1    | gasolio             |        | 0,0    | gasolio             |        | 0,2    | gasolio             |        | 5,5    | gasolio             |
|                                |        |        | 0,0    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 0,0    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 0,6    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 1,0    | GPL-CH <sub>4</sub> |        | 2,2    | GPL-CH <sub>4</sub> |

TABELLA 34: veicoli commerciali leggeri (&lt; 3,5 t) immatricolati nella città metropolitana di Torino dal 2013 al 2017, suddivisi per tipo di omologazione ambientale.

**Autoveicoli immatricolati nella città metropolitana di Torino (2007-2017)**  
**Suddivisione per omologazione ambientale**  
**Banca dati Regione Piemonte**

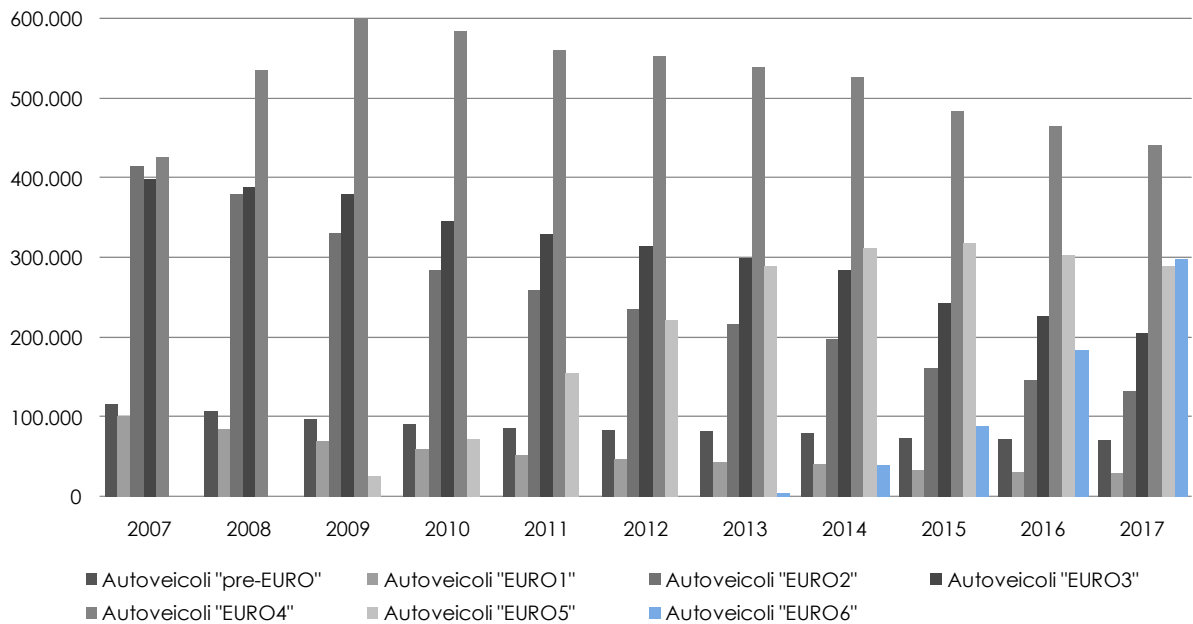


FIGURA 113: autoveicoli immatricolati nella Città metropolitana di Torino dal 2007 al 2017, suddivisi per tipo di omologazione ambientale (Banca Dati di Regione Piemonte).

**Autocarri (<3,5t) immatricolati nella città metropolitana di Torino (2008-2017)**  
**Suddivisione per omologazione ambientale**  
**Banca Dati Regione Piemonte**

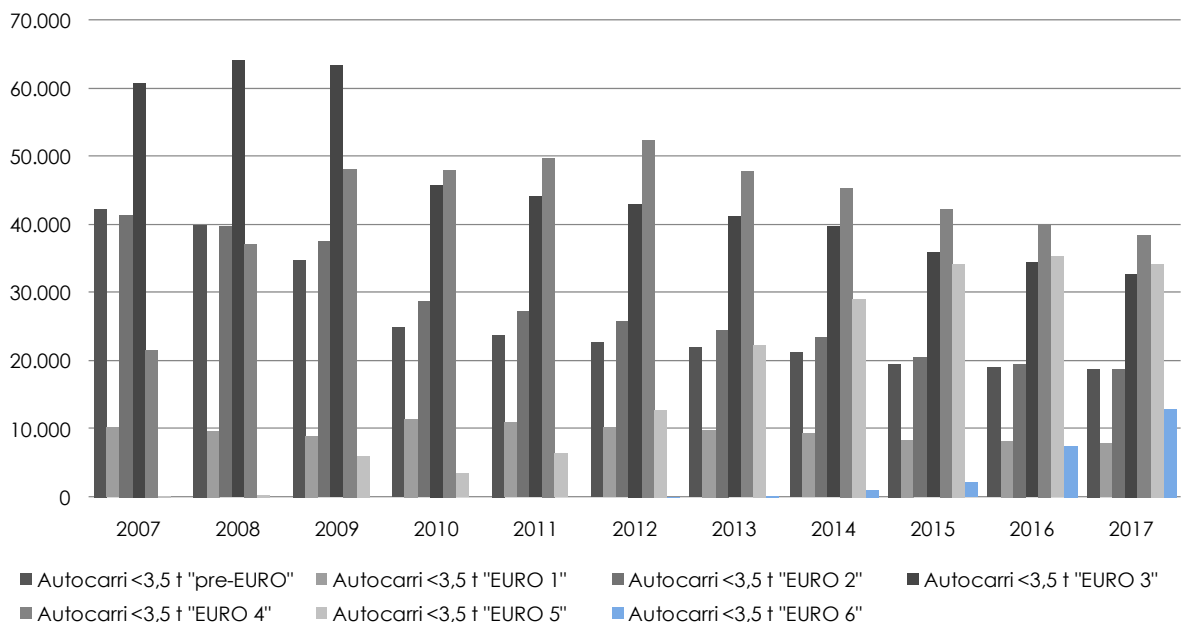


FIGURA 114: veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) immatricolati nella Città metropolitana di Torino dal 2007 al 2016, suddivisi per tipo di omologazione ambientale (Banca Dati di Regione Piemonte).



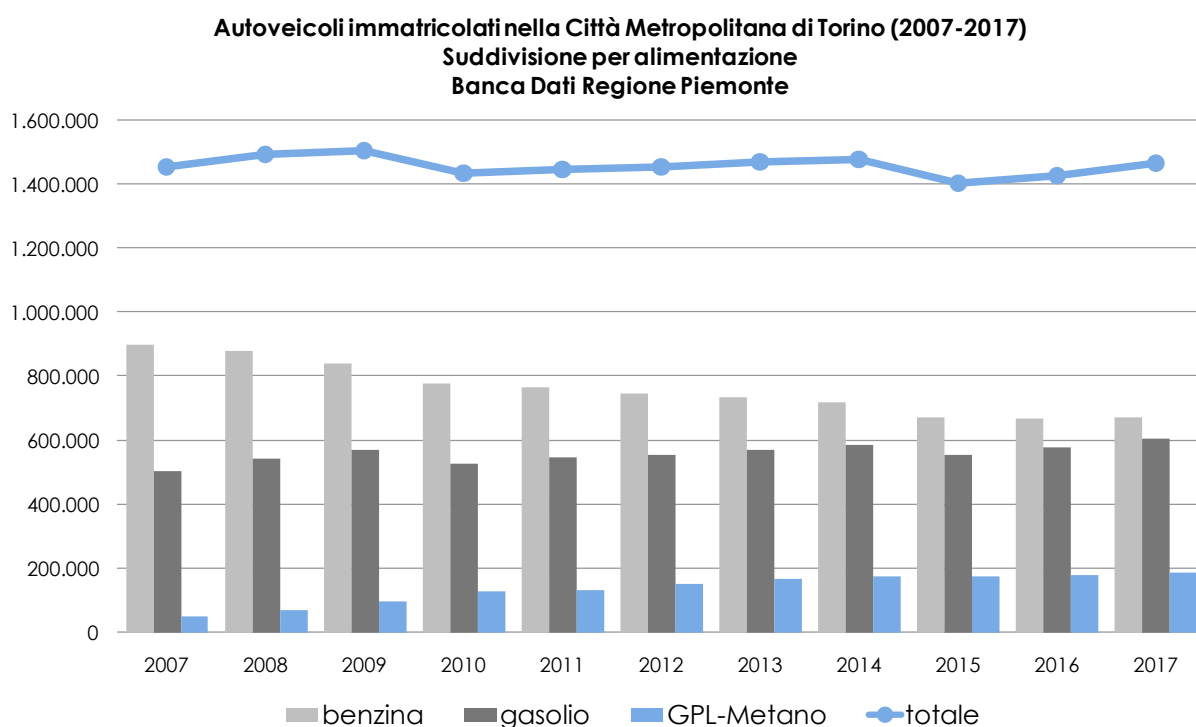


FIGURA 93: autoveicoli immatricolati nella Città metropolitana di Torino dal 2007 al 2017, suddivisi per tipo di alimentazione (Banca Dati di Regione Piemonte).

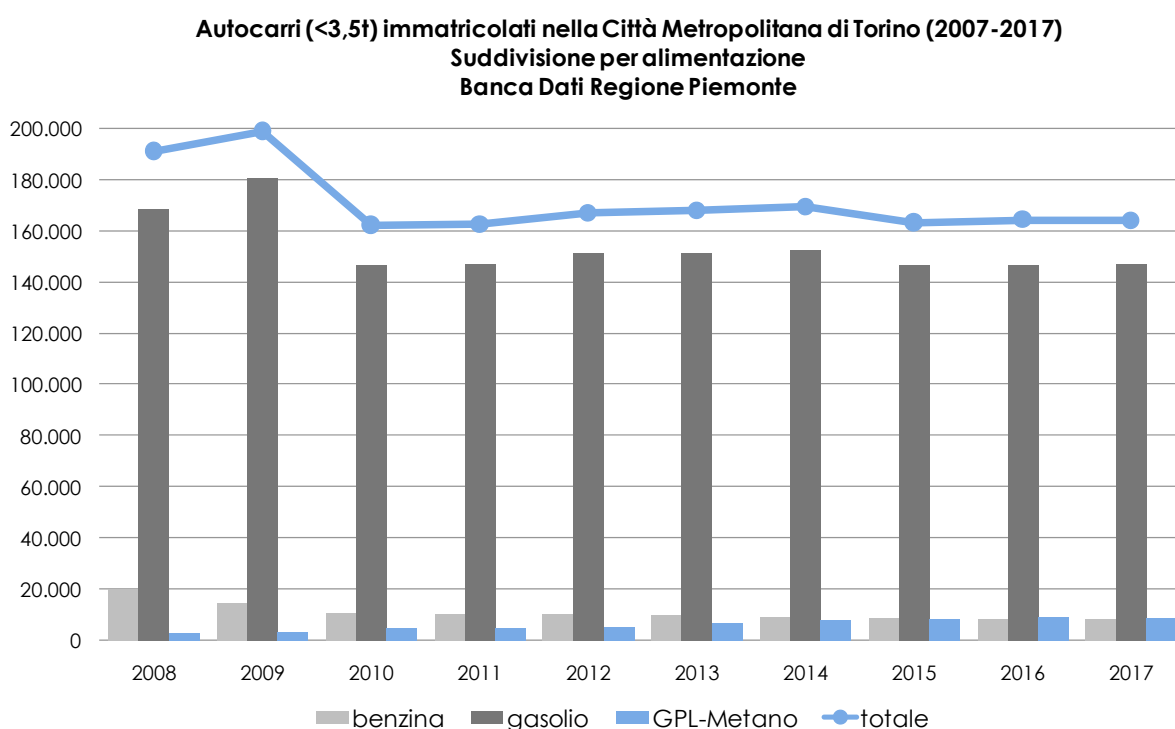


FIGURA 94: veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) immatricolati nella Città metropolitana di Torino dal 2007 al 2017, suddivisi per tipo di alimentazione (Banca Dati di Regione Piemonte).

### I TEST EMISSIVI DELLE AUTO<sup>57</sup>

Il trasporto urbano 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<sub>x</sub>) 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

<sup>57</sup> [http://europa.eu/rapid/press-release\\_MEMO-18-3646\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-18-3646_en.htm)

robusto. Fino a settembre 2017 è stato utilizzato solo un test di laboratorio per misurare le emissioni di inquinanti atmosferici, durante il processo di omologazione prima che l'auto possa essere immessa sul mercato. Tuttavia, le emissioni di inquinanti atmosferici misurate sulla strada 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 e riconquistare la fiducia dei consumatori: 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<sub>x</sub> 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 stata 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<sub>x</sub> 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 variazioni tecniche e statistiche nelle misurazioni condotte in condizioni 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.







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



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