

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO
Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente
Settore tecnico per la tutela dell'ambiente
U.O. aria, agenti fisici e bonifiche

I – 38122 TRENTO via Mantova, 16
tel. +39 0461 497728 - fax +39 0461 497759
e-mail ariaagfsuolo.appa@provincia.tn.it - PEC sta.appa@pec.provincia.tn.it
<http://www.appa.provincia.tn.it>



INDAGINE AMBIENTALE
Campagna di misura della Qualità dell'aria

STORO

13/08/2013 – 12/08/2014



Prot. n. S305/2015/0077771 dd. 11 febbraio 2015

Questo lavoro può essere liberamente utilizzato senza omissioni o aggiunte. Per eventuali riproduzioni, ristampe o utilizzo di estratti, deve essere richiesta l'autorizzazione all'A.P.P.A.

Indice

1	Introduzione.....	1
2	Descrizione siti di campionamento	2
2.1	Sito fisso di via Battisti	2
2.2	Siti di monitoraggio aggiuntivi	4
3	Dati meteorologici.....	6
4	Risultati del rilevamento	10
4.1	Ossido di carbonio – CO.....	13
4.2	Biossido di zolfo – SO ₂	15
4.3	Polveri sottili PM10	16
4.4	Ossido e biossido di azoto – NO e NO ₂	20
4.5	Ozono – O ₃	25
4.6	Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	29
4.7	Metalli	31
4.8	Periodo invernale	33
5	Identificazione delle sorgenti di inquinamento	35
5.1	Parametri monitorati	37
5.2	Risultati dell’analisi di “Source Apportionment”	40
6	Valutazioni finali e conclusioni.....	46
	Allegato 1: Normativa di riferimento.....	50
	Allegato 2: Descrizione dei parametri chimici e meteorologici rilevati	52
	Allegato 4: Riferimenti bibliografici.....	56

1 Introduzione

Questo documento descrive i risultati dell'indagine sulla qualità dell'aria effettuata a Storo nel periodo 13 agosto 2013 – 12 agosto 2014.

La campagna di rilevamento è stata eseguita con una stazione mobile in grado di rilevare gli inquinanti presenti in maniera diffusa nell'aria, a livello del suolo, e provenienti da più fonti.

La stazione di monitoraggio è attrezzata con strumenti predisposti per la misura, continua ed automatica, degli inquinanti previsti dalla normativa al fine di rappresentare correttamente lo stato della qualità dell'aria.

I rilievi, l'elaborazione dei dati e la valutazione dei risultati sono stati eseguiti secondo quanto previsto dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155 *Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa*.

In aggiunta al monitoraggio degli inquinanti previsti dalla vigente normativa, sono state effettuate ulteriori analisi per ottenere un quadro più dettagliato sulla composizione dell'aria ambiente e per poter procedere ad un'analisi di **source apportionment** del particolato atmosferico (quantificazione dei contributi dalle varie fonti/sorgenti).

Nel 2006, nel periodo 2 marzo – 25 aprile, era già stata condotta una campagna di monitoraggio della qualità dell'aria all'interno del centro abitato di Storo. Le misure effettuate avevano evidenziato il rischio di superamento dei limiti normativi per gli inquinanti polveri sottili PM10, biossido di azoto NO₂ e benzo(a)pirene. Questa ulteriore campagna di monitoraggio, condotta nello stesso sito, ha permesso di ottenere informazioni più accurate e significative sulla qualità dell'aria a Storo.

2 Descrizione siti di campionamento

Il sito di misura della campagna annuale di rilevamento della qualità dell'aria è stato individuato all'interno del centro abitato, in prossimità della scuola elementare (§ 2.1). Il posizionamento scelto è lo stesso adottato nel corso della precedente campagna di monitoraggio condotta nel comune di Storo (marzo-aprile 2006).

È noto che le polveri sottili PM10 costituiscono, nei mesi invernali, il parametro più importante fra quelli controllati. Per questo inquinante esistono infatti le maggiori evidenze del superamento, o del rischio di superamento, delle concentrazioni massime consentite ai fini della tutela della salute umana. La distribuzione delle concentrazioni di particolato sottile PM10 all'interno di una stessa valle o di uno stesso bacino aereologico presenta caratteristiche spesso omogenee, ma è possibile riscontrare la presenza di "hot spot", ovvero zone, di dimensioni circoscritte, con concentrazioni più elevate della media. Per questo motivo sono stati individuati, all'interno del territorio comunale, 7 ulteriori siti di misura con caratteristiche differenti (§ 2.2). In tali siti sono stati effettuati campionamenti di polveri sottili PM10 della durata di circa 2 settimane per ogni sito.

Per quanto riguarda la zonizzazione del territorio, in Trentino i dati di qualità dell'aria sino ad ora disponibili hanno determinato la definizione di 2 zone (comuni a tutti gli inquinanti, ad eccezione dell'ozono): la prima, *IT0403 "fondovalle"*, comprende le aree dove vi sono emissioni di inquinanti e presenza di popolazione; la seconda *IT0404 "montagna"*, corrisponde al territorio in cui emissioni di inquinanti e popolazione sono presenti in modo non significativo. In base a tale classificazione, i siti di campionamento rientrano nella zona *IT0403*.

Per quanto riguarda l'inquinante ozono, il territorio provinciale non presenta caratteristiche tali da poter definire zone a differente criticità. Per tale motivo, è identificata un'unica zona - *IT0405* - corrispondente ai confini amministrativi provinciali.

2.1 Sito fisso di via Battisti

La campagna annuale è stata effettuata utilizzando il mezzo mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria, predisposto per la misura, continua ed automatica, di CO, SO₂, PM10, NO_x, NO, NO₂, O₃. Sono stati inoltre raccolti filtri giornalieri per la determinazione del contenuto di IPA e metalli nel PM10. Per l'intera durata della campagna è stata inoltre in funzione una stazione meteo per la rilevazione di temperatura, umidità, direzione e velocità del vento, radiazione solare, pioggia e pressione atmosferica. La descrizione dettagliata dei parametri è riportata nell'*Allegato 2: Descrizione dei parametri chimici e meteorologici rilevati*.

La stazione di monitoraggio è stata posizionata all'interno del centro abitato di Storo, in prossimità della scuola elementare, in via Cesare Battisti. In base alla localizzazione geografica ed al posizionamento rispetto alla presenza di fonti inquinanti, il sito è classificato come "di fondo suburbano".

Tab. 2.1: Localizzazione del sito di campionamento.

Coordinate ETRS89	622353 N
	5078655 E
Altitudine	389 m s.l.m.



Fig. 2.1: Localizzazione del sito di campionamento (Stazione mobile 1).



Fig. 2.2: Sito di campionamento (Stazione mobile 1).

2.2 Siti di monitoraggio aggiuntivi

Nel periodo compreso tra dicembre 2013 e marzo 2014 sono stati effettuati campionamenti di polveri sottili PM10 nei siti indicati in Fig. 2.3 e Tab. 2.2. I filtri raccolti sono stati in seguito analizzati per la determinazione del contenuto di IPA e metalli.

Il confronto con i dati contemporaneamente raccolti presso la stazione di via Battisti può permettere di verificare, seppur in un intervallo di breve durata (2 settimane circa per ogni sito aggiuntivo) se la presenza degli inquinanti monitorati sia omogenea oppure se siano presenti situazioni differenti all'interno dello stesso territorio comunale.

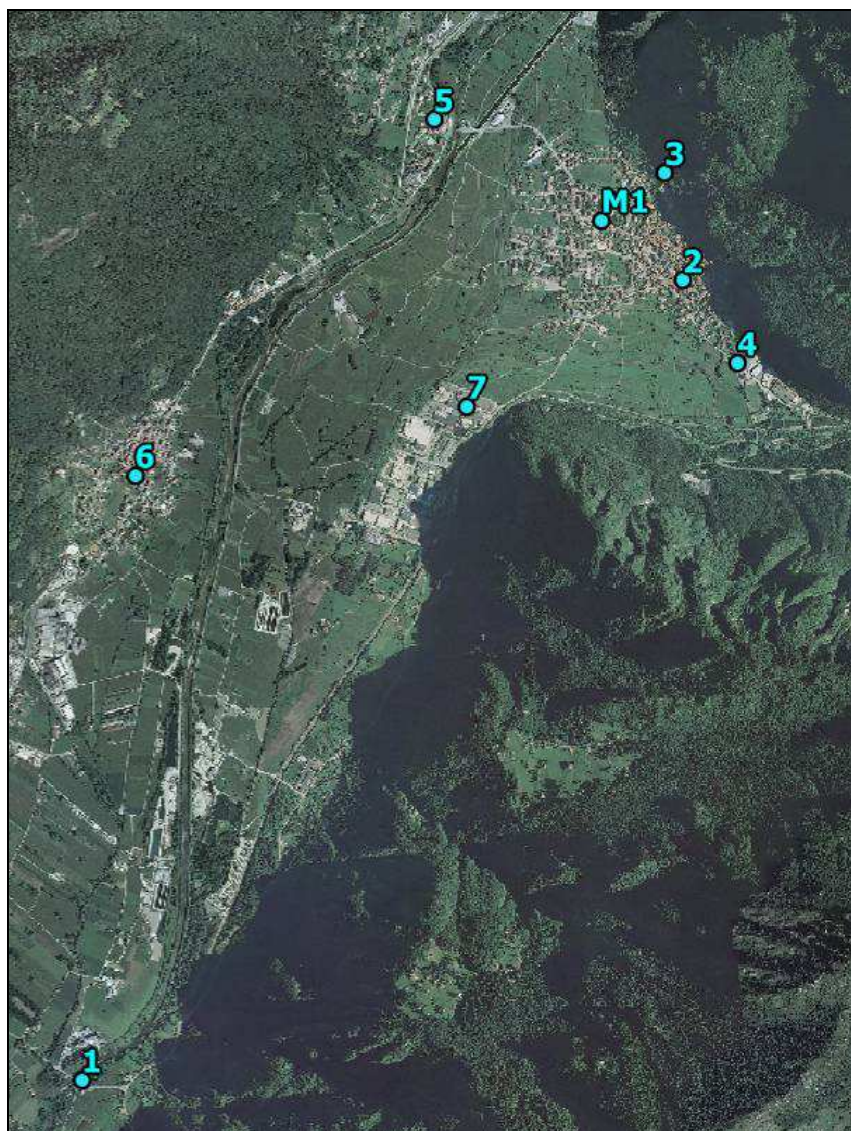


Fig. 2.3: Localizzazione dei siti di campionamento.

Tab. 2.2: Siti di campionamento.



1. Ponte Tedeschi



2. Piazza Cortella



3. Pian de Rode



4. Spenigol



5. Ca' Rossa



6. Darzo



7. Zona industriale

ID	Periodo
1	12/12/13 – 28/12/13
2	31/12/13 – 13/01/14
3	15/01/14 – 27/01/14
4	29/01/14 – 10/02/14
5	12/02/14 – 23/02/14
6	25/02/14 – 10/03/14
7	12/03/14 – 23/03/14

3 Dati meteorologici

Vengono di seguito riportati gli andamenti dei parametri meteo rilevati nel corso dell'indagine condotta a Storo.

Per quanto riguarda le possibili interferenze con i dati di qualità dell'aria, uno dei parametri meteorologici più rilevanti è rappresentato dal vento (intensità e direzione).

In questo sito e periodo di misura le ore con calma di vento (velocità del vento inferiore a 0,5 m/s e quindi non favorevole alla dispersione degli inquinanti) rappresentano il 78% del totale e sono in particolare frequenti in autunno ed inverno.

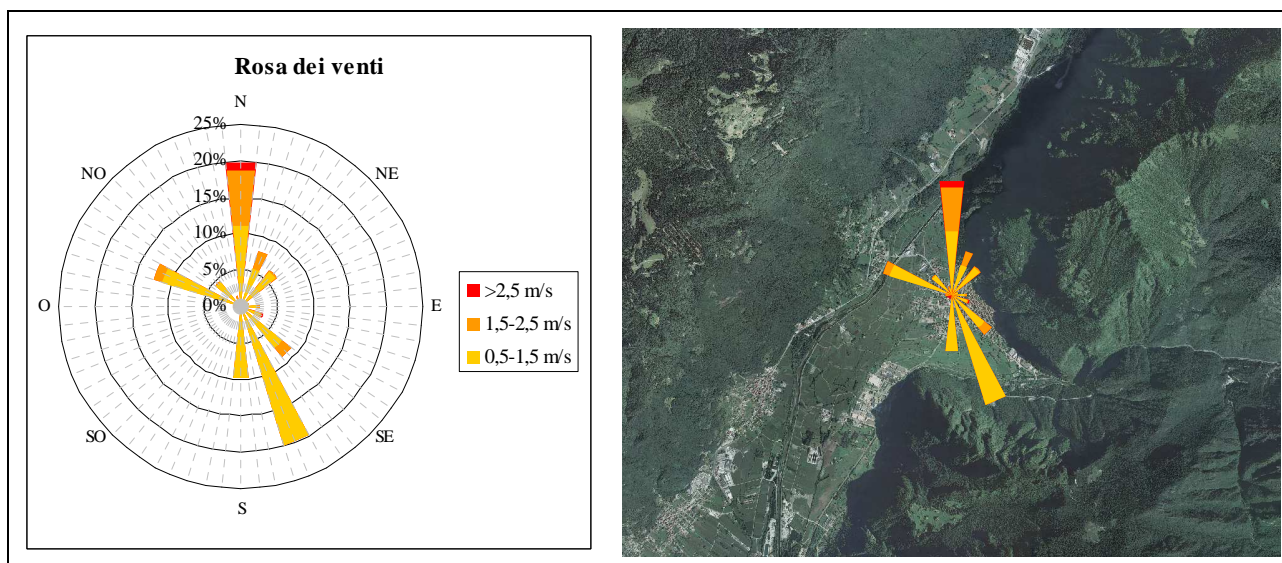


Fig. 3.1: Rosa dei venti.

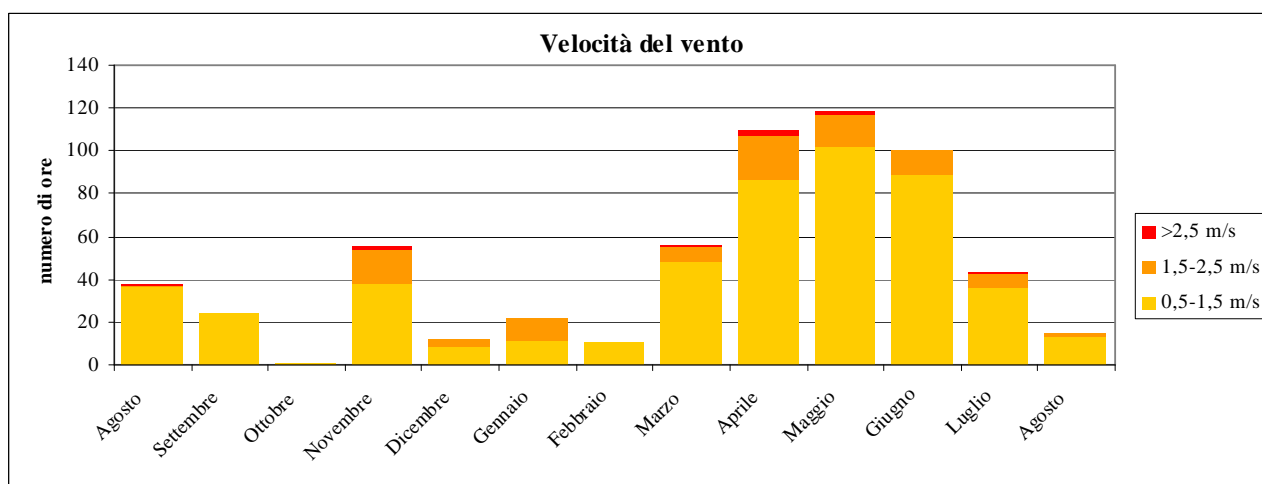


Fig. 3.2: Ore di vento mensili.

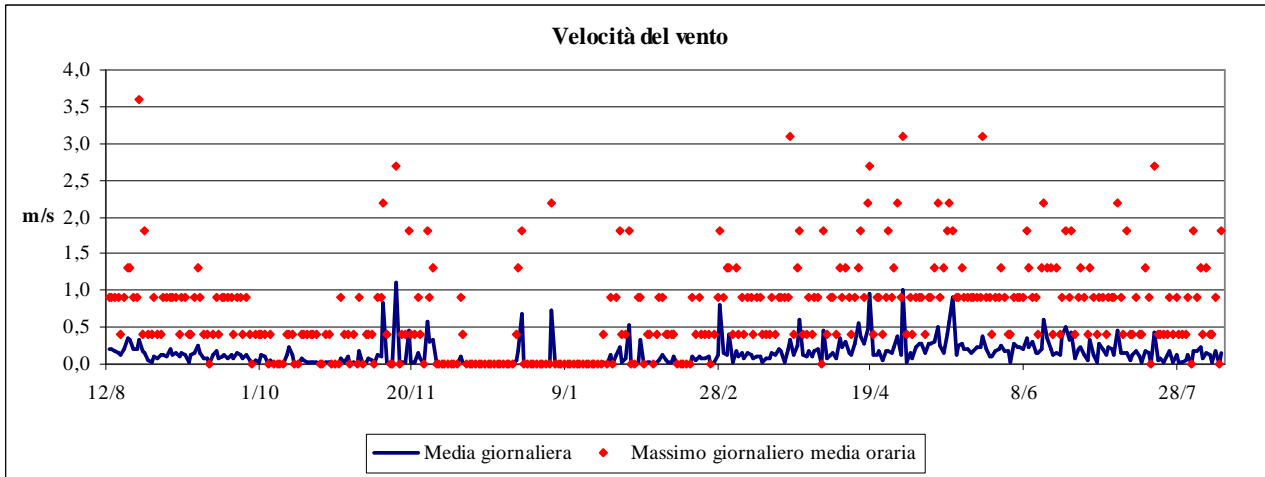


Fig. 3.3: Vento.

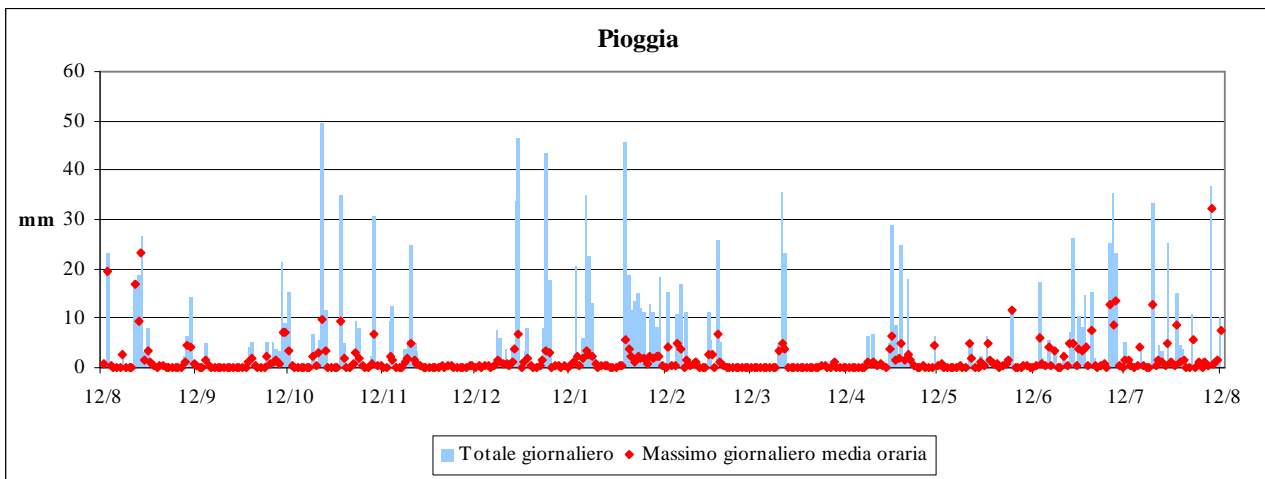


Fig. 3.4: Pioggia.

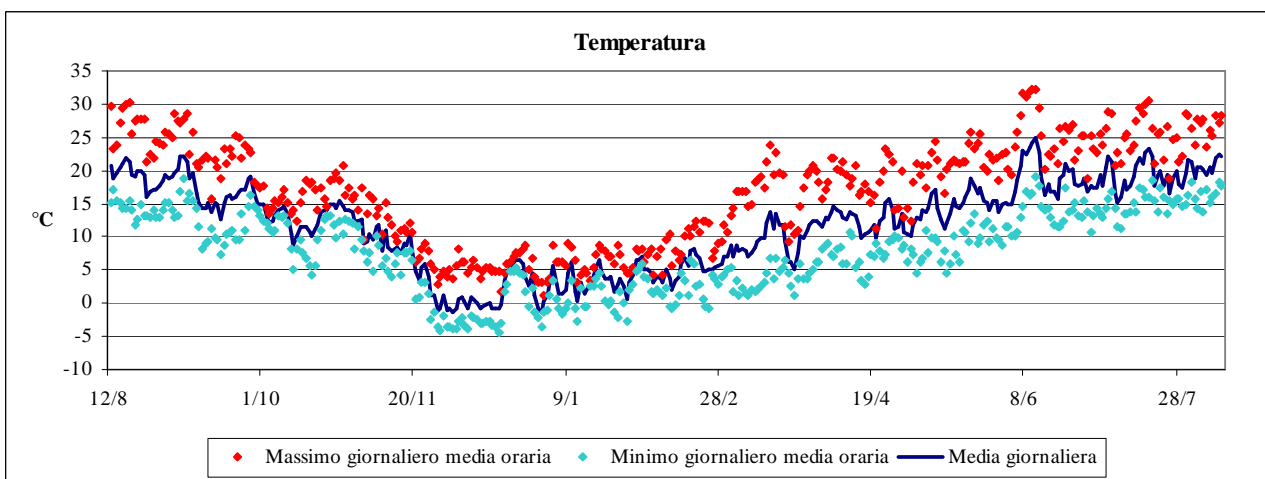


Fig. 3.5: Temperatura.

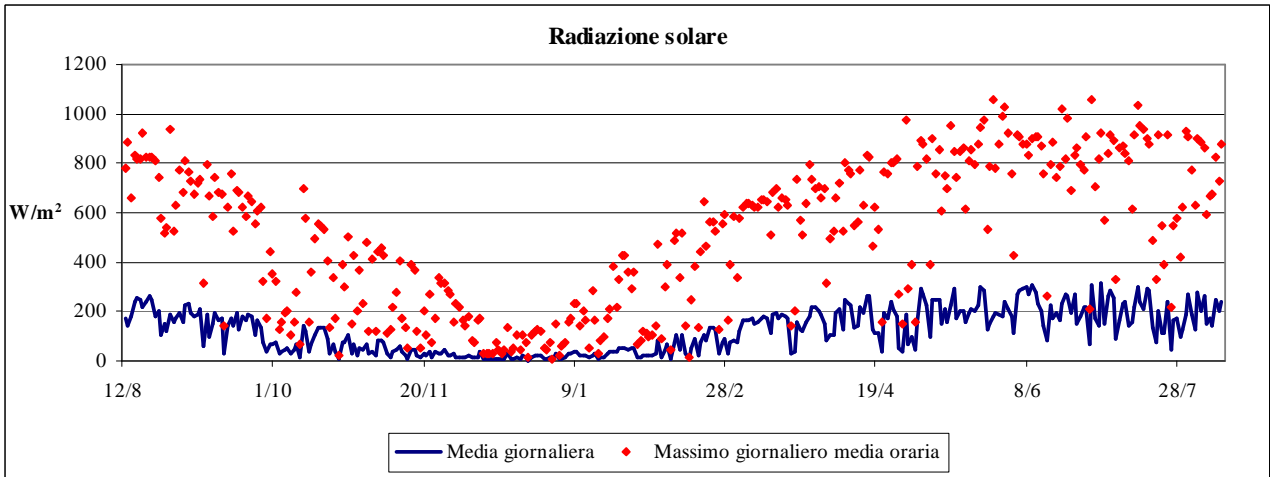


Fig. 3.6: Radiazione solare.

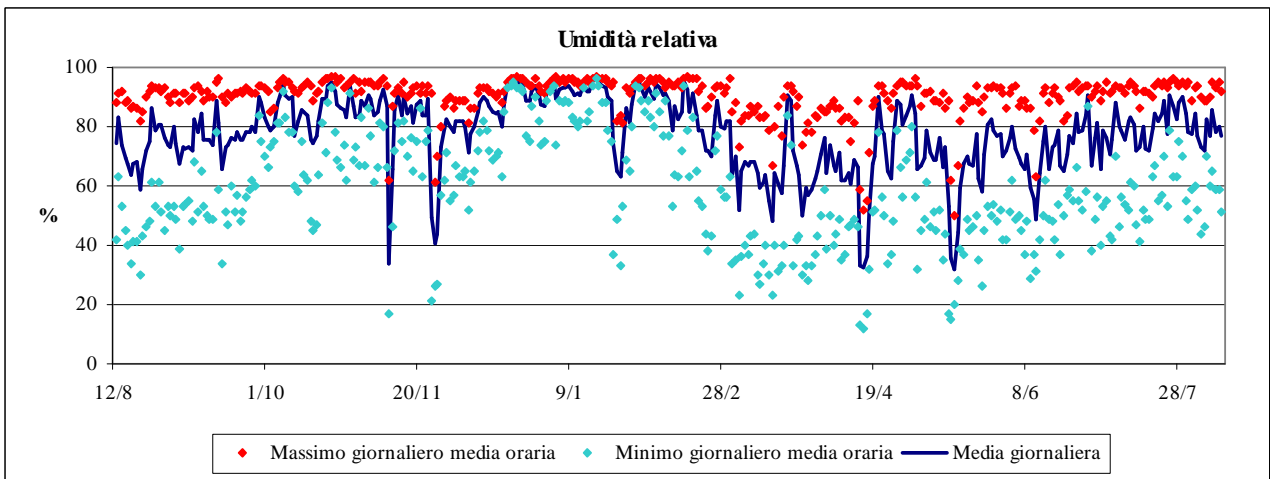


Fig. 3.7: Umidità relativa.

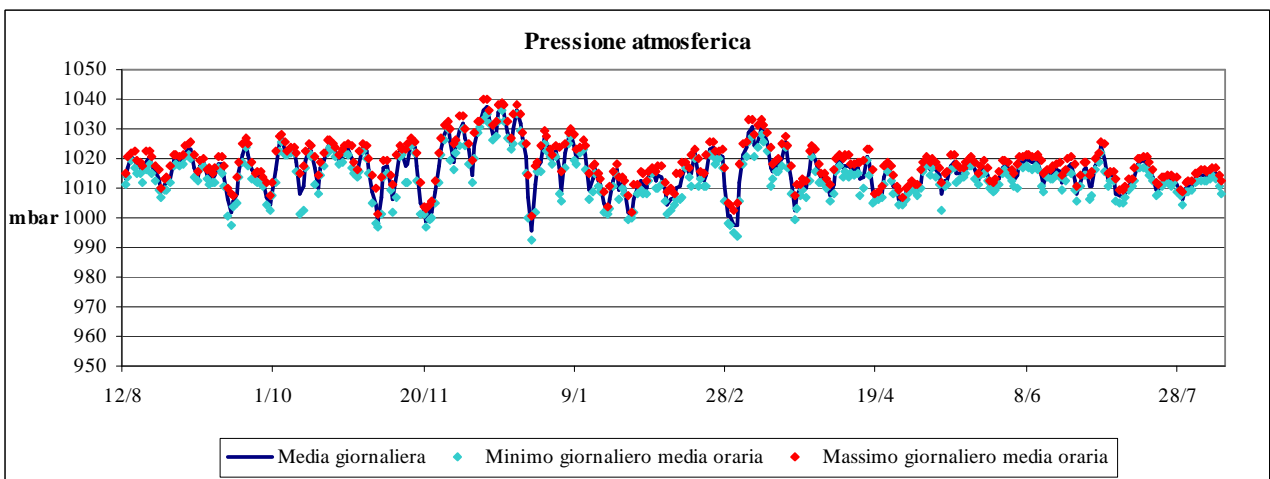


Fig. 3.8: Pressione atmosferica.

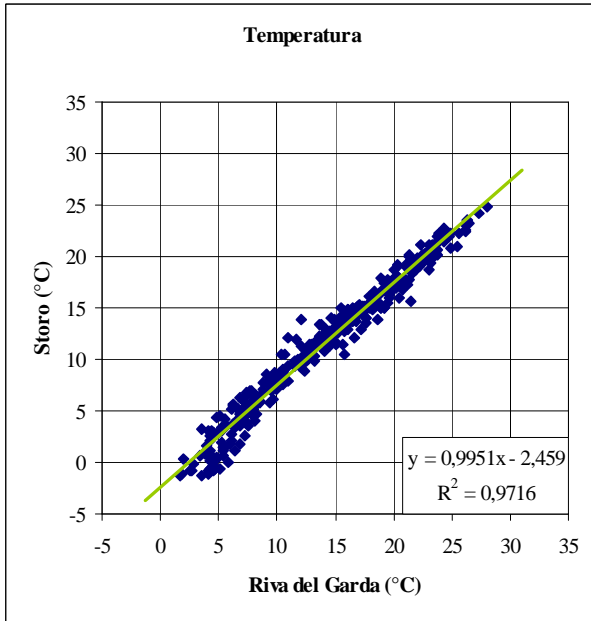


Fig. 3.9: Temperatura – Retta di correlazione (Storo – Riva del Garda).

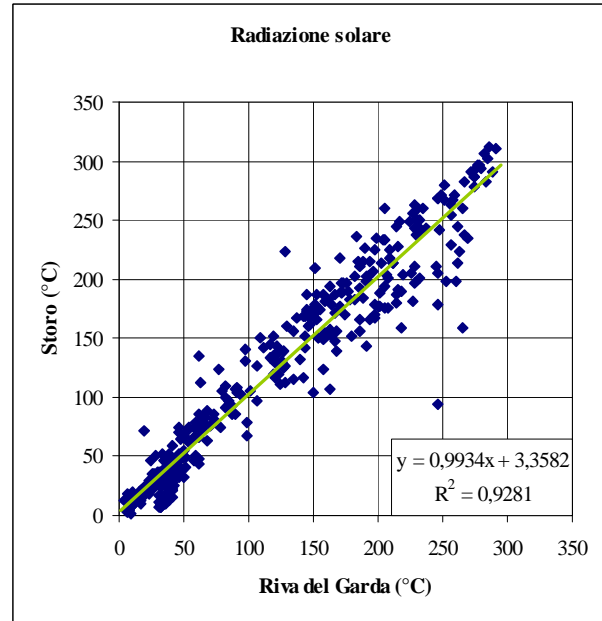


Fig. 3.10: Radiazione solare – Retta di correlazione (Storo – Riva del Garda).

4 Risultati del rilevamento

I risultati analitici completi della campagna, in riferimento ai limiti previsti dalla normativa, sono riassunti in Tab. 4.1, Tab. 4.2 e Tab. 4.3.

Appare subito evidente come le criticità nel sito di misura di Storo siano legate alla presenza di benzo(a)pirene, con un valore di media annuale pari a 4,3 ng/m³ a fronte di un valore obiettivo di 1 ng/m³, e alla concentrazione di polveri sottili PM10, con un numero di sforamenti pari a 44, superiore quindi al limite annuo di 35 sforamenti.

Nel periodo estivo sono stati registrati alcuni superamenti della soglia di informazione prevista per l'ozono e non risulta rispettato il valore obiettivo.

Per quanto riguarda gli altri inquinanti monitorati, per nessuno di essi i valori registrati sono risultati superiori ai limiti.

Tab. 4.1: Confronto dei risultati della campagna con i limiti imposti dal D. Lgs. 155/2010.

Inquinante	Parametro	Massimo campagna	Limite
Biossido di zolfo SO ₂ (µg/m ³)	Media oraria	10	350
	Media 3 h consecutive - Soglia di allarme	6,3	500
	Media giornaliera	4,8	125
	<i>Media della campagna</i>	<2,66	20 ⁽¹⁾
Biossido di azoto NO ₂ (µg/m ³)	Media oraria	125	200
	Superamenti limite media oraria	0	18 ⁽²⁾
	Media 3 h consecutive - Soglia di allarme	104	400
	<i>Media della campagna</i>	19	40 ⁽²⁾
Ossidi di azoto (NO_x) come NO₂ (µg/m³)	Media della campagna	35	30 ⁽¹⁾
Monossido di carbonio CO (mg/m ³)	Media di 8 h consecutive	3,8	10
	<i>Media della campagna</i>	0,94	-
Particelle sospese PM10 (µg/m ³)	Massima media giornaliera	100	50
	Superamenti limite media giornaliera	44	35 ⁽²⁾
	<i>Media della campagna</i>	27	40 ⁽²⁾
Piombo Pb (ng/m ³)	<i>Media della campagna</i>	8,7	500 ⁽²⁾

⁽¹⁾ Il limite è previsto come media annuale ed è valido solo per gli ecosistemi.

⁽²⁾ Il limite è previsto come media annuale o annuale (numero di superamenti e soglie di valutazione).

Tab. 4.2: Confronto dei risultati della campagna con le soglie di informazione e allarme e con il valore obiettivo per O₃ (D. Lgs. 155/2010).

Inquinante	Parametro	Massimo campagna	Valore di riferimento
Ozono O ₃ (µg/m ³)	Media oraria	230	180 (soglia di informazione)
			240 (soglia di allarme)
	Media di 8 h consecutive	187	120 (valore obiettivo) ⁽¹⁾
	Giorni di superamento del limite su 8 h	38	25 (valore obiettivo) ⁽¹⁾

⁽¹⁾ 120 µg/m³ da non superare più di 25 volte per anno civile come media su 3 anni.

Tab. 4.3: Confronto dei risultati della campagna con i valori obiettivo imposti dal D. Lgs. 155/2010.

Inquinante	Media campagna	Valore obiettivo
Arsenico As (ng/m ³)	1,5	6
Cadmio Cd (ng/m ³)	1,5	5
Nichel Ni (ng/m ³)	1,0	20
Benzo(a)pirene B(a)P (ng/m ³)	4,3	1

Il valore obiettivo è previsto come media annuale

Nei paragrafi successivi viene analizzato l'andamento delle concentrazioni dei singoli inquinanti rilevati, al fine di evidenziare le criticità presenti ed eventuali superamenti dei valori limite/obiettivo previsti.

Vengono inoltre riportati gli andamenti medi giornalieri e le medie mensili delle concentrazioni dei singoli inquinanti. Attraverso l'analisi di tali andamenti risulta possibile individuare i momenti di maggiore o minore criticità e, spesso, associare ad essi il o i responsabili dell'emissione dei vari inquinanti. In alcune situazioni e per alcuni inquinanti tale esercizio è relativamente semplice e consente delle valutazioni molto attendibili (inquinanti riconducibili praticamente ad una sola sorgente, quali l'ossido di carbonio in contesto di traffico). In altri casi, come per il particolato sottile PM10 o gli ossidi di azoto, le sorgenti sono spesso sovrapposte e quindi non sempre è possibile indicare in maniera univoca il rapporto esistente fra la fonte di emissione e le conseguenti concentrazioni rilevate nell'aria. A tali incertezze si aggiungono quelle relative alle condizioni meteo che nell'arco delle 24 ore variano molto soprattutto in relazione all'altezza dello strato di rimescolamento (minimo di notte e massimo di giorno) ed alla presenza delle brezze (tipicamente nelle ore diurne ed in particolare pomeridiane).

Per quanto riguarda il particolato sottile PM10, è stata svolta un'indagine più approfondita per stimare il contributo delle diverse fonti inquinanti tramite la metodologia del source apportionment (§ 5.2).

Oltre alla valutazione dei dati raccolti a Storo ed al loro confronto con i relativi limiti, viene proposto il confronto con i dati contemporaneamente raccolti nelle stazioni della rete fissa di

monitoraggio dislocate nei maggiori centri del Trentino ed in particolare con le misure della stazione di Riva del Garda.

4.1 Ossido di carbonio – CO

Per quanto riguarda l'ossido di carbonio, inquinante tracciante del traffico, i valori misurati risultano nel complesso contenuti, con un valore massimo sulle 8 h pari a 3,8 mg/m³.

Nonostante si osservi un innalzamento delle concentrazioni nel periodo invernale, è importante evidenziare come non si creino mai momenti di particolare criticità tenuto conto del limite che prevede una media di 10 mg/m³ protratta per almeno 8 ore consecutive.

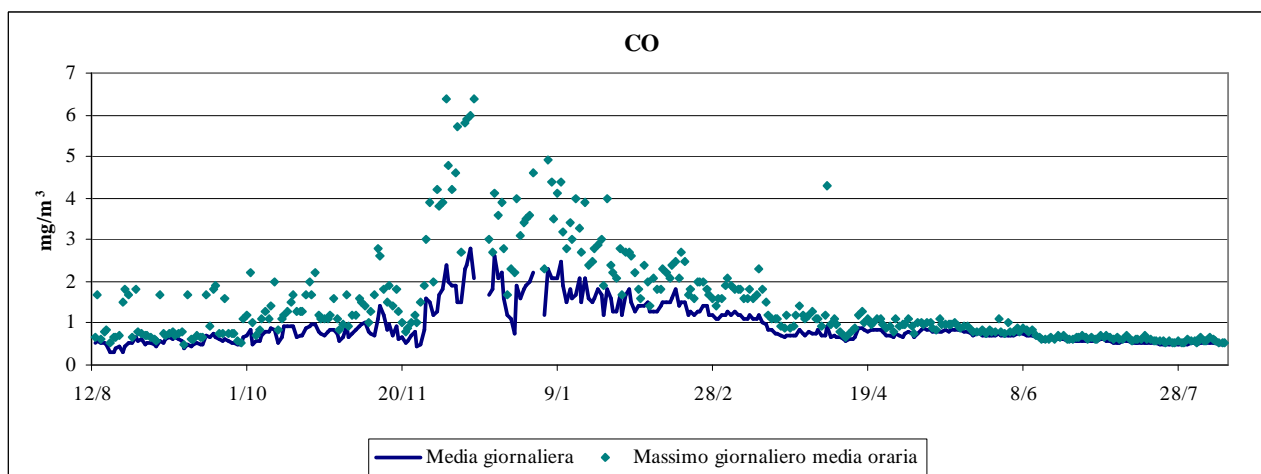


Fig. 4.1: CO – Media giornaliera e massimo orario.

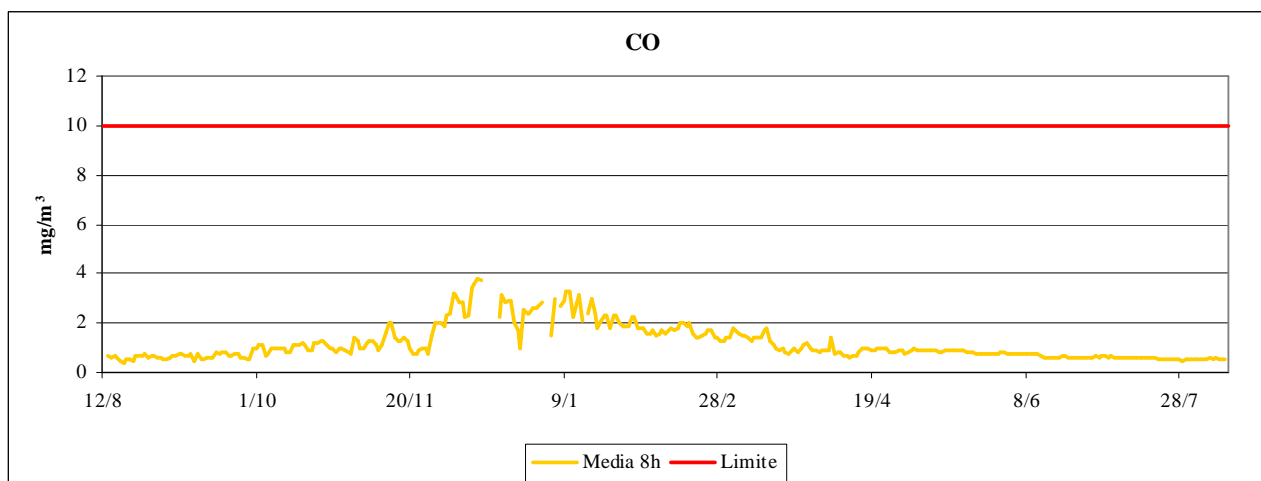


Fig. 4.2: CO – Massimo giornaliero media 8 h.

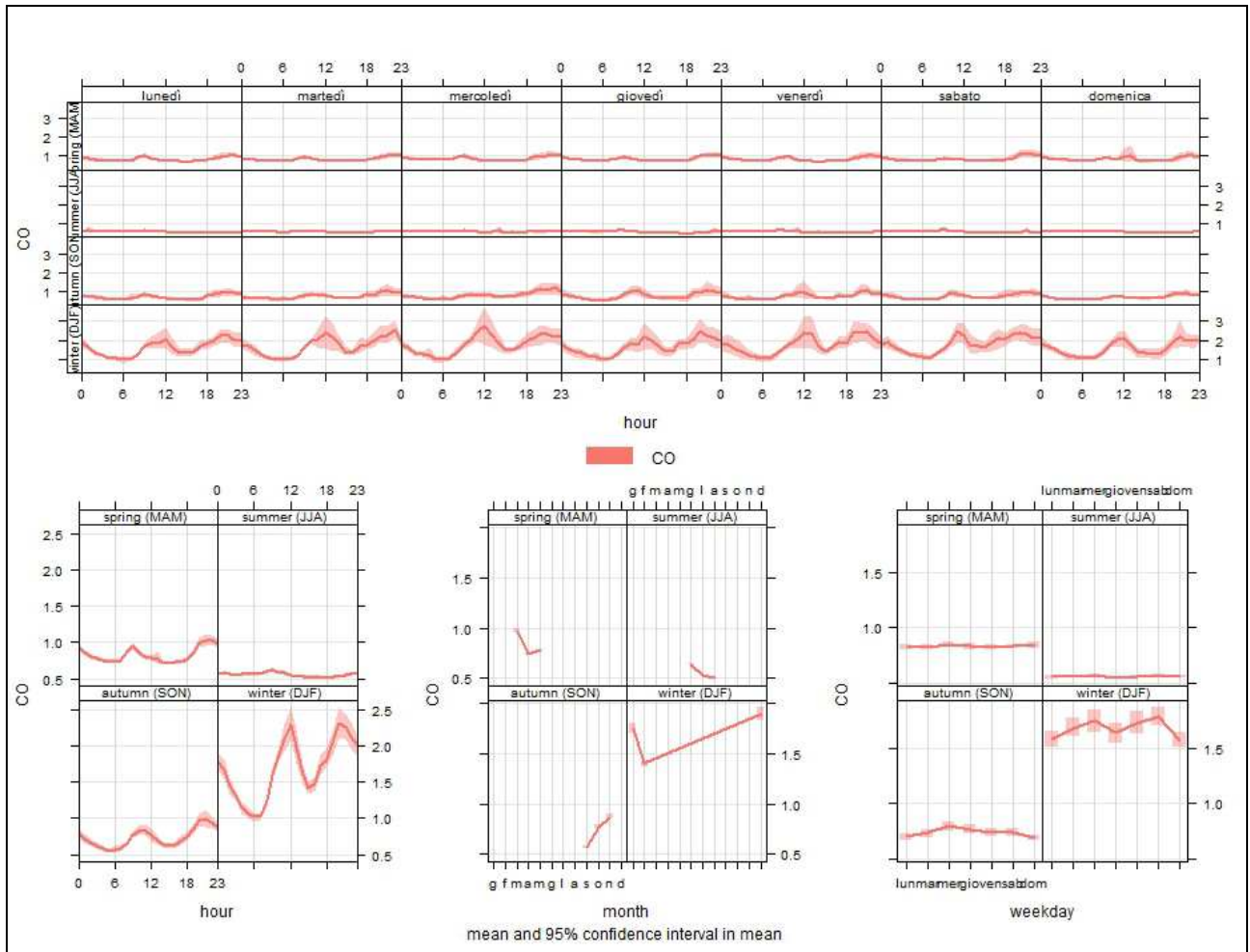


Fig. 4.3: CO – Andamenti.

4.2 Biossido di zolfo – SO₂

Il biossido di zolfo è risultato presente in concentrazioni praticamente trascurabili, con valore medio durante l'intera campagna inferiore ad 1 ppb (2,66 µg/m³). I valori medi orari e giornalieri si sono sempre mantenuti abbondantemente al di sotto dei limiti imposti.

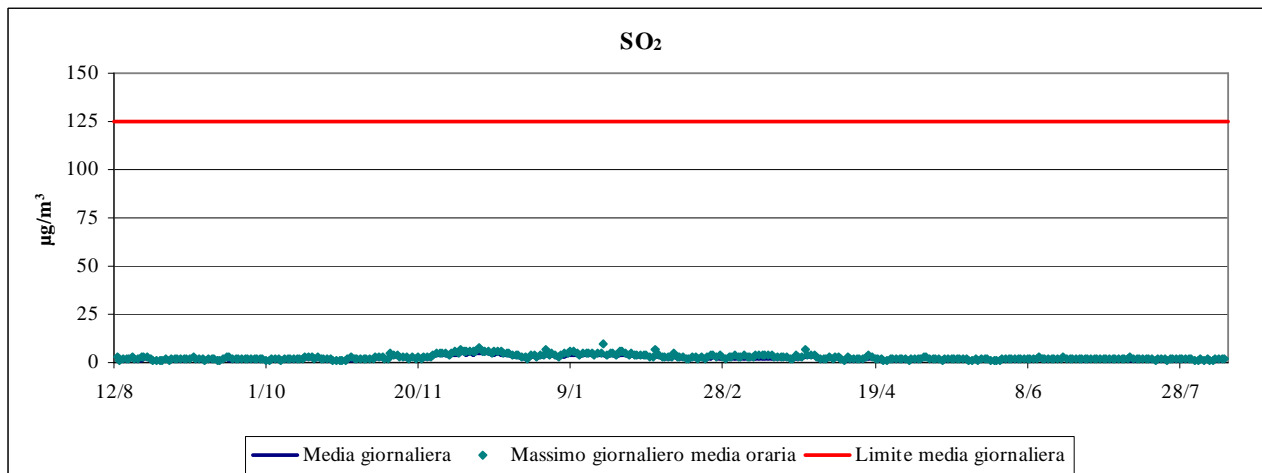


Fig. 4.4: SO₂ – Media giornaliera e massimo orario.

4.3 Polveri sottili PM10

La valutazione delle concentrazioni di particolato fine PM10 prevede il confronto con due limiti, uno di media annuale ed uno di media giornaliera ma con un conteggio complessivo anch'esso su base annuale.

In generale, i dati raccolti in campagne di misura con una durata inferiore all'anno non consentono quindi il confronto immediato con i limiti così definiti, anche perché risultano fortemente influenzati dal periodo dell'anno in cui la campagna viene effettuata. La campagna condotta a Storo, al contrario, ha avuto una durata tale (12 mesi) da consentire il confronto con i limiti annuali, sebbene non sia possibile far riferimento all'anno civile come previsto a livello normativo.

Si osserva quanto segue:

- sono stati registrati 44 sforamenti del limite di media giornaliera, 9 oltre il limite consentito di 35 all'anno;
- tra il 28/11/2013 ed il 18/01/2014, sono stati registrati, su 51 giorni di misura, 42 sforamenti (la quasi totalità di quelli registrati nell'intero periodo di misura);
- il numero di sforamenti risulta superiore a quanto registrato contemporaneamente in tutte le stazioni della rete fissa provinciale;
- il valore massimo di media giornaliera è risultato pari a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (4 dicembre 2013);
- il valore medio dell'intero periodo è stato di $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$, superiore a quanto registrato contemporaneamente in tutte le stazioni della rete fissa (media dell'intera rete provinciale $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ma ben inferiore al limite annuo di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- si osserva, fra i dati di Storo e quelli della rete fissa di monitoraggio, una parziale sovrapposizione degli andamenti delle concentrazioni. In particolare, c'è una buona correlazione nei mesi estivi, mentre è quasi assente nei mesi invernali (Fig. 4.10). Nel periodo invernale, i valori registrati a Storo sono sostanzialmente più elevati rispetto a quelli rilevati in tutte le stazioni della rete fissa;
- l'andamento giornaliero delle concentrazioni presenta una doppia gobba, con un picco al mattino e uno pomeridiano-serale. L'andamento risulta concorde con l'aumento del traffico e dei momenti di maggiore utilizzo, nel periodo invernale, degli impianti termici dopo la "pausa" notturna (Fig. 4.11);
- in base al confronto tra i valori registrati a Storo e presso le stazioni di monitoraggio della rete fissa, il limite normativo previsto per la media annuale risulta rispettato, così come in tutte le stazioni di monitoraggio della rete provinciale;
- in base al confronto con i dati medi della rete fissa è possibile affermare che i giorni annui di superamento del limite relativo alla media giornaliera delle polveri sottili PM10 risultano in numero maggiore rispetto a tutte le stazioni della rete fissa. Il limite annuo non risulta rispettato;

- durante l'inverno 2013-14, la concentrazione di PM10 misurata sull'intera rete provinciale di monitoraggio è risultata inferiore rispetto a quanto registrato negli anni precedenti, con un numero di sforamenti minore rispetto ai valori normalmente registrati in tale stagione. Non è possibile affermare se tale trend si sia verificato anche a Storo, in quanto, come detto in precedenza, nel periodo invernale non vi è una significativa correlazione tra quanto registrato presso questo sito e i dati delle stazioni fisse;
- i campionamenti nei siti di misura aggiuntivi (Fig. 4.12) sono stati effettuati a partire dal 12 dicembre 2013. Di conseguenza, nei primi 2 siti, Ponte Tedeschi e Piazza Cortella, i campionamenti coincidono con il periodo identificato come maggiormente critico. Il primo sito, posizionato lontano dal centro abitato, presenta concentrazioni inferiori rispetto al sito di via Battisti. Il secondo sito, scelto all'interno del centro abitato, presenta invece valori maggiori. I successivi siti aggiuntivi, nei quali i campionamenti sono stati effettuati nel periodo in cui presso il sito di via Battisti le medie giornaliere erano scese al di sotto del limite, presentano mediamente valori pari od inferiori rispetto al sito fisso, senza significative differenze.

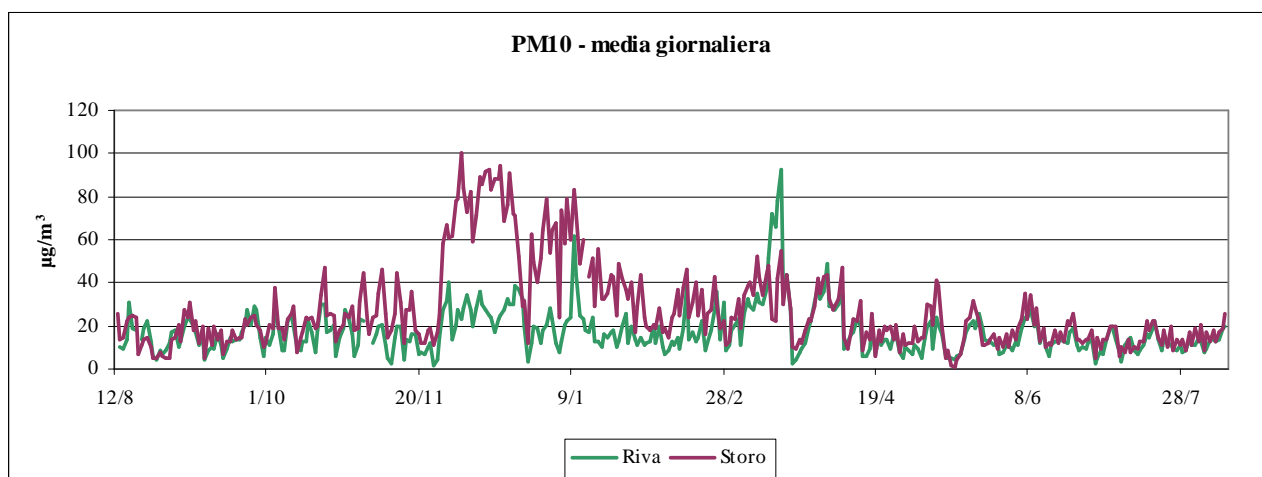


Fig. 4.5: PM10 – Media giornaliera (Storo e Riva del Garda).

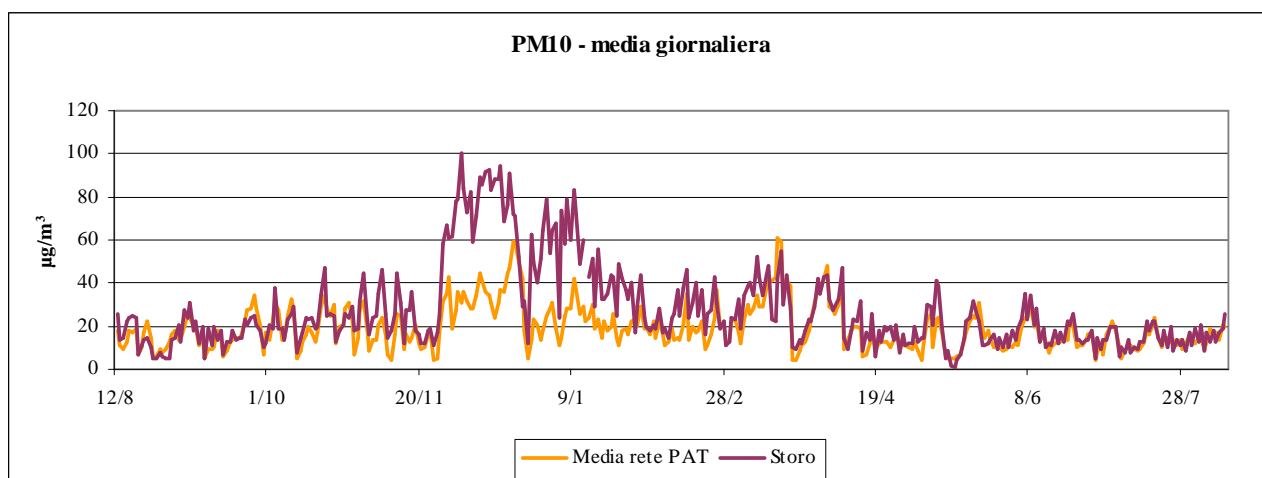


Fig. 4.6: PM10 – Media giornaliera (Storo e media rete PAT).

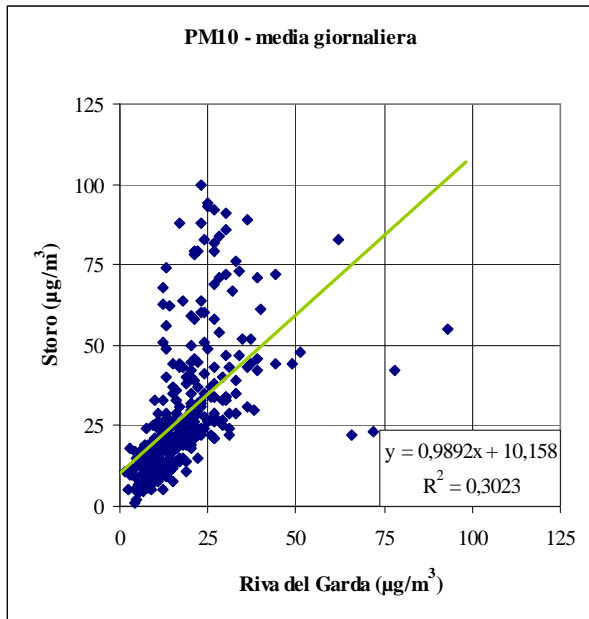


Fig. 4.7: PM10 – Retta di correlazione (Storo – Riva del Garda).

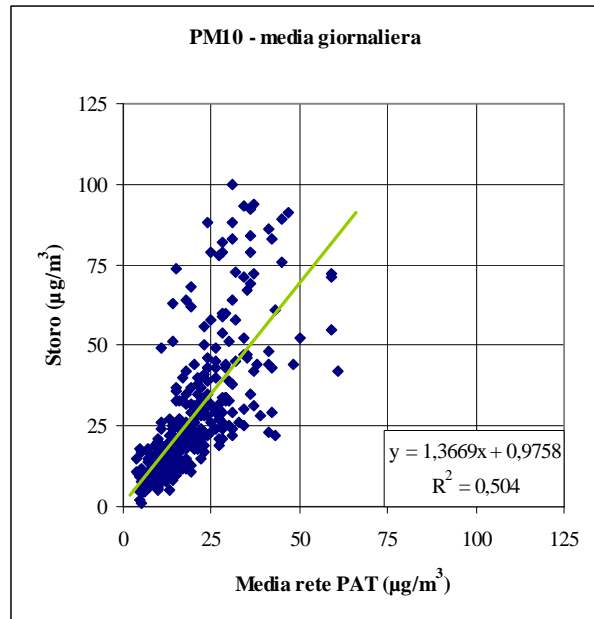


Fig. 4.8: PM10 – Retta di correlazione (Storo – media rete PAT).

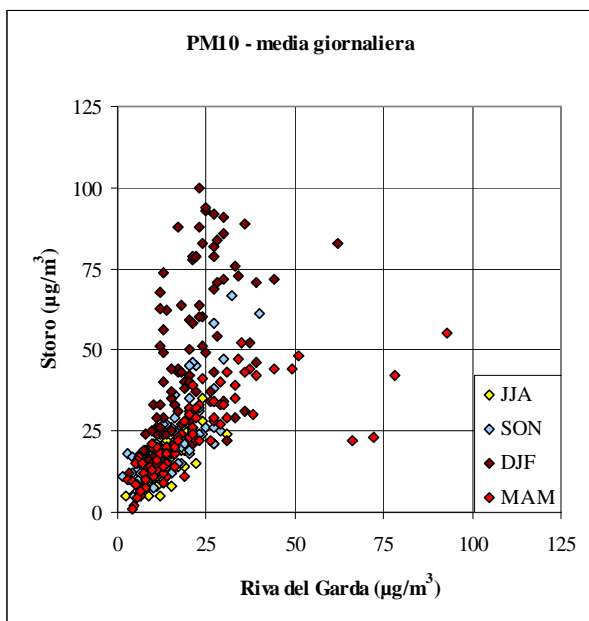


Fig. 4.9: PM10 – Correlazione stagionale (Storo – Riva del Garda).

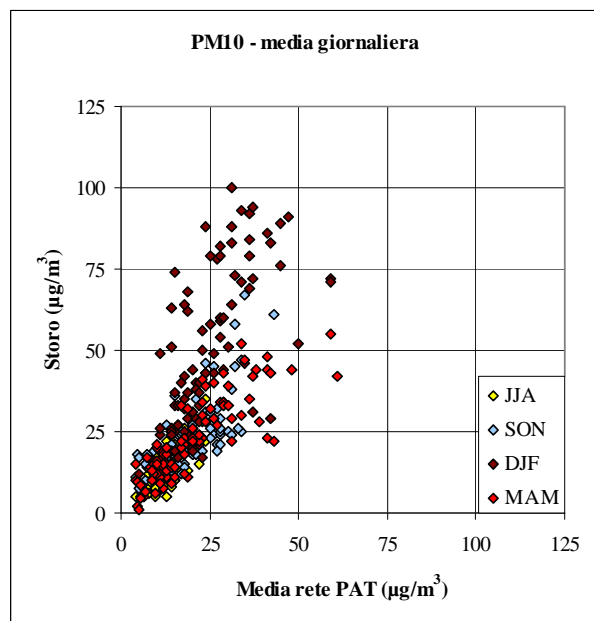


Fig. 4.10: PM10 – Correlazione stagionale (Storo – media rete PAT).

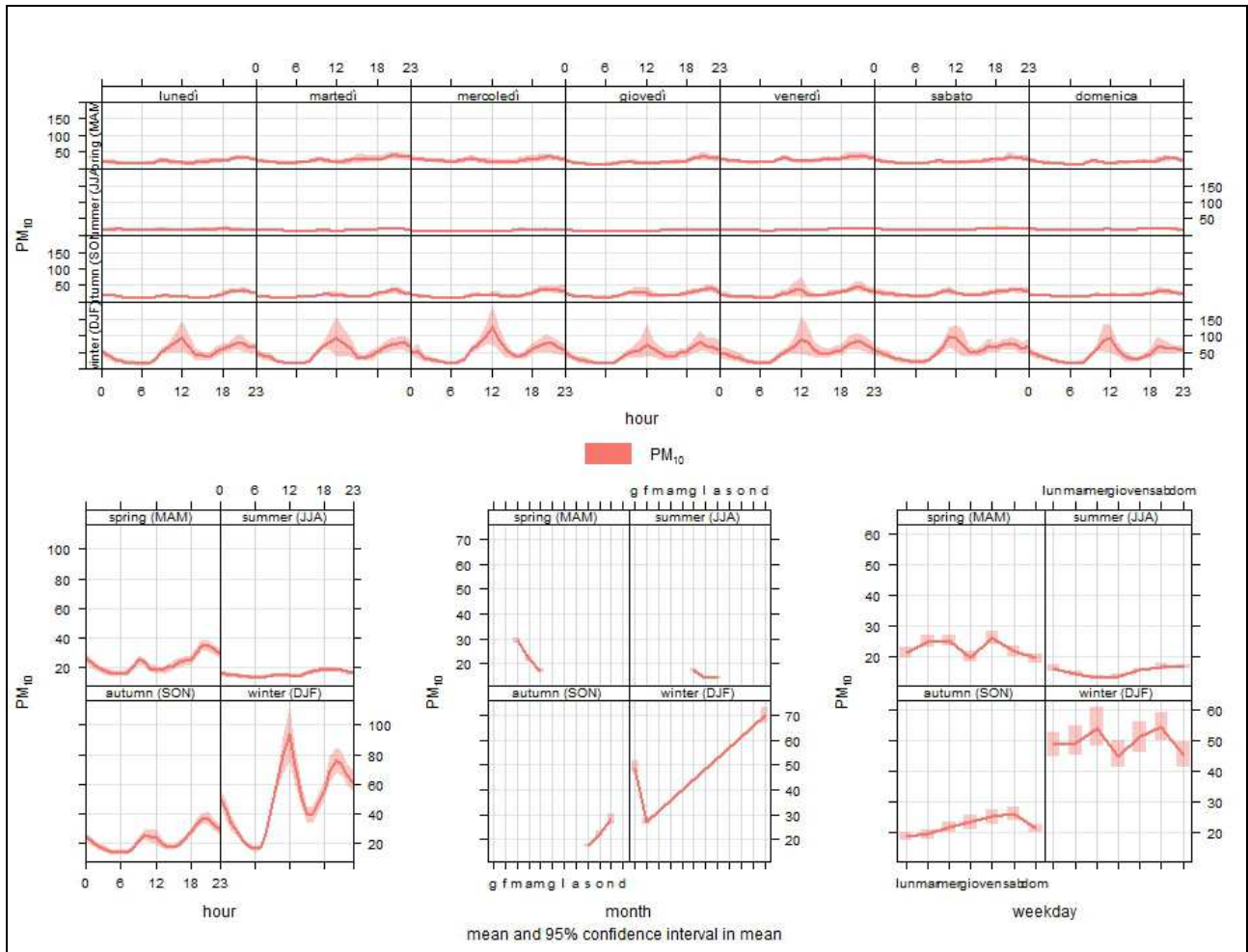


Fig. 4.11: PM10 – Andamenti.

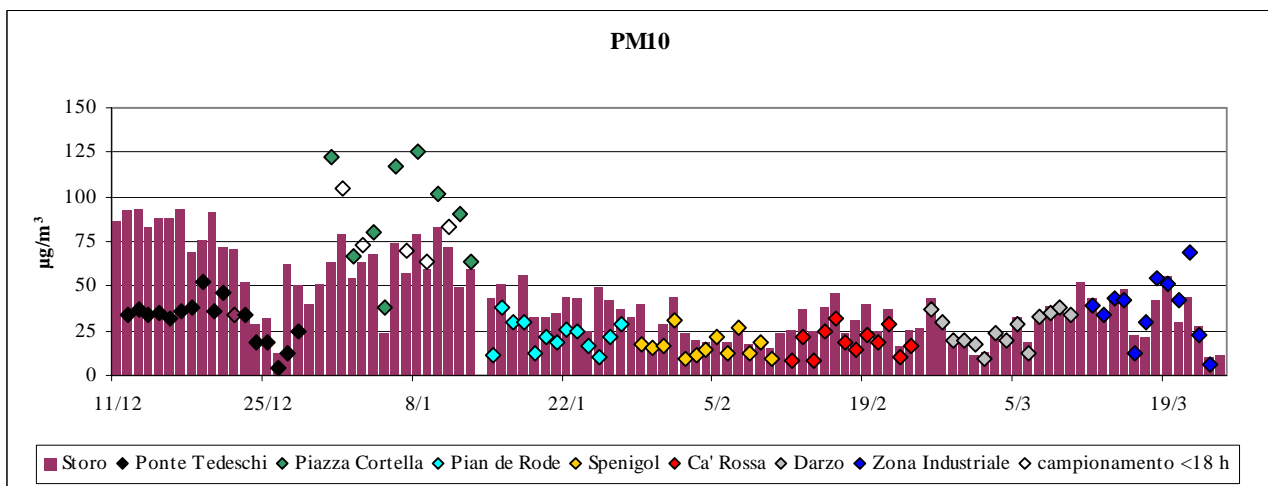


Fig. 4.12: PM10 – Media giornaliera (siti aggiuntivi).

4.4 Ossido e biossido di azoto – NO e NO₂

Per quanto riguarda l'NO₂, la sua emissione diretta dagli scarichi dei motori o altre sorgenti è contenuta, e la sua presenza ha quindi natura principalmente “secondaria” e non “primaria”. In particolare la quantità più rilevante di NO₂ si forma in atmosfera partendo dall'NO emesso direttamente dalle varie sorgenti (scarichi dei veicoli ma anche tutti i sistemi dove avviene una combustione). Questo spiega l'andamento più livellato e la maggiore persistenza con concentrazioni relativamente alte anche durante le ore notturne. Questa caratteristica risulta peraltro essere parzialmente ridimensionata dalla qualità delle emissioni dei veicoli più recenti laddove l'emissione complessiva di NO_x è sensibilmente diminuita rispetto ai veicoli più vecchi, con però uno spostamento del rapporto NO/NO₂ a favore dell'NO₂. Questo spiega l'andamento giornaliero anche dell'NO₂ per certi aspetti in parziale diretta correlazione con i volumi di traffico.

Da un punto di vista sanitario e quindi anche normativo, l'NO non è considerato pericoloso per la salute e quindi non sono previsti limiti massimi di concentrazione. Al contrario, per l'NO₂ sono previsti due limiti, uno di media annuale ed uno di media oraria.

Come per le polveri sottili PM10, si propone il confronto tra i dati di NO₂ rilevati a Storo e presso le stazioni della rete fissa.

Si osserva quanto segue:

- non sono mai stati registrati sforamenti del limite relativo alla media oraria pari a 200 µg/m³ (Fig. 4.15);
- il valore massimo di media oraria è risultato pari a 125 µg/m³ (17 dicembre 2013);
- le concentrazioni di NO₂ risultano abbondantemente inferiori alla soglia di allarme (Fig. 4.19);
- la concentrazione media giornaliera risulta contenuta, ed inferiore rispetto alla media della rete fissa di monitoraggio (Fig. 4.18);
- gli andamenti medi giornalieri di NO ed NO₂ presentano entrambi due picchi giornalieri, con valori inferiori nel periodo estivo e nella giornata di domenica (Fig. 4.20 e Fig. 4.21);
- il valore medio dell'intero periodo è stato di 19 µg/m³, ben inferiore al valore limite previsto per la media annuale (40 µg/m³), alla media della rete PAT (31 µg/m³) e al valore di Riva del Garda (27 µg/m³);
- in base al confronto tra i valori registrati a Storo e presso le stazioni di monitoraggio della rete fissa, risultano senza dubbio rispettati tutti i limiti normativi imposti per l'NO₂.

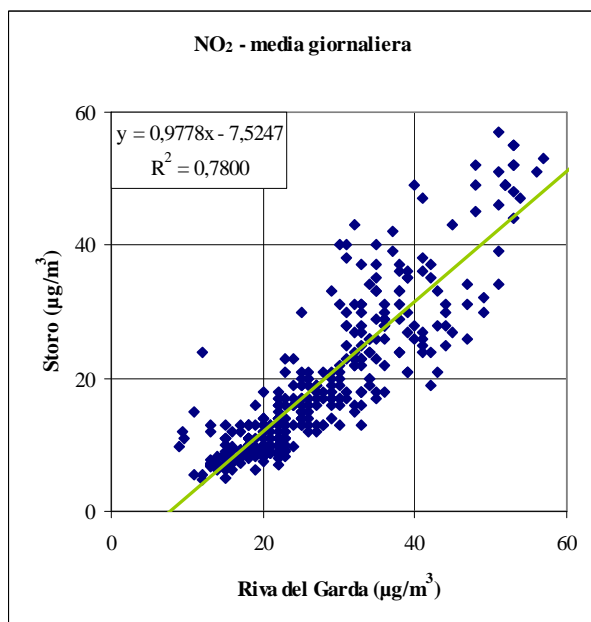


Fig. 4.13: NO₂ – Retta di correlazione (Storo – Riva del Garda).

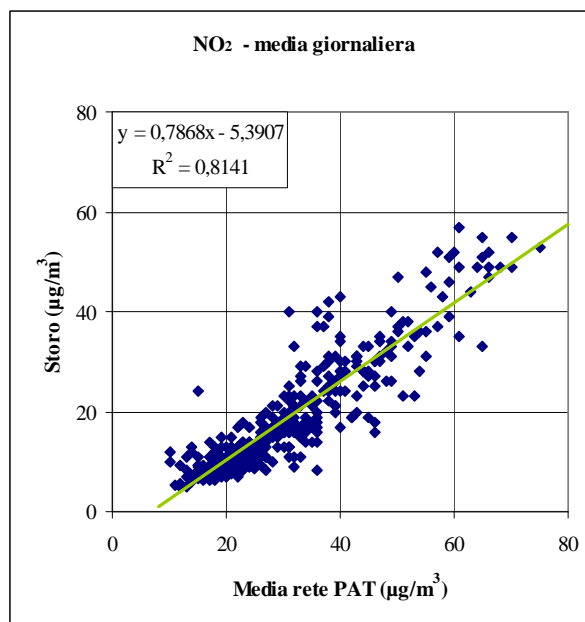


Fig. 4.14: NO₂ – Retta di correlazione (Storo – media rete PAT).

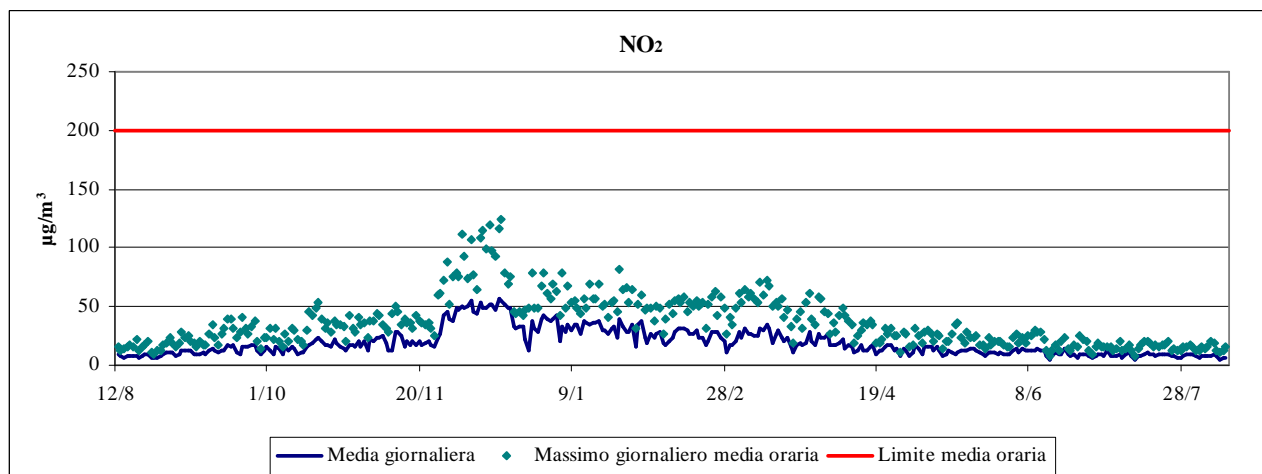


Fig. 4.15: NO₂ – Media giornaliera e massimo orario.

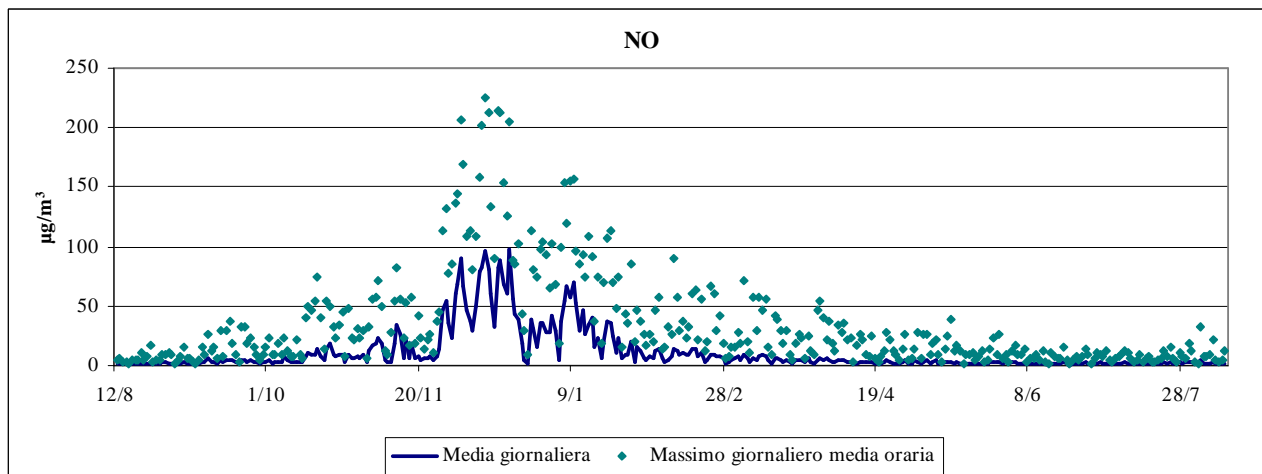


Fig. 4.16: NO – Media giornaliera e massimo orario.

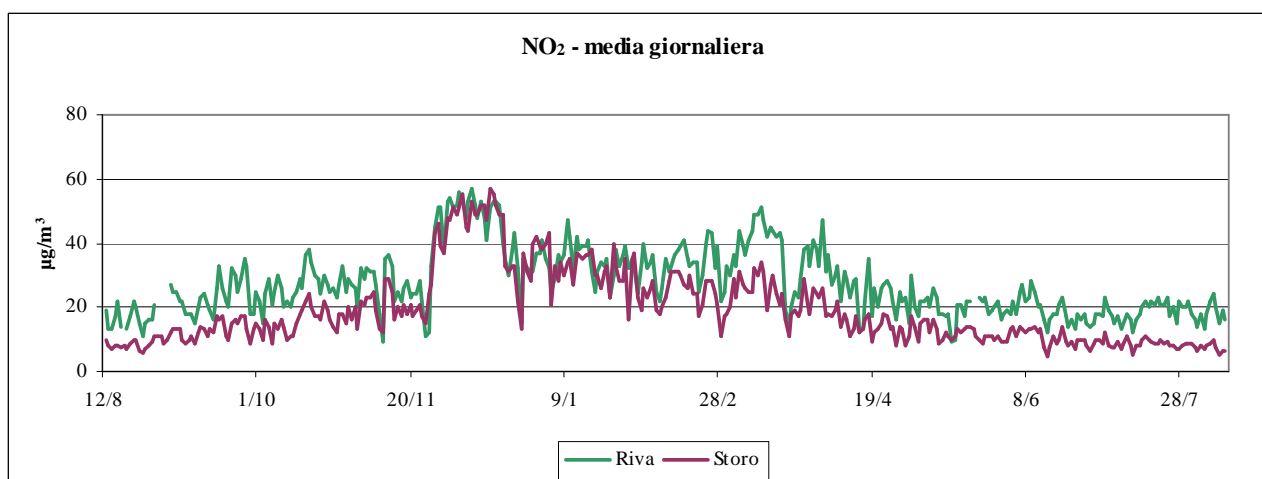


Fig. 4.17: NO₂ – Media giornaliera (Storo e Riva del Garda).

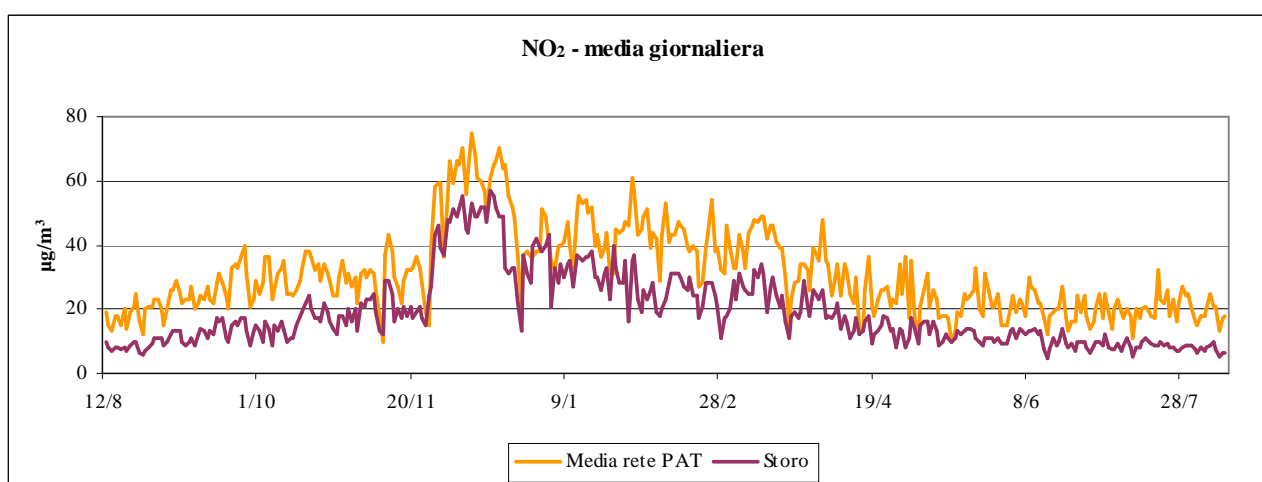


Fig. 4.18: NO₂ – Media giornaliera (Storo e media rete PAT).

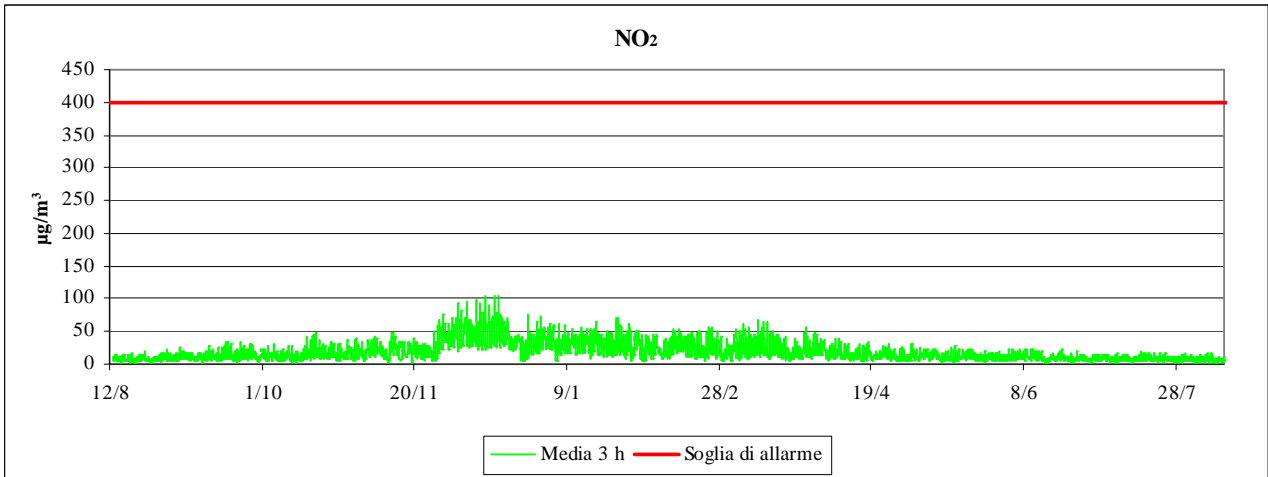


Fig. 4.19: NO₂ – Media 3 h.

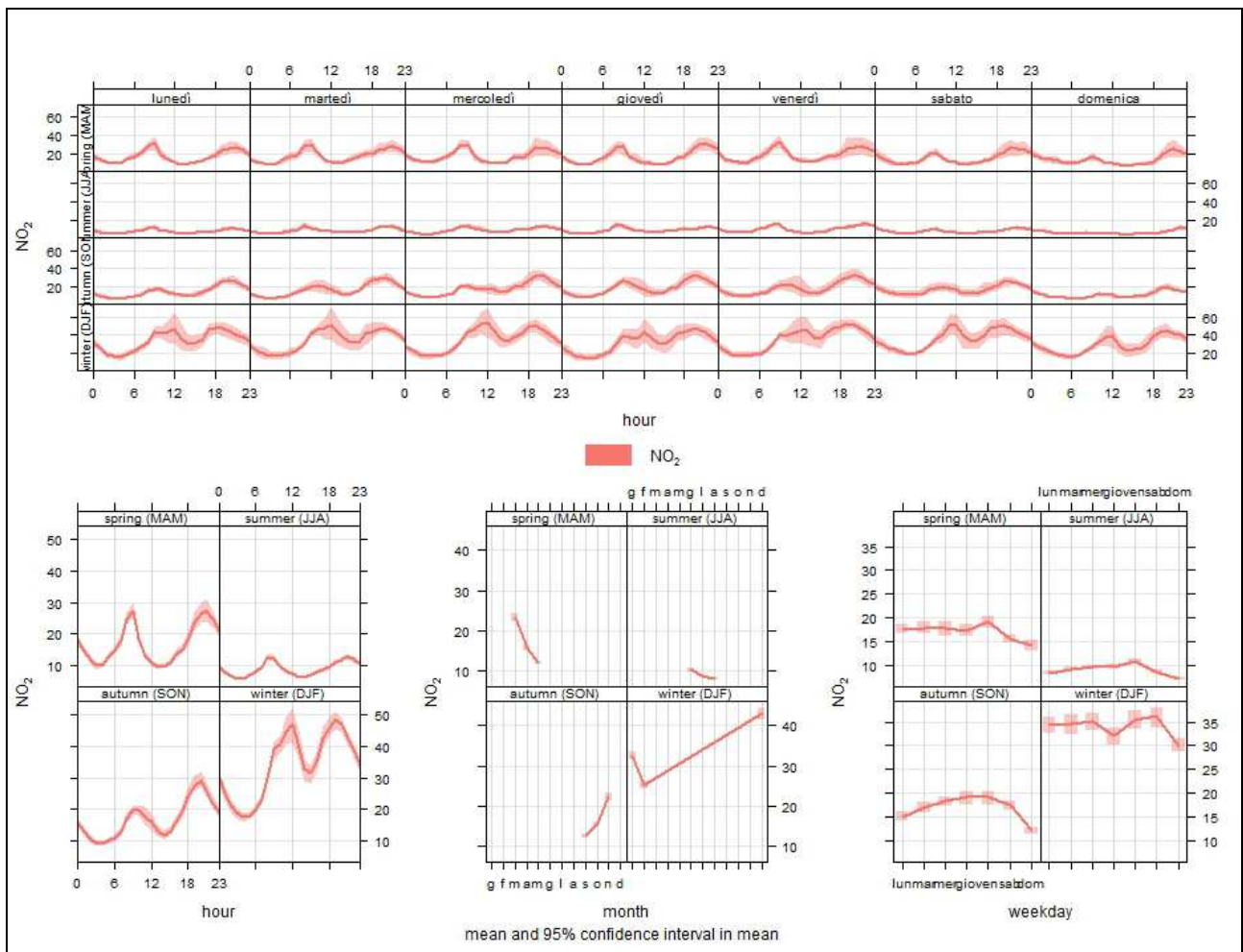


Fig. 4.20: NO₂ – Andamenti.

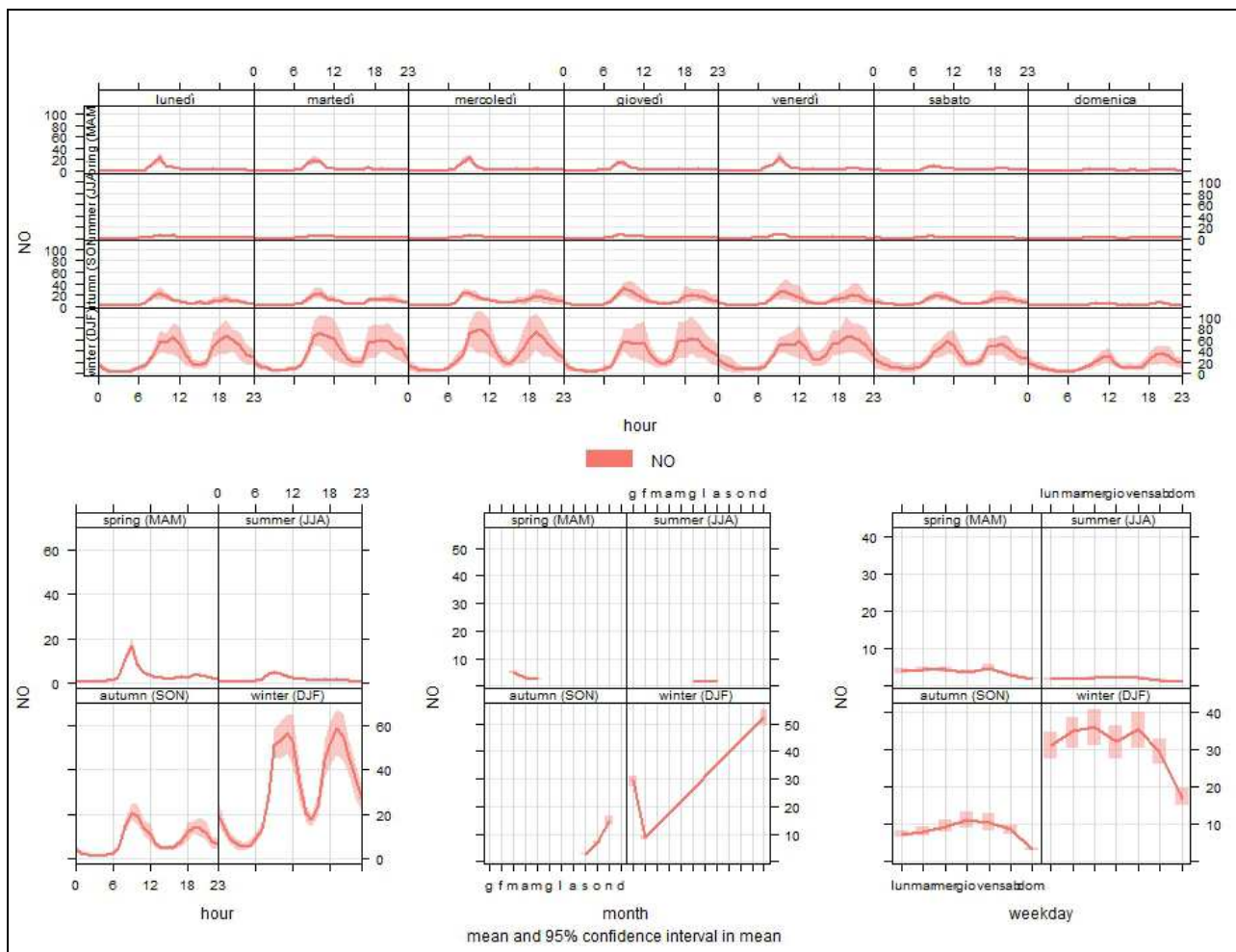


Fig. 4.21: NO – Andamenti.

4.5 Ozono – O₃

La concentrazione media oraria di ozono è quasi sempre risultata inferiore alla soglia di informazione. Solo nel periodo compreso tra il 7 e l'11 giugno 2014 sono state registrate concentrazioni superiori, con un picco massimo orario pari a 230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, maggiore del primo riferimento posto a 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (soglia di informazione), ma inferiore alla soglia di allarme (240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Fig. 4.22).

Il numero annuo di superamenti del valore obiettivo (120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ calcolato come media su 8 h) è risultato pari a 38, superiore quindi al valore obiettivo di 25 sforamenti (Fig. 4.23).

L'andamento delle medie giornaliere non si discosta in maniera significativa da quanto registrato nelle stazioni della rete fissa. Solo durante l'inverno, in corrispondenza del periodo in cui a Storo si sono registrati gli incrementi nelle concentrazioni degli altri inquinanti, le concentrazioni medie giornaliere di O₃ si mantengono stabili e più elevate rispetto alle stazioni di misura fisse (Fig. 4.24).

L'andamento medio giornaliero della concentrazione di ozono rispecchia la particolarità di questo inquinante, esclusivamente "secondario", rispetto a tutti gli altri. In particolare la sua presenza è legata al ciclo giornaliero della luce, con i massimi in corrispondenza delle ore e dei mesi maggiormente soleggiati (Fig. 4.29).

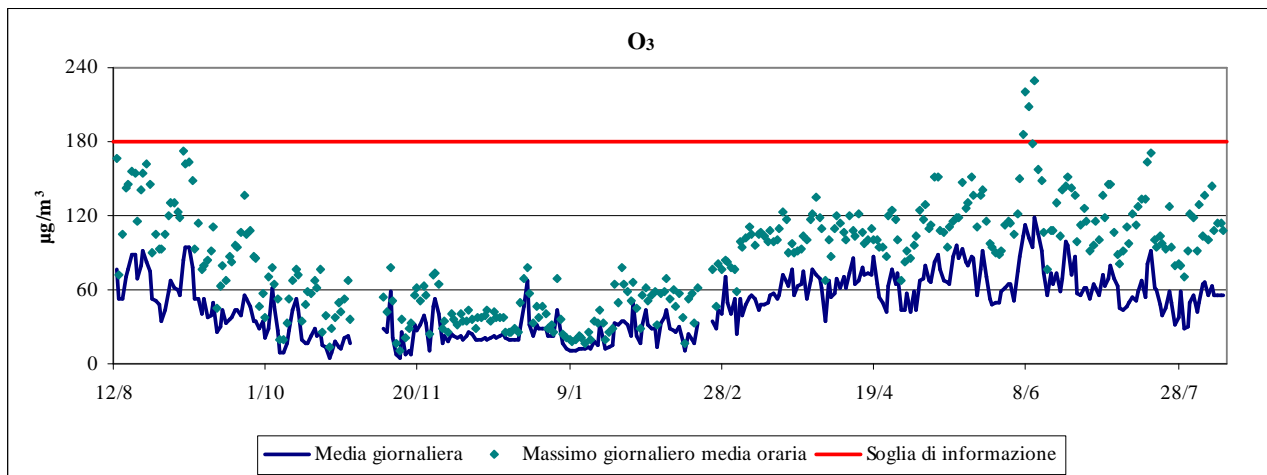


Fig. 4.22: O₃ – Media giornaliera e massimo orario.

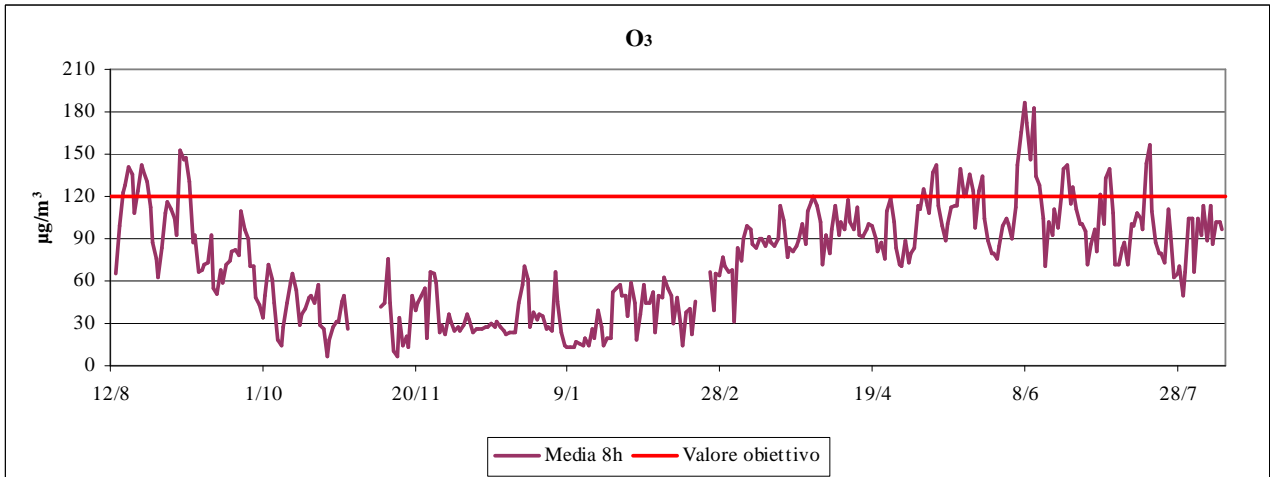


Fig. 4.23: O₃ – Massimo giornaliero media 8 h.

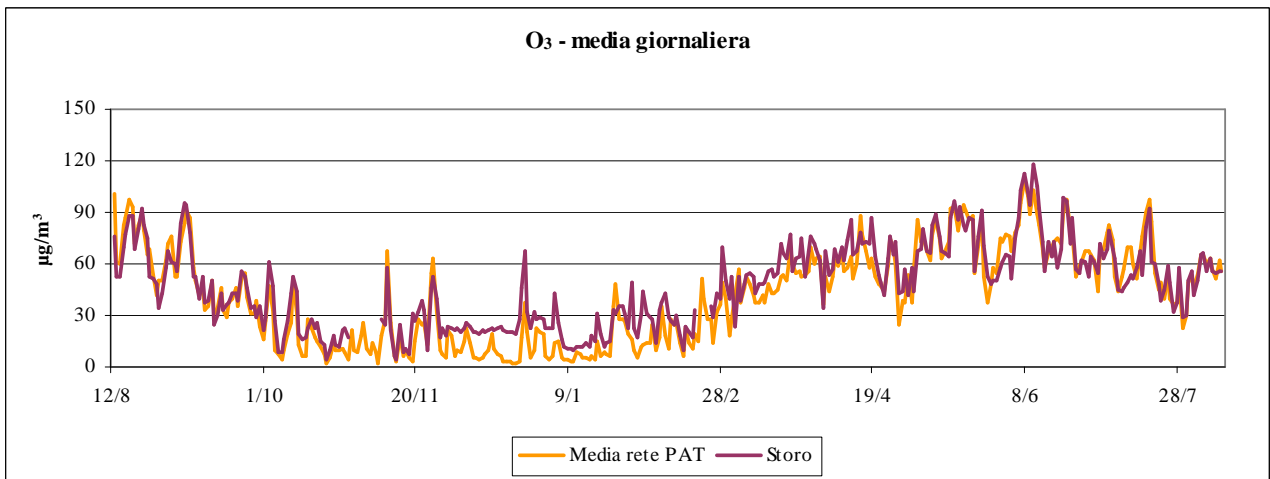


Fig. 4.24: O₃ – Media giornaliera (Storo e media rete PAT).

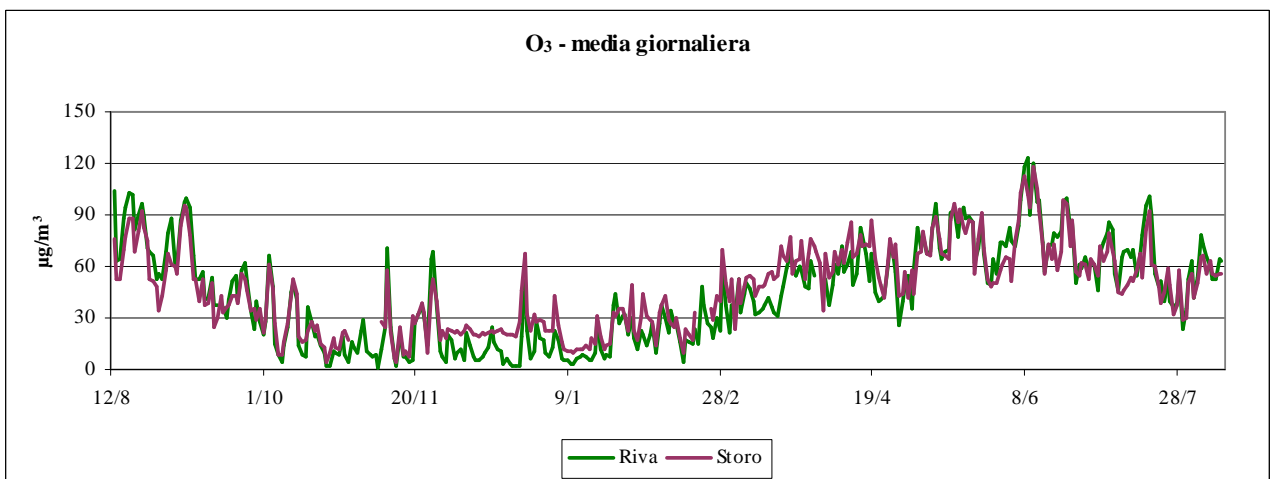


Fig. 4.25: O₃ – Media giornaliera (Storo e Riva del Garda).

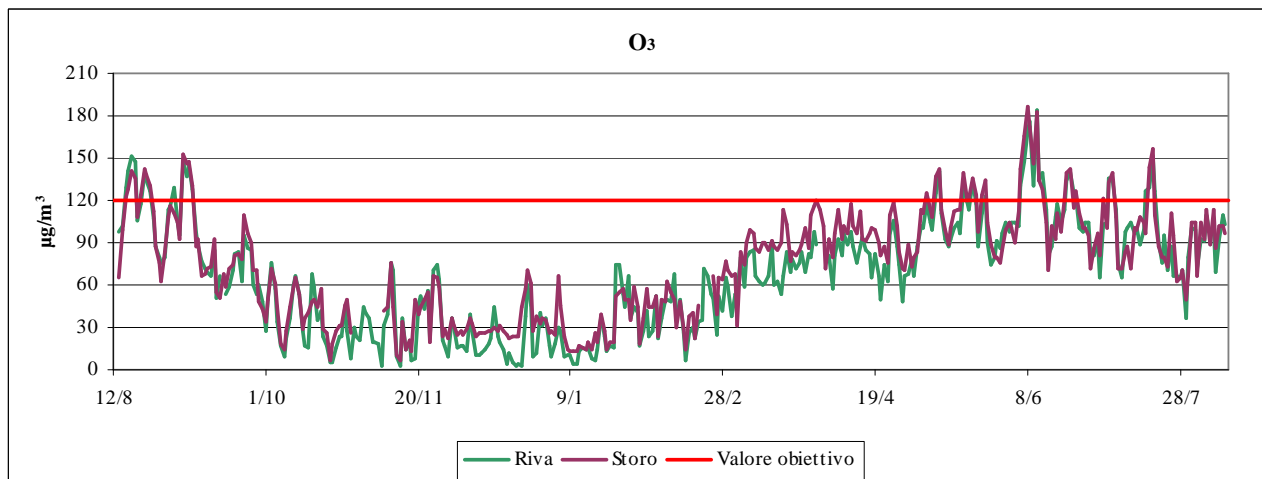


Fig. 4.26: O₃ – Massimo giornaliero media 8 h (Storo e Riva del Garda).

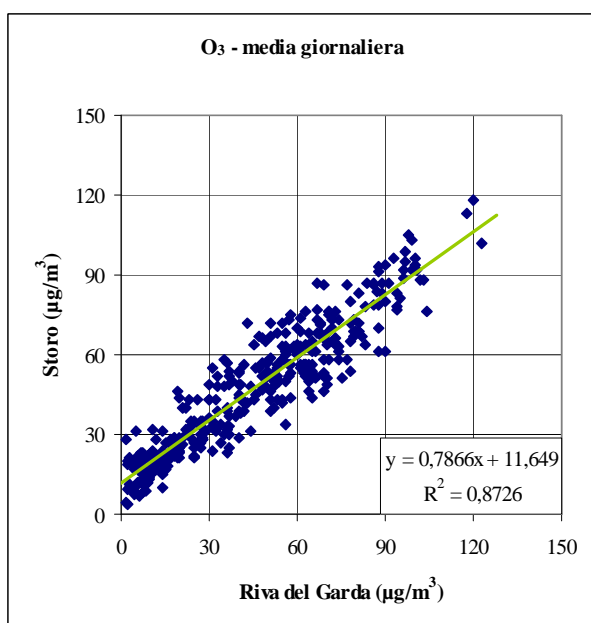


Fig. 4.27: O₃ – Retta di correlazione (Storo – Riva del Garda).

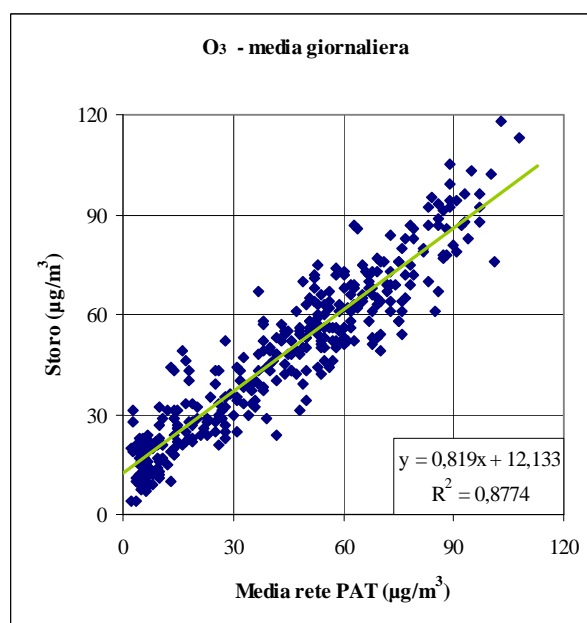


Fig. 4.28: O₃ – Retta di correlazione (Storo – media rete PAT).

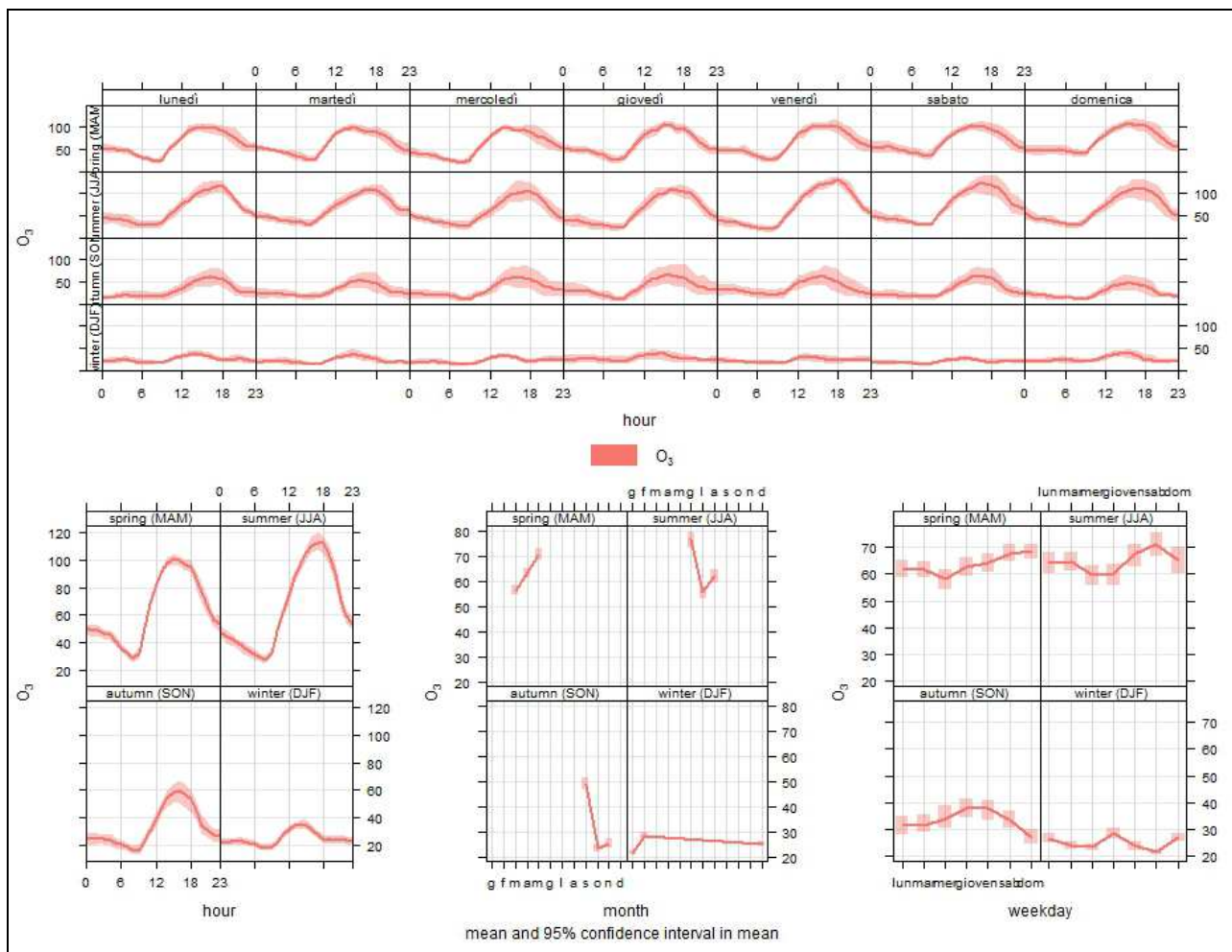


Fig. 4.29: O₃ – Andamenti.

4.6 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Sui campioni gravimetrici di PM10 raccolti durante la campagna sono state effettuate delle analisi per dosare il contenuto dei principali idrocarburi policiclici aromatici (IPA) (Tab. 4.4). Sono stati raccolti in totale 349 campioni presso il sito di via Battisti e 95 presso i siti aggiuntivi.

Tab. 4.4: IPA – valori medi della campagna (via Battisti).

	Media campagna (ng/m ³)
benzo(a)antracene	3,2
benzo(a)pirene	4,3
benzo(b)fluorantene	3,5
benzo(g,h,i)perilene	3,1
benzo(k)fluorantene	1,8
crisene	4,2
dibenzo(a,h)antracene	0,42
fluorantene	0,79
indeno(1,2,3-cd)pirene	3,1
perilene	0,77
pirene	2,1

Non esistono ancora, per la quasi totalità degli IPA, veri e propri limiti. Solamente per il benzo(a)pirene, un idrocarburo policiclico aromatico originato in molti processi di combustione e di riconosciuta pericolosità anche a bassi livelli di concentrazione, è fissato un *valore obiettivo* pari ad 1 ng/m³ come media annuale (D. Lgs. 155/2010).

L'andamento temporale osservato a Storo è quello tipico di questo inquinante, con valori più elevati nella stagione invernale e prossimi allo zero in quella estiva. La concentrazione media di benzo(a)pirene registrata, pari a 4,3 ng/m³, risulta superiore al valore obiettivo.

Le concentrazioni rilevate a Storo risultano più elevate rispetto a quanto misurato nello stesso periodo presso la stazione di monitoraggio di Trento Parco S. Chiara (Fig. 4.31).

Per quanto riguarda i siti di misura aggiuntivi, valgono le stesse considerazioni effettuate per il PM10. Nel periodo in cui le concentrazioni di B(a)P risultano più elevate, si nota una chiara differenza tra i valori registrati all'interno del centro abitato, più elevati, e quelli relativi al sito di Ponte Tedeschi (Fig. 4.32).

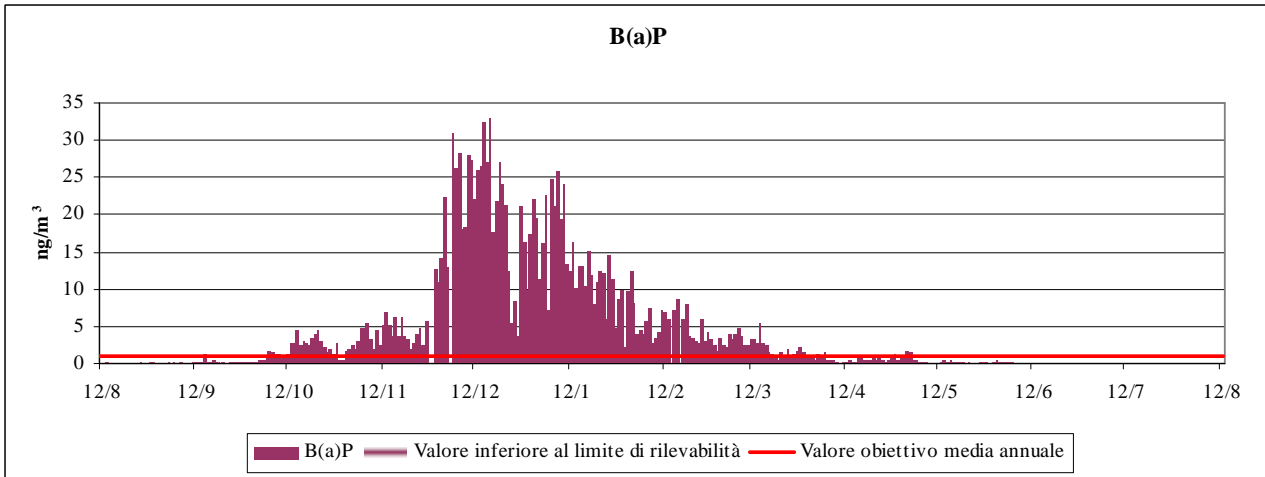


Fig. 4.30: B(a)P – Media giornaliera.

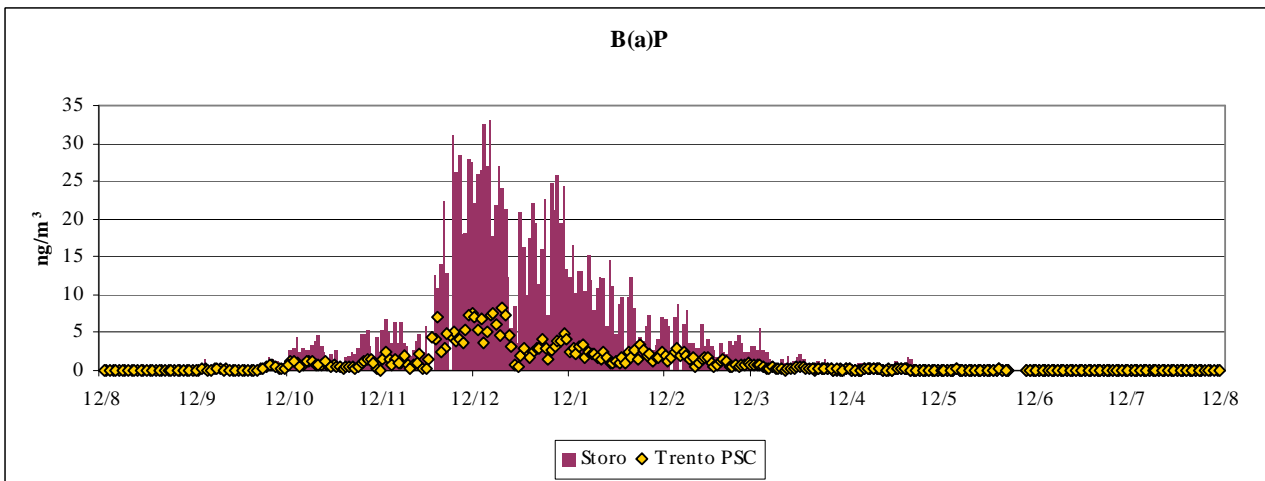


Fig. 4.31: B(a)P – Media giornaliera (Storo e Trento Parco S. Chiara).

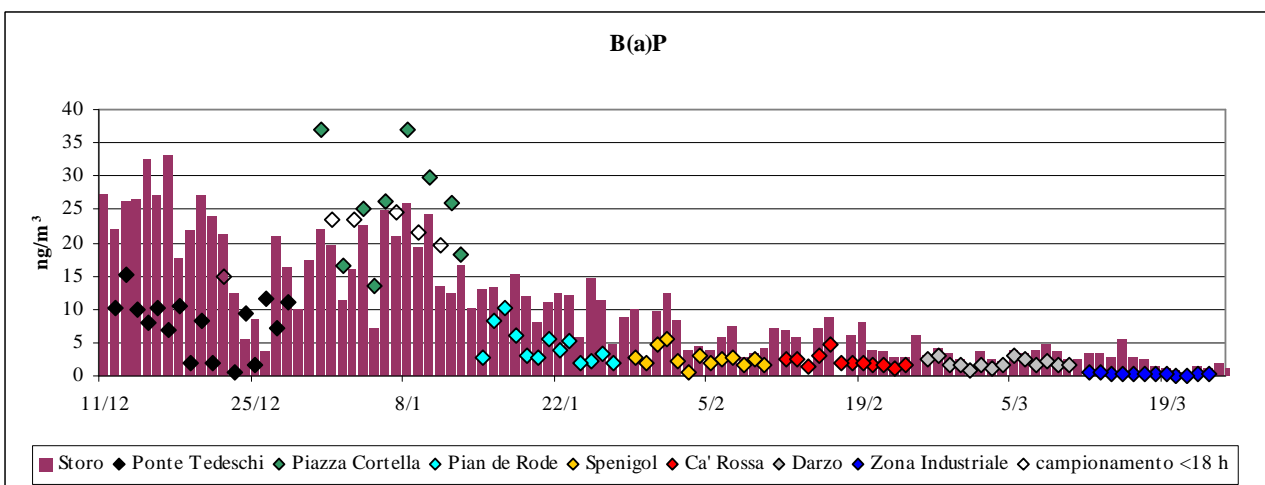


Fig. 4.32: B(a)P – Media giornaliera (siti aggiuntivi).

4.7 Metalli

Sui campioni gravimetrici di PM10 raccolti durante la campagna sono state effettuate delle analisi per dosare il contenuto di metalli (Tab. 4.5).

Per 3 metalli, arsenico, cadmio e nichel, è fissato un *valore obiettivo* calcolato come media annuale, mentre per il piombo esiste un *valore limite* calcolato come media annuale (D. Lgs. 155/2010). I valori misurati nel corso della campagna risultano largamente inferiori ai limiti indicati (Tab. 4.6). In particolare, sono risultati inferiori al limite di rilevabilità strumentale i valori di arsenico e cadmio nel 100% dei campioni, del nichel nel 94% dei campioni.

Tab. 4.5: Metalli – valori medi della campagna (ng/m³).

Al	118	Cl	86	Ni	1,0	Sn	2,5
Sb	4,6	Co	3,6	Pb	8,7	Sr	2,6
As	1,5	Cr	3,5	K	574	Ti	12
Ba	17	Fe	315	Cu	10	V	1,5
Br	2,1	Mg	115	Rb	2,1	Zn	46
Cd	1,5	Mn	10	Si	341	Zr	1,4
Ca	613	Mo	5,9	Na	143	S	641

Tab. 4.6: Metalli – valori limite/obiettivo (ng/m³).

	Media campagna	Valore limite / obiettivo
As	1,5	6
Cd	1,5	5
Ni	1,0	20
Pb	8,7	500

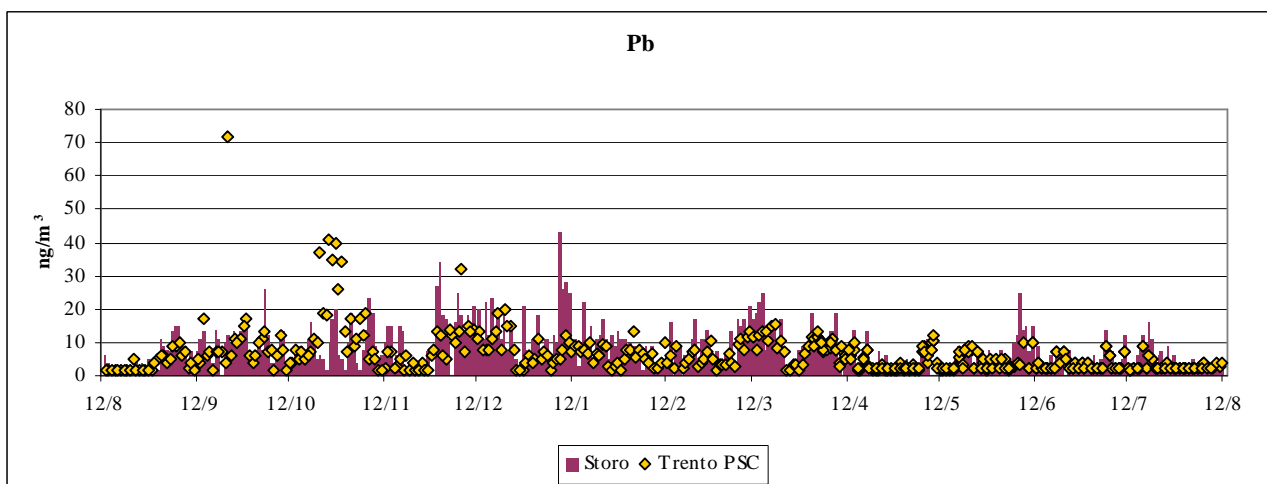


Fig. 4.33: Pb – Media giornaliera (Storo e Trento Parco S. Chiara).

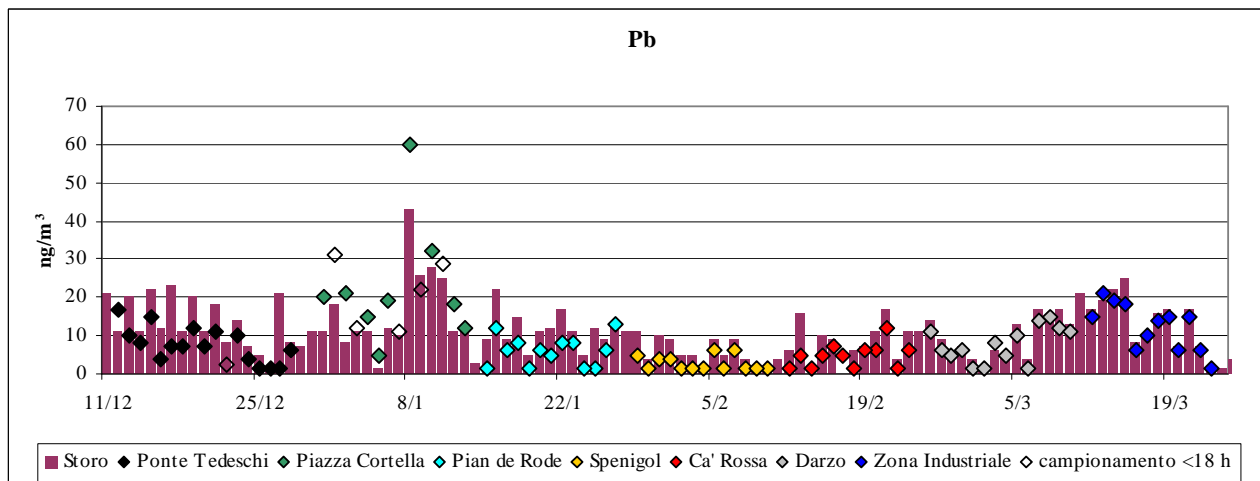


Fig. 4.34: Pb – Media giornaliera (siti aggiuntivi).

4.8 Periodo invernale

Come evidenziato in precedenza, dai dati raccolti è possibile individuare un periodo critico per quanto riguarda la concentrazione in aria di particolato sottile PM₁₀. Tra il 28/11/2013 ed il 18/01/2014, infatti, sono stati registrati, su 51 giorni di misura, 42 sforamenti del limite previsto per la media giornaliera.

Quello che è importante sottolineare è che in tale periodo l'innalzamento delle concentrazioni non ha riguardato solo il PM₁₀, ma anche gli altri inquinanti (Fig. 4.35). Anche per il biossido di azoto NO₂, ad esempio, sono state osservate concentrazioni che, sebbene complessivamente contenute, risultano elevate se rapportate alla media del resto della campagna.

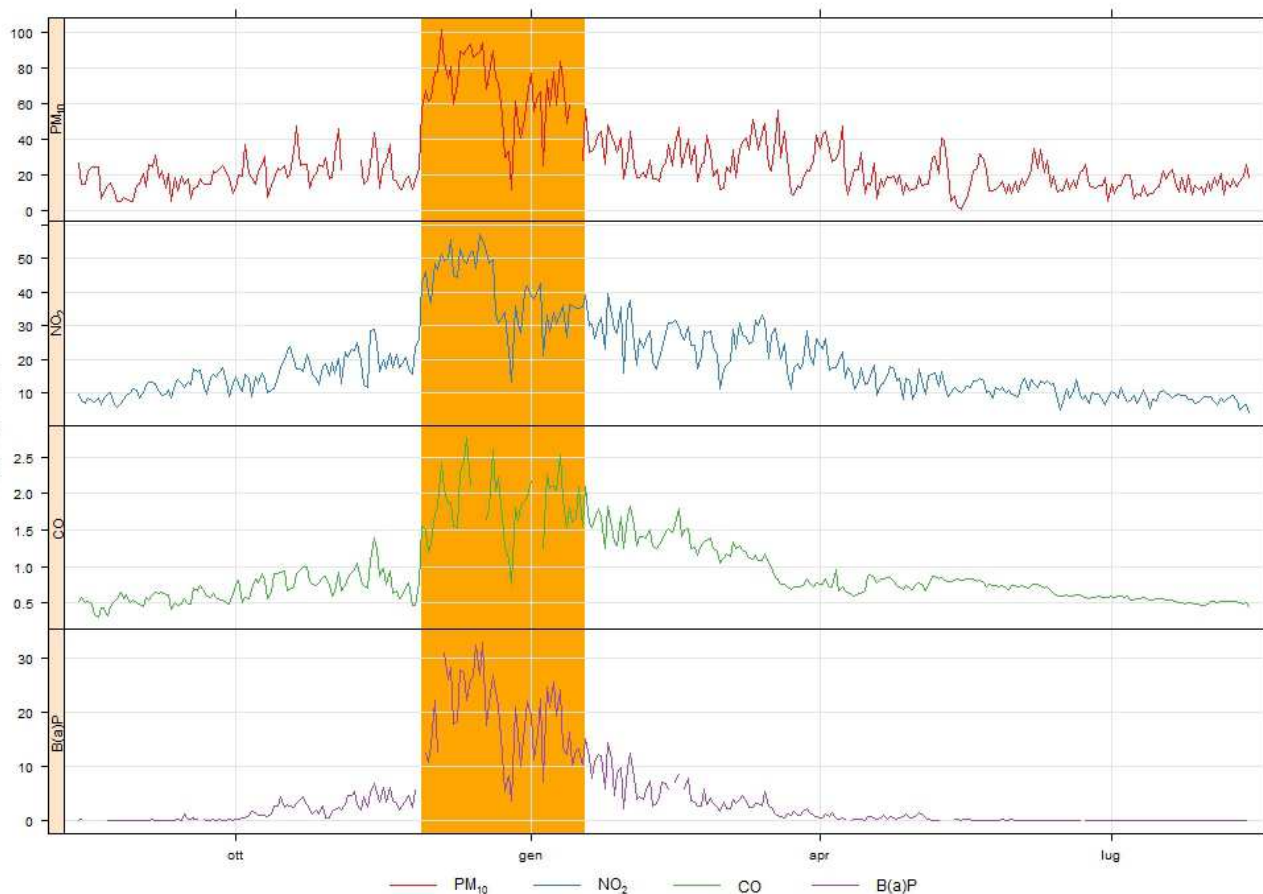


Fig. 4.35: Periodo "critico" - inquinanti.

Tale aumento delle concentrazioni degli inquinanti va messo in relazione con, da un lato, l'aumento delle emissioni inquinanti legato principalmente al riscaldamento domestico, dall'altro e soprattutto con le condizioni meteorologiche del periodo. Infatti, nei giorni evidenziati, le condizioni meteo sono risultate particolarmente sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti, con assenza di vento e pioggia, radiazione solare scarsa e presente solo in poche ore del giorno, basse temperature.

Si osserva inoltre come gli unici abbassamenti nelle concentrazioni siano in corrispondenza degli unici episodi di pioggia e vento registrati nel periodo (Fig. 4.36).

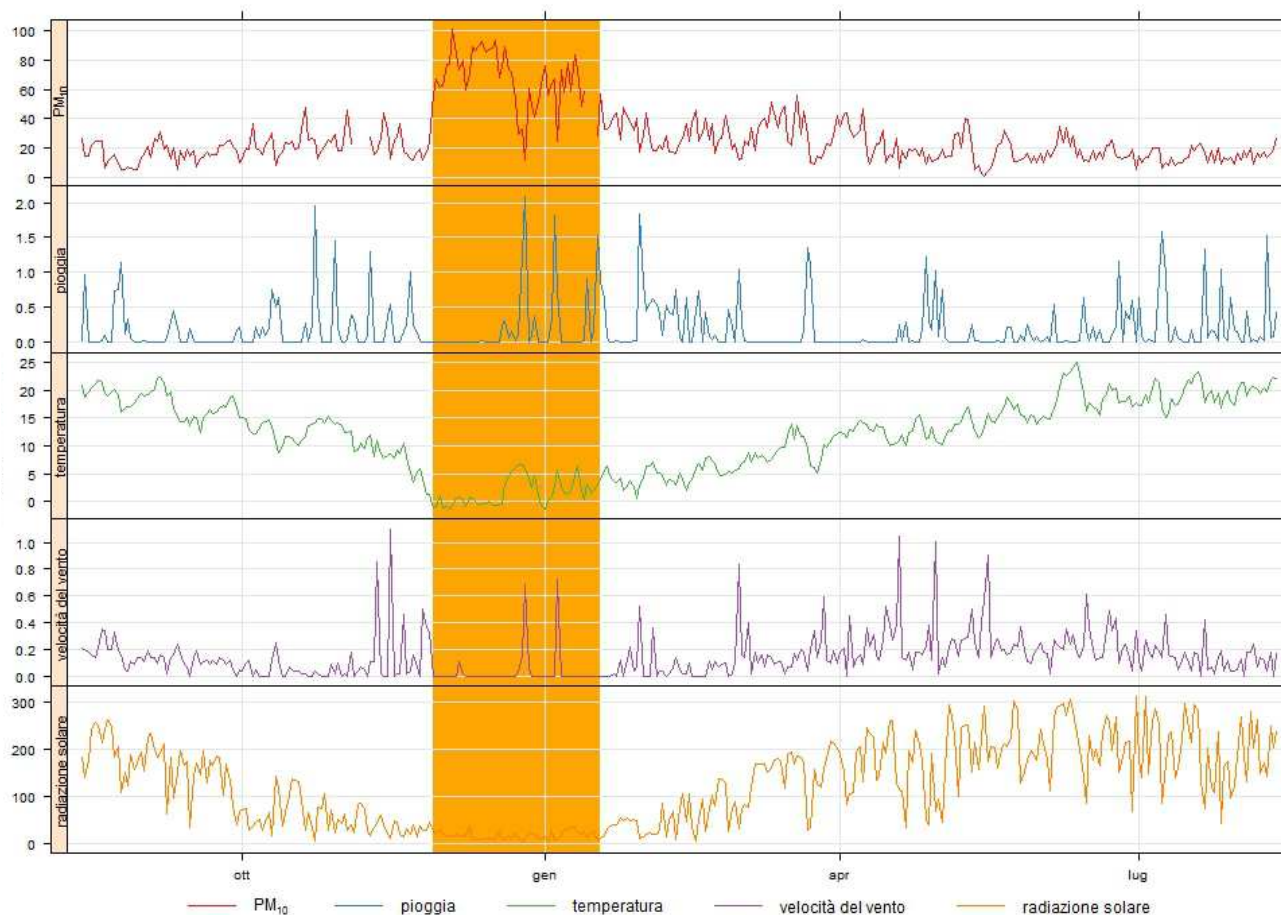


Fig. 4.36: Periodo “critico” - meteo.

5 Identificazione delle sorgenti di inquinamento

In base a quanto descritto nel capitolo precedente, appare evidente che gli inquinanti più rilevanti presso il sito di Storo risultano essere il particolato sottile PM10 ed il benzo(a)pirene.

Il numero di superamenti del limite di media giornaliera previsto per il PM10 è stato superiore alla soglia prevista di 35 sforamenti. Nel periodo invernale, in particolare nei mesi di dicembre e gennaio, le concentrazioni registrate risultano sensibilmente maggiori rispetto a quanto misurato nelle stazioni della rete fissa provinciale (Fig. 5.1 e Fig. 5.2).

Il benzo(a)pirene, idrocarburo policiclico aromatico di riconosciuta pericolosità anche a bassi livelli di concentrazione, presenta un valore medio annuo di $4,3 \text{ ng/m}^3$, a fronte di un valore obiettivo pari ad 1 ng/m^3 .

Nei periodi freddi si associano alte concentrazioni di PM10 ad alte concentrazioni di B(a)P, mentre nella stagione estiva la concentrazione di B(a)P è prossima allo zero (Fig. 5.3).

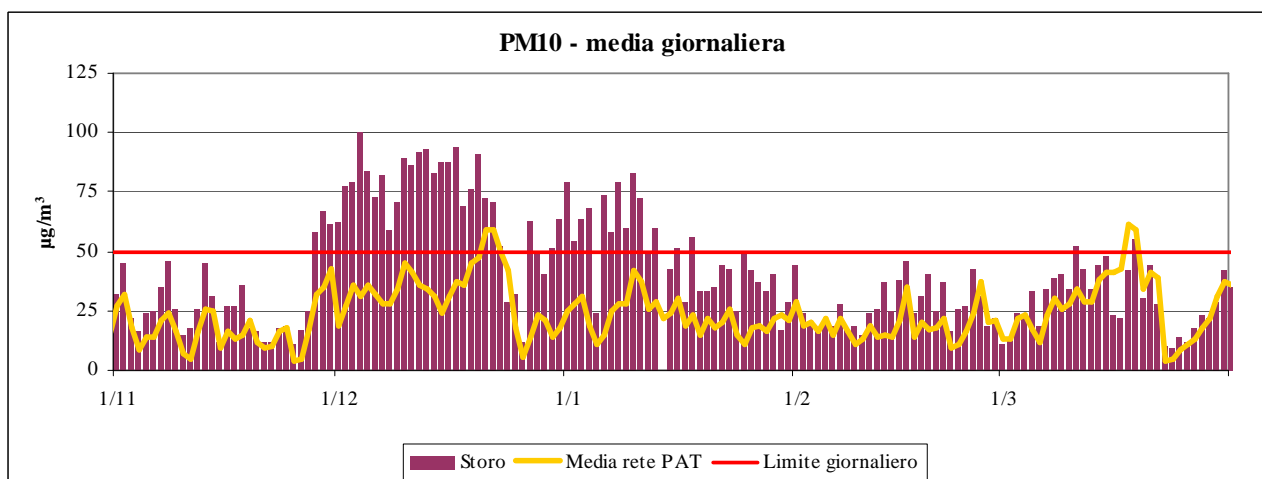


Fig. 5.1: PM10 – Media giornaliera novembre-marzo (Storo e media rete PAT).

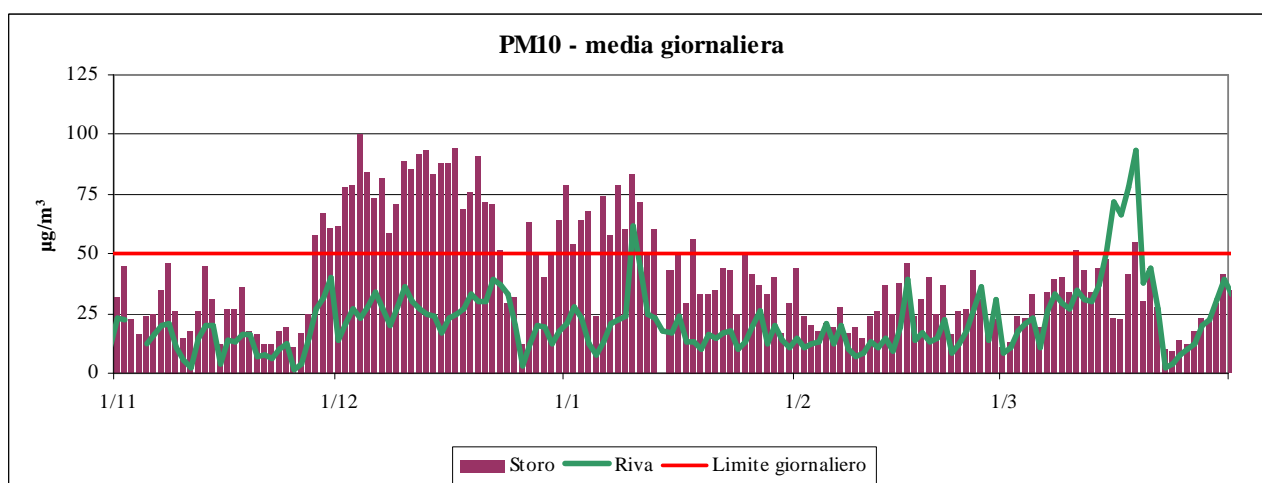


Fig. 5.2: PM10 – Media giornaliera novembre-marzo (Storo e Riva del Garda).

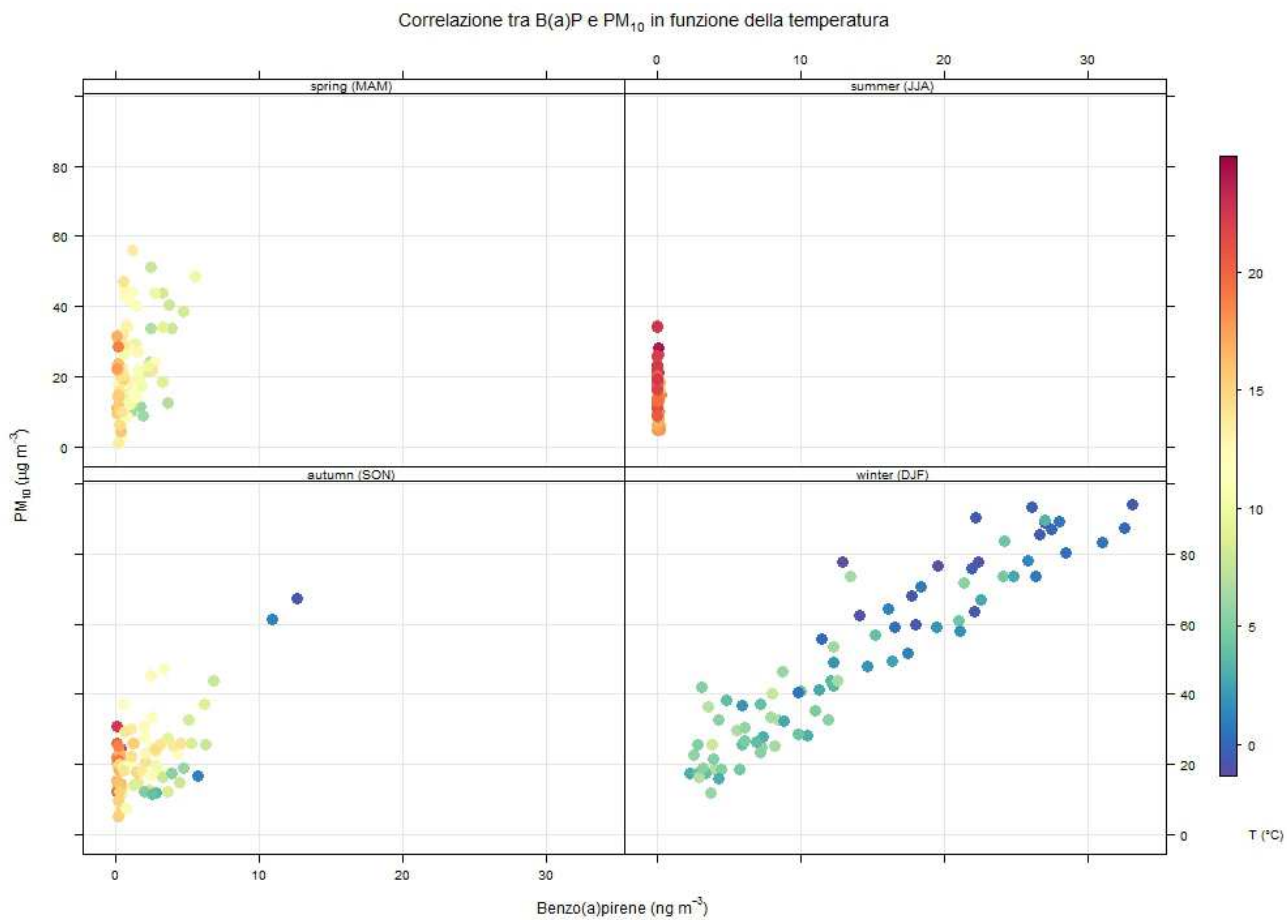


Fig. 5.3: PM_{10} e B(a)P - Medie giornaliere.

5.1 Parametri monitorati

Per poter individuare e quantificare le sorgenti del particolato atmosferico, si è scelto di ricorrere ad un modello a recettore per l'identificazione e la stima del contributo delle varie sorgenti presenti.

Per garantire un corretto risultato, i filtri raccolti per la verifica gravimetrica e per la quantificazione degli inquinanti normati (As, Cd, Ni, Pb, B(a)P) sono stati analizzati anche per quantificare gli elementi chimici necessari per avere un database completo. Nello specifico gli elementi considerati sono:

- *metalli* Al, Sb, As, Ba, Br, Cd, Ca, Cl, Co, Cr, Fe, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, K, Cu, Si, Na, Sn, Sr, Ti, V, Zn, Zr, S;
- *IPA* benzo(a)antracene, **benzo(a)pirene**, benzo(b)fluorantene, benzo(g,h,i)perilene, benzo(k)fluorantene, crisene, dibenzo(a,h)antracene, fluorantene, indeno(1,2,3-cd)pirene, perilene, pirene;
- *ioni* NH_4^+ , Ca^{++} , Cl^- , Mg^{++} , NO_3^- , NO_2^- , K^+ , Na^+ , SO_4^{--} ;
- *carbonio elementare (EC) ed organico (OC)*;
- **levoglucosano**.

Tutti i parametri elencati sono stati utilizzati nell'analisi di “*source apportionment*” (apporzionamento delle fonti).

In considerazione delle caratteristiche del sito sede della campagna, di particolare interesse risulta essere l'andamento delle concentrazioni di **levoglucosano (LG)**. Tale composto si forma infatti esclusivamente in seguito alla decomposizione della cellulosa a temperature superiori a 300°C.

Questo comporta che la sua presenza risulti essere elevata nel particolato fine che proviene dalla combustione di materiali organici come la legna. Inoltre è una molecola molto stabile in atmosfera, non mostra decadimento anche dopo diverse ore di esposizione alle condizioni ambientali e alla radiazione solare. Tutte queste caratteristiche lo rendono un tracciante in grado di identificare in maniera univoca la provenienza del particolato dalla combustione di biomassa.

Al pari del *LG*, in Fig. 5.4 vengono messe a confronto le medie giornaliere di benzo(a)pirene - *B(a)P* e *LG*. Si osserva una correlazione molto elevata durante tutto l'anno, con valori per entrambi più elevati in inverno e prossimi allo zero in estate. È quindi possibile mettere in relazione anche la presenza di *B(a)P* in aria con la combustione di biomassa.

Analogamente, in Fig. 5.5 vengono messe a confronto le medie giornaliere di PM10 e levoglucosano (*LG*). In questo caso appare evidente la correlazione tra i due parametri nel periodo invernale, con conseguente contributo della combustione della legna alla concentrazione di PM10. Discorso opposto nel periodo estivo, quando il levoglucosano (e quindi di conseguenza la fonte “combustione biomassa”) è assente e la presenza di PM10 è da attribuire ad altre fonti.

Durante il periodo invernale risulta inoltre particolarmente significativa la presenza di composti carboniosi (carbonio elementare ed organico) all'interno del PM10 (Fig. 5.6).

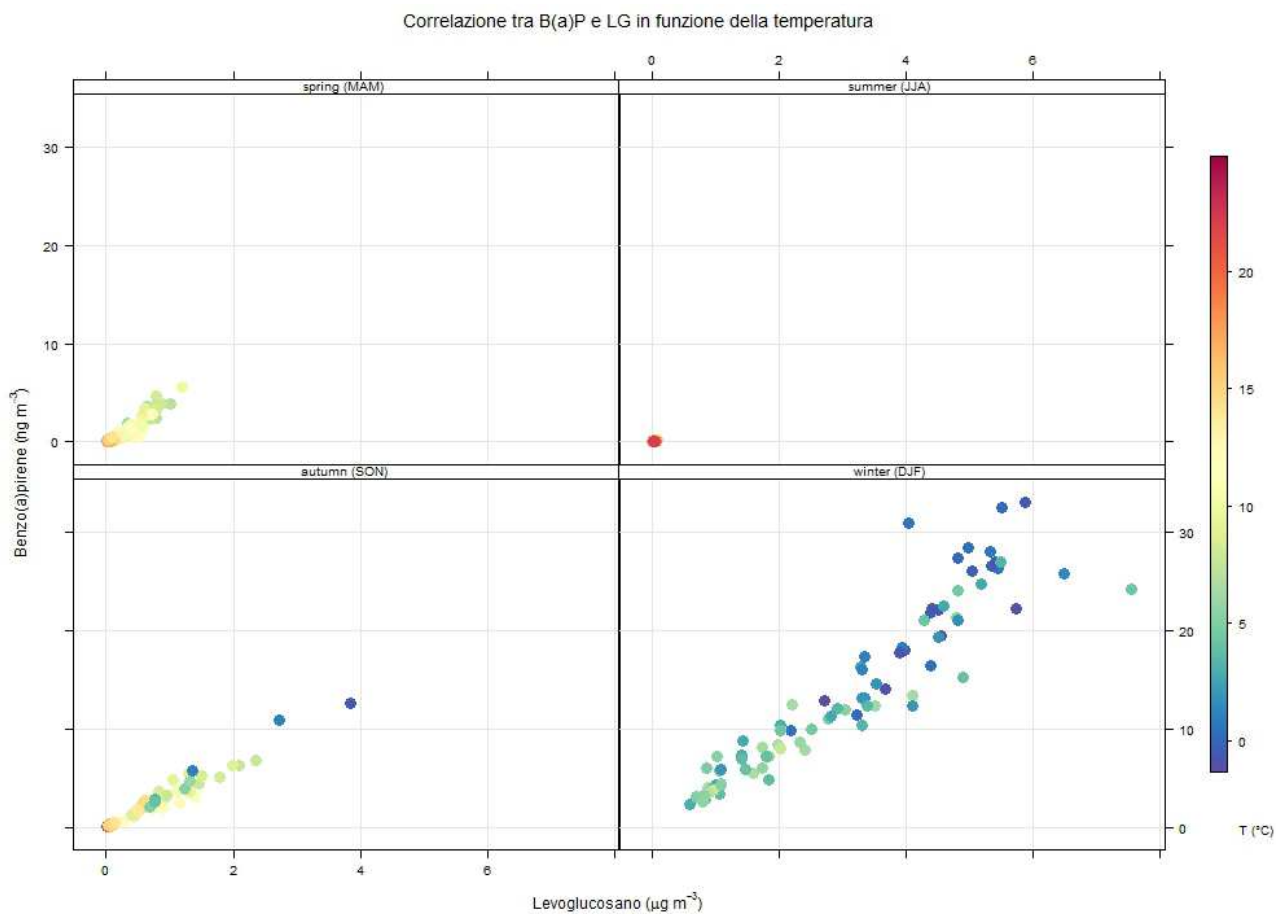


Fig. 5.4: Correlazione B(a)P - Levoglucosano.

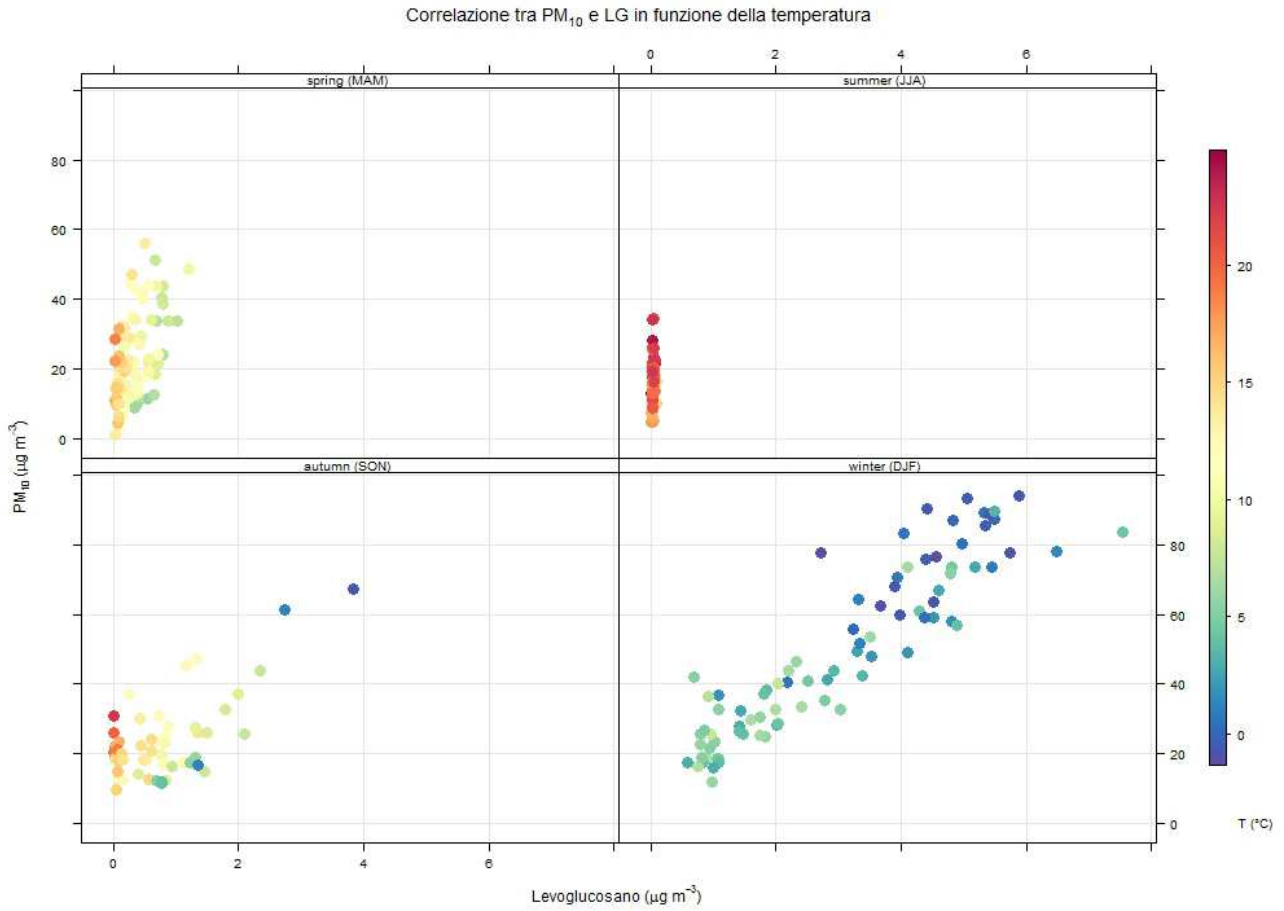


Fig. 5.5: Correlazione PM10 – Levoglucosano.

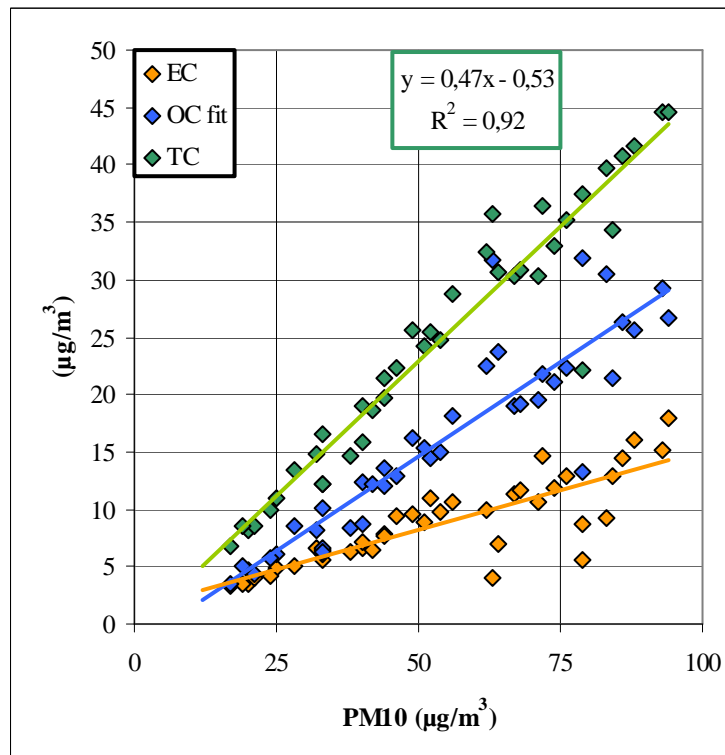


Fig. 5.6: Contenuto di Carbonio (Elementare – Organico – Totale) nel PM10 nel periodo invernale.

5.2 Risultati dell'analisi di "Source Apportionment"

La consistente base di dati raccolti è stata processata utilizzando il modello PMF 3.0 dell'US EPA, il modello attualmente di riferimento per questo tipo di valutazioni.

Grazie ad esso è stato possibile individuare cinque fonti di particolato atmosferico PM10, ottenendo un'ottima corrispondenza tra valori misurati e risultati del modello (Fig. 5.7).

I profili emissivi individuati sono associabili in particolare alle sorgenti **traffico**, **combustione della biomassa** (*legno*), **erosione crostale**, **solfato** e **nitrato** (entrambi indice del particolato secondario). In Fig. 5.10 sono riportati i contributi giornalieri di tali fonti alla concentrazione di PM10 mentre in Fig. 5.8 e Fig. 5.9 è riassunta la ripartizione dei contributi durante l'intera campagna e nel periodo più critico (invernale) per la presenza di PM10.

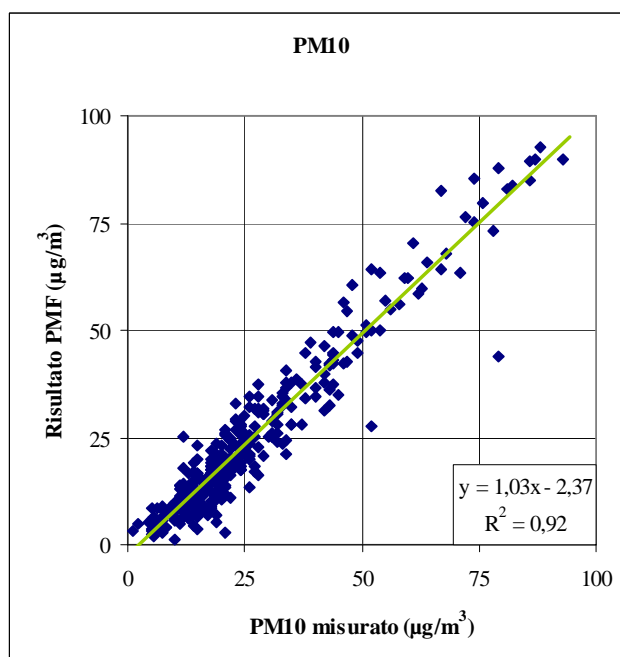


Fig. 5.7: Source Apportionment – correlazione misure/modello.

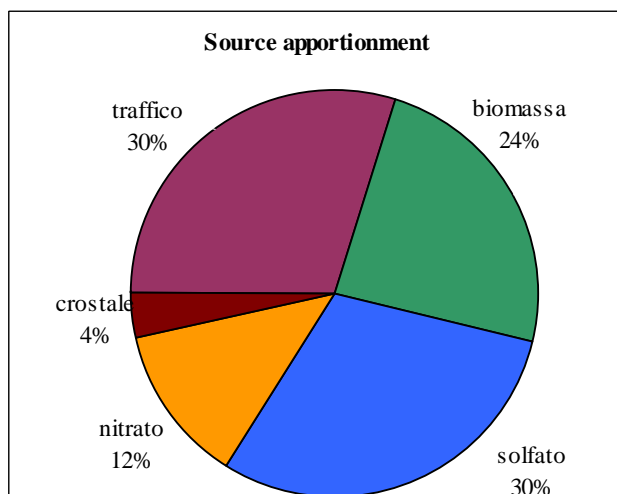


Fig. 5.8: Source Apportionment – ripartizione annuale.

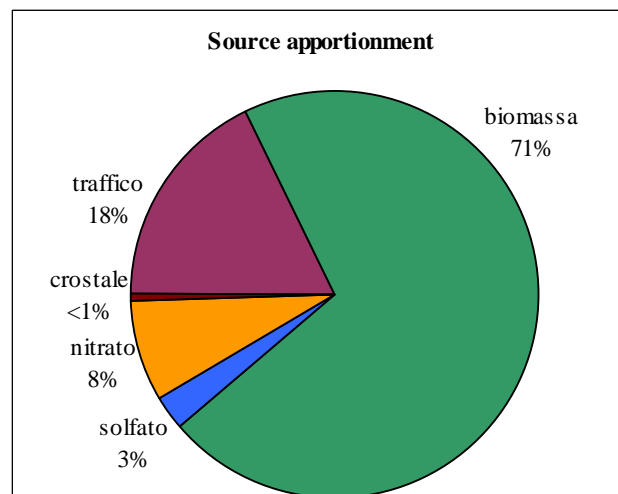


Fig. 5.9: Source Apportionment – periodo "critico".

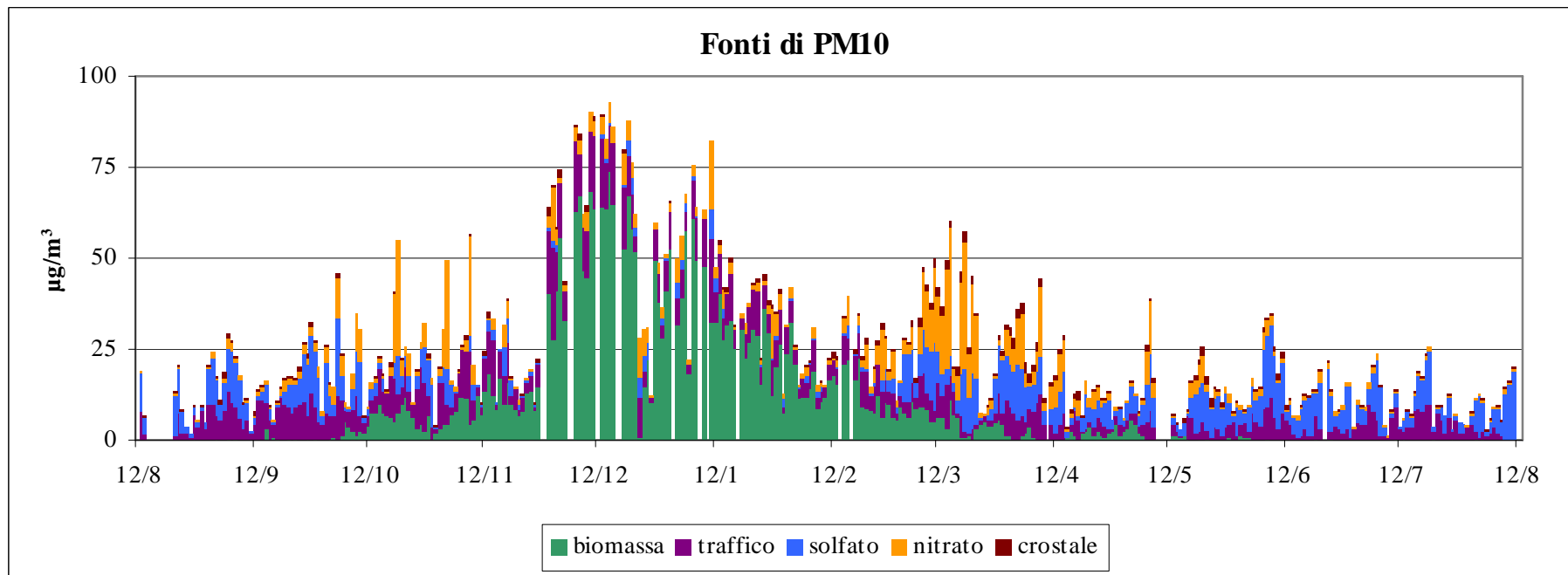


Fig. 5.10: Source Apportionment – valori giornalieri.

Durante il periodo invernale, la principale fonte di PM10 risulta quindi essere di gran lunga la combustione della biomassa (Fig. 5.11). Tale fonte risulta infatti responsabile del 71% del PM10 presente in aria nel periodo in cui sono stati osservati frequenti sforamenti del limite previsto per la media giornaliera del PM10, e del 24% del totale annuale (Fig. 5.12).

In base ai risultati del modello e alle correlazioni presenti tra le concentrazioni di PM10, levoglucosano e B(a)P, si può affermare che anche gli alti valori di benzo(a)pirene registrati, responsabili del superamento del valore obiettivo previsto, sono da ricondurre a questa fonte inquinante.

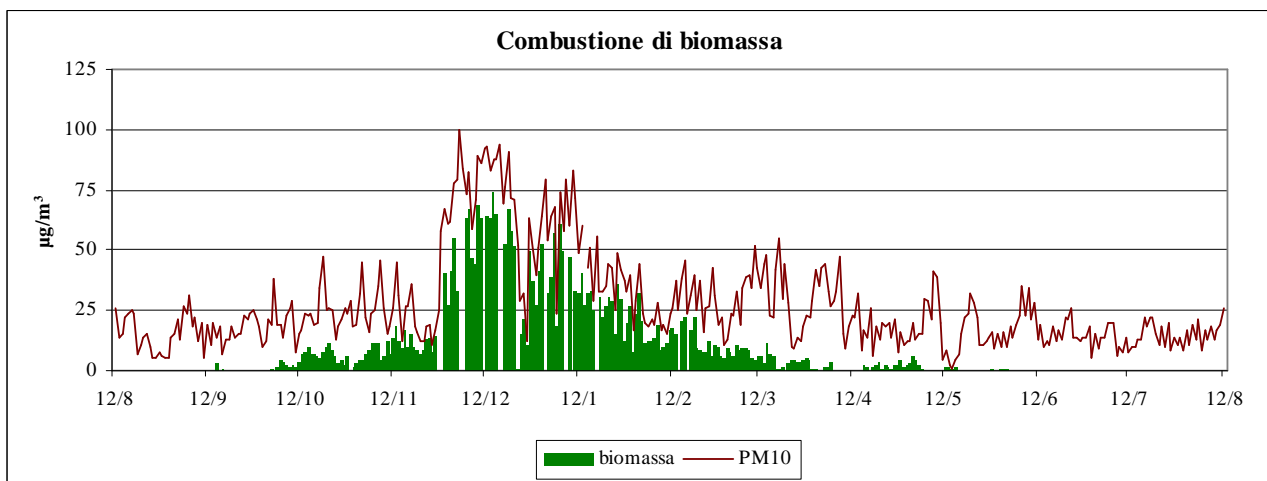


Fig. 5.11: PM10 – Contributo della combustione della biomassa (concentrazione).

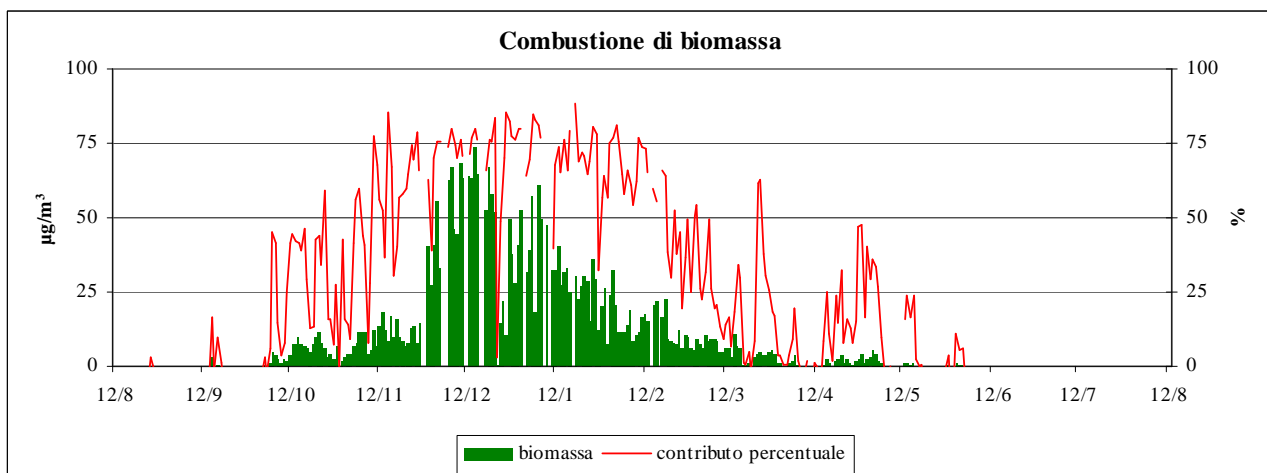


Fig. 5.12: PM10 – Contributo della combustione della biomassa (percentuale).

Il particolato sottile è originato sia per emissione diretta (particelle primarie), sia per reazioni chimiche e fisiche in atmosfera di composti chimici quali ossidi di azoto e zolfo, ammoniaca, composti organici volatili e ozono (particolato secondario). Nel caso analizzato, il particolato secondario è associato alle fonti “nitrato” e “solfato” e risulta l'origine principale di PM10 nel periodo estivo, in particolar modo in corrispondenza delle giornate caratterizzate da maggiori concentrazioni di ozono (Fig. 5.14) e del 42% del PM10 rilevato durante l'intera campagna.

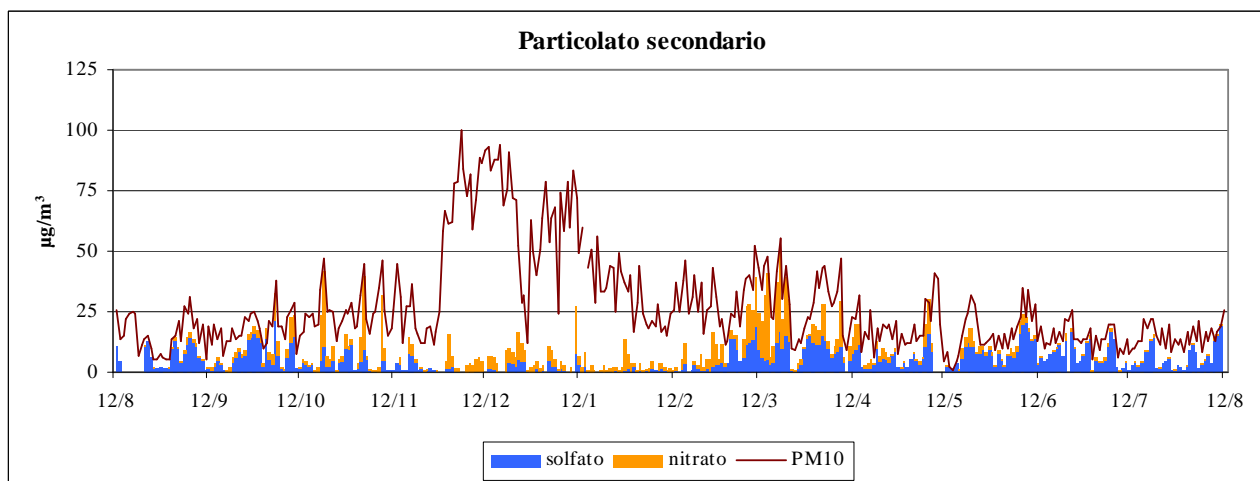


Fig. 5.13: PM10 – Contributo del particolato secondario (concentrazione).

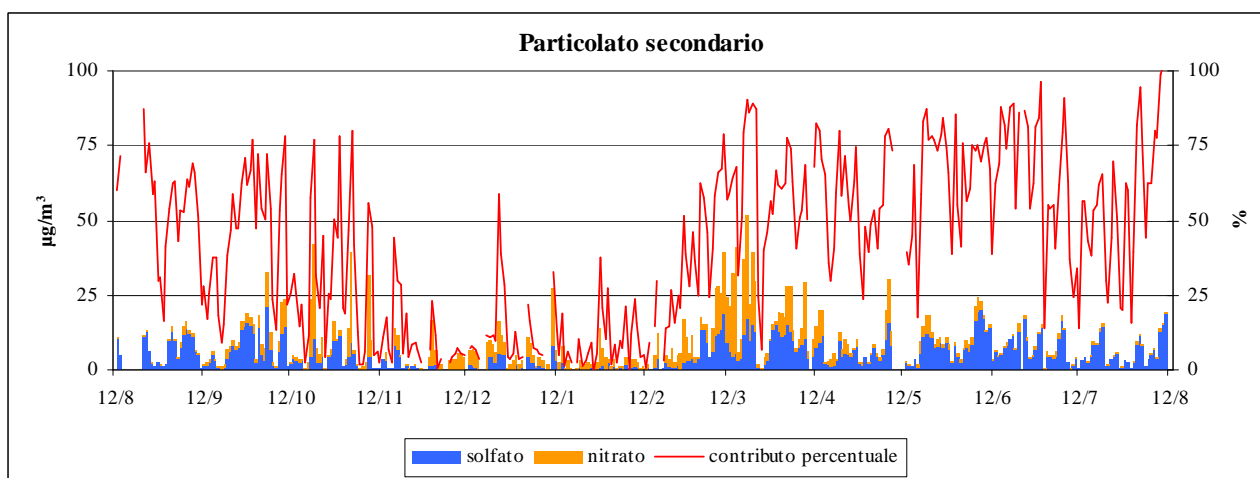


Fig. 5.14: PM10 – Contributo del particolato secondario (percentuale).

Il traffico è una fonte presente durante tutto il corso dell'anno, con effetti complessivamente non trascurabili sulla concentrazione di PM10 (Fig. 5.15). Tale fonte risulta infatti responsabile del 18% del PM10 presente in aria nel periodo in cui sono stati osservati frequenti sforamenti del limite previsto per la media giornaliera del PM10 e del 30% del totale annuale.

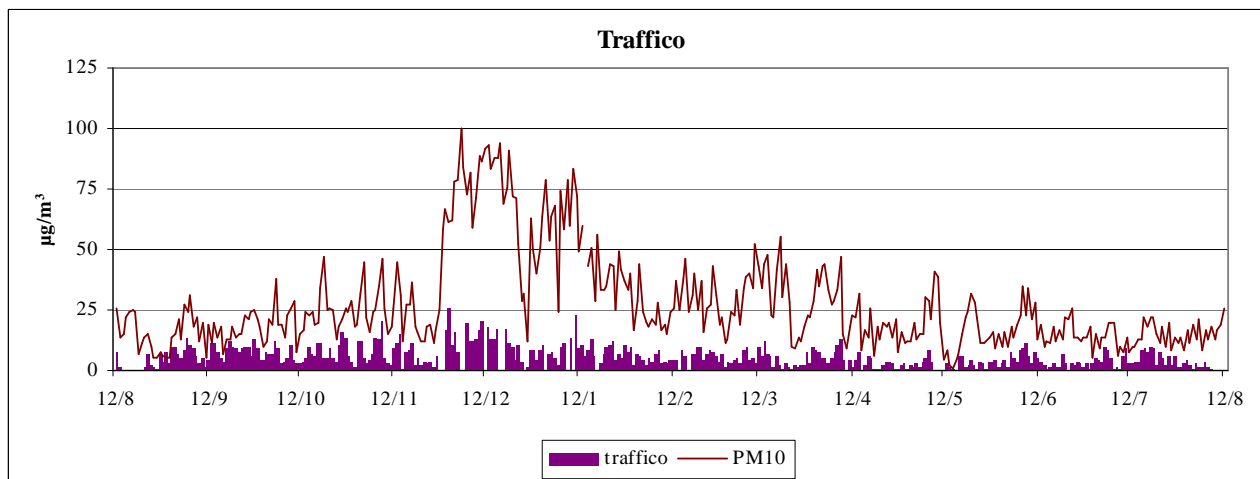


Fig. 5.15: PM10 – Contributo del traffico (concentrazione).

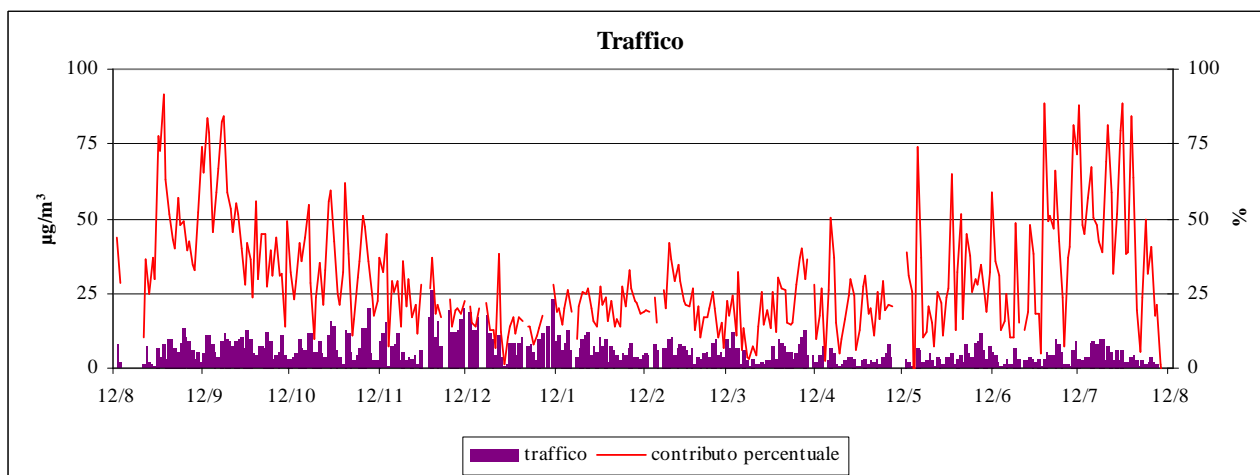


Fig. 5.16: PM10 – Contributo del traffico (percentuale).

Il contributo crostale è ben riconoscibile, ma presente in bassa quantità risultando di fatto praticamente trascurabile (Fig. 5.17) rappresentando il 4% del PM10 rilevato nel corso della campagna.

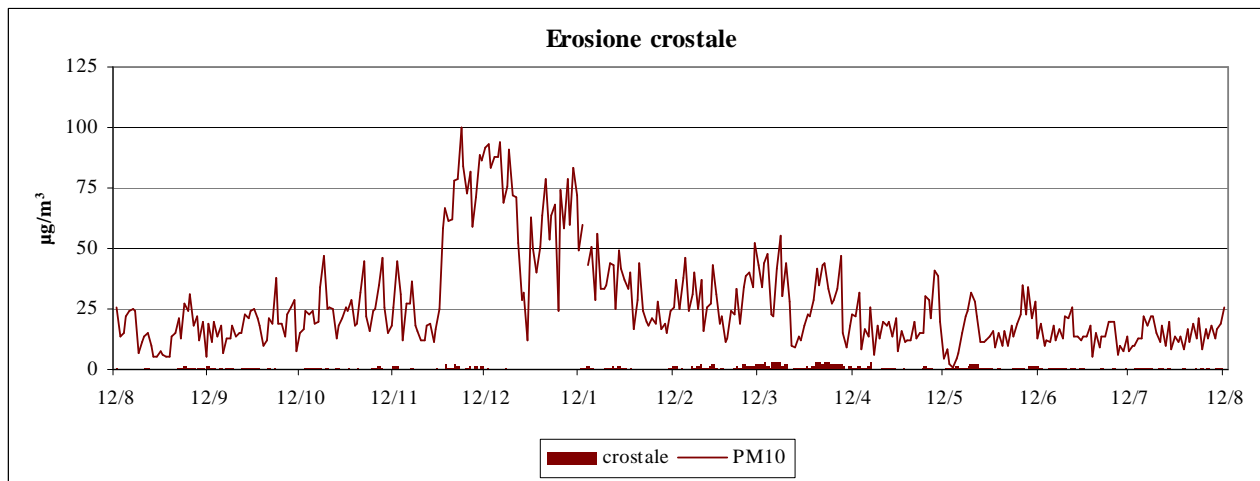


Fig. 5.17: PM10 – Contributo dell'erosione crostale (concentrazione).

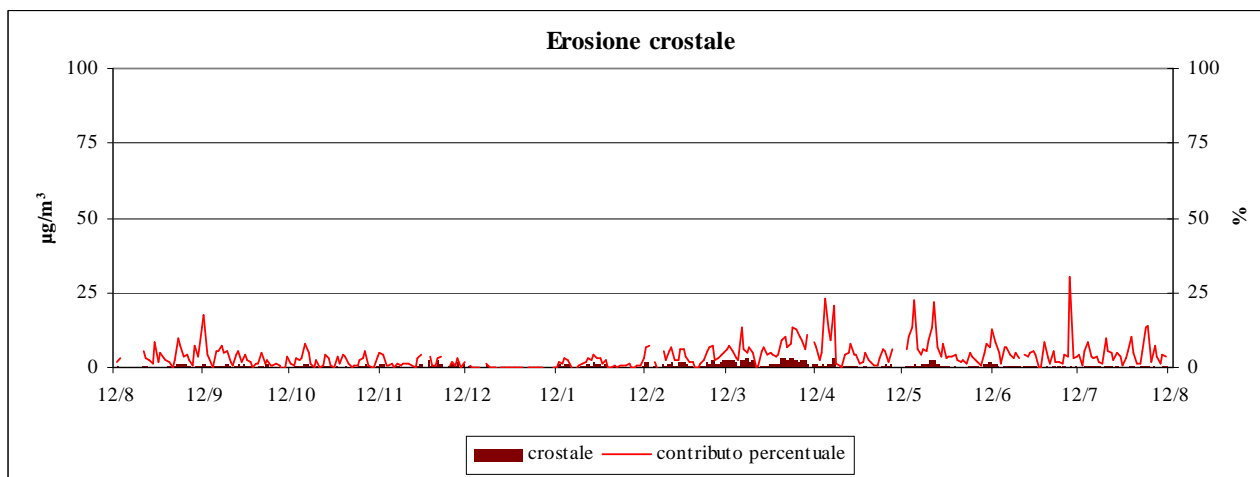


Fig. 5.18: PM10 – Contributo dell'erosione crostale (percentuale).

6 Valutazioni finali e conclusioni

Dall'analisi dei dati raccolti durante la campagna condotta Storo, si possono ricavare diverse considerazioni.

Nel periodo monitorato non tutti gli inquinanti hanno rispettato i limiti previsti dall'attuale normativa. In particolare, non sono stati rispettati il limite annuo di superamenti della media giornaliera per il particolato sottile PM10 ed il valore obiettivo di media annuale per il benzo(a)pirene.

Per quanto riguarda le polveri sottili **PM10** si osserva quanto segue:

- sono stati registrati 44 sforamenti del limite di media giornaliera per il parametro polveri sottili PM10. Il limite annuo *non risulta rispettato*;
- la concentrazione media di polveri sottili PM10 è risultata *superiore del 42%* rispetto alla media di tutte le stazioni fisse della rete provinciale di monitoraggio e *superiore del 56%* a quanto contemporaneamente misurato a Riva del Garda;
- in base al confronto tra i valori registrati a Storo e presso le stazioni di monitoraggio della rete fissa, il limite normativo previsto per la media annuale risulta *rispettato*, così come in tutte le stazioni di monitoraggio della rete provinciale;
- esiste una parziale sovrapposizione degli andamenti di concentrazione fra i dati di Storo e quelli della rete fissa di monitoraggio. In particolare, c'è una buona correlazione nei mesi estivi, mentre è quasi assente nei mesi invernali;
- durante l'inverno 2013-14, nell'intera rete provinciale di monitoraggio le concentrazioni di PM10 sono risultate inferiori rispetto a quanto registrato negli anni precedenti, con un numero di sforamenti minore rispetto ai valori normalmente registrati in tale stagione. Non è possibile affermare se tale trend si sia verificato anche a Storo, in quanto nel periodo invernale non vi è una significativa correlazione tra quanto registrato presso questo sito e i dati delle stazioni fisse;
- in base al confronto tra quanto misurato presso il sito di via Battisti e presso i punti di misura aggiuntivi scelti sul territorio, si evidenzia come, nel periodo in cui le concentrazioni di PM10 risultano più elevate, esse si mantengano comunque entro i limiti all'esterno dal centro abitato (Ponte Tedeschi), mentre risultino superiori all'interno del centro storico (Piazza Cortella).

I risultati dell'analisi di **source apportionment** hanno consentito di individuare che:

- le fonti del particolato atmosferico presenti a Storo sono riconducibili alla *combustione della biomassa*, al *traffico*, all'*erosione crostale* ed al *particolato secondario*;
- nel periodo invernale, durante il quale sono stati osservati frequenti sforamenti del limite previsto per la media giornaliera del PM10, la *combustione della biomassa* risulta responsabile

del **71%** del PM10 presente in aria. Durante l'intera campagna è responsabile del **24%** del PM10 misurato;

- il **particolato secondario** è l'origine principale di PM10 nel periodo estivo ed è responsabile del **42%** del PM10 rilevato durante l'intera campagna;
- il **traffico** è una fonte presente durante tutto il corso dell'anno ed è complessivamente responsabile del **18%** del PM10 nel periodo invernale e del **30%** del totale annuale.

Per il biossido di azoto **NO₂**, si osserva:

- la concentrazione media di biossido di azoto NO₂ è risultata *inferiore* rispetto a quanto contemporaneamente misurato in tutte le stazioni fisse della rete provinciale di monitoraggio (-39%) e a Riva del Garda (-30%);
- non sono mai stati registrati sforamenti del limite relativo alla media oraria, ed il valore massimo raggiunto è risultato pari a 125 µg/m³;
- in base ai dati acquisiti, si devono considerare *sicuramente rispettati* i limiti relativi alla media annuale ed alla media annua.

Per l'ozono **O₃**, si osserva:

- durante i mesi estivi sono stati registrati alcuni *superamenti* della soglia di informazione, ma nessuno della soglia di allarme;
- il numero di superamenti giornalieri del valore obiettivo previsto come media sulle 8 h è risultato pari a 38, *superiore* quindi al valore obiettivo;
- le concentrazioni e le dinamiche di questo particolare inquinante (esclusivamente secondario e non direttamente riconducibile a fonti locali di inquinamento) sono risultate essere analoghe a quelle presenti su tutto il territorio provinciale.

I valori registrati per ossido di carbonio **CO** e biossido di zolfo **SO₂** sono risultati sempre e per tutti gli indicatori *abbondantemente inferiori* ai limiti normativi.

Per i **metalli**, si osserva:

- i valori registrati per arsenico, cadmio e nichel sono risultati *abbondantemente inferiori* ai valori obiettivo;
- i valori registrati per il piombo sono risultati *abbondantemente inferiori* al limite normativo.

Per il **benzo(a)pirene** si osserva:

- la media annuale di benzo(a)pirene, pari a 4,3 ng/m³, è risultata *significativamente superiore* al valore obiettivo di 1 ng/m³;

- l'alta concentrazione di benzo(a)pirene (nel periodo invernale) è da ricondurre in maniera sostanzialmente esclusiva alla *combustione della biomassa legnosa*.

Alla luce di queste indicazioni si deve concludere che **non tutti gli indicatori di qualità dell'aria** misurati nel sito di misura di Storo risultano **inferiori ai limiti ammessi dalla normativa**.

Nello specifico, le concentrazioni di **PM10** e **B(a)P** risultano superiori ai limiti ed obiettivi normativi e più elevate rispetto ai valori rilevati presso le stazioni della rete fissa.

I superamenti registrati nel periodo più critico e che di fatto determinano il superamento dei limiti massimi di concentrazione (annuali) ammessi dalla norma vanno sostanzialmente ricondotti alla presenza delle fonte inquinante **combustione della biomassa** ed alle particolari e sfavorevolissime condizioni **meteo** e di dispersione degli inquinanti in atmosfera che si sono venute a determinare durante il periodo invernale.

Le valutazioni qui esposte hanno valenza principalmente ambientale, ancorché i limiti previsti per i vari inquinanti monitorati siano fissati soprattutto a tutela della salute in delle persone. Si rimanda tuttavia alla competenza sanitaria la formulazione di eventuali altre specifiche valutazioni riguardanti aspetti più strettamente tossicologici ed epidemiologici.

Trento, 11 febbraio 2015

Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente

Settore tecnico per la tutela dell'ambiente

U.O. aria, agenti fisici e bonifiche

Esecuzione campagna di monitoraggio e misure:

p.el. Walter Lenzi

ing. Elisa Mallocci

Analisi chimiche:

Settore Laboratorio APPA

Source apportionment:

dott. Paolo Lazzeri

Elaborazione dei dati e redazione:

ing. Elisa Mallocci

Coordinamento e redazione:

dott. Gabriele Tonidandel

Allegato 1: Normativa di riferimento

Il quadro normativo di riferimento per la misura della qualità dell'aria ambiente è costituito dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n.155 *Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa*.

L'allegato XI stabilisce valori limite e livelli critici per SO₂, NO₂, NO_x, CO, Pb e PM10.

Inquinante	Periodo di mediazione	Valore limite
Biossido di zolfo	1 ora	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte per anno civile
	1 giorno	125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile
Biossido di azoto	1 ora	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno civile
	Anno civile	40 µg/m ³
Monossido di carbonio	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m ³
Piombo	Anno civile	0,5 µg/m ³
PM10	1 giorno	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per anno civile
	Anno civile	40 µg/m ³

Inquinante	Livello critico annuale (anno civile)	Livello critico invernale (1° ottobre-31 marzo)
Biossido di zolfo	20 µg/m ³	20 µg/m ³
Ossidi di azoto	30 µg/m ³ NO _x	

L'allegato XII stabilisce le soglie di allarme per SO₂ ed NO₂ (misurate per tre ore consecutive).

Inquinante	Soglia di allarme
Biossido di zolfo	500 µg/m ³
Biossido di azoto	400 µg/m ³

L'allegato XII stabilisce inoltre le soglie di informazione e di allarme per O₃.

Finalità	Periodo di mediazione	Soglia
Informazione	1 ora	180 µg/m ³
Allarme	1 ora	240 µg/m ³

L'allegato XIII stabilisce i valori obiettivo per As, Cd, Ni, B(a)P.

Inquinante	Valore obiettivo
Arsenico	6,0 ng/m ³
Cadmio	5,0 ng/m ³
Nichel	20,0 ng/m ³
Benzo(a)pirene	1,0 ng/m ³

Allegato 2: Descrizione dei parametri chimici e meteorologici rilevati

PARAMETRI CHIMICI

PARAMETRO	SIMBOLOGIA	UNITÀ DI MISURA
monossido di carbonio	CO	mg/m ³
polveri PM10	PM10	µg/m ³
monossido di azoto	NO	µg/m ³
biossido di azoto	NO ₂	µg/m ³
ossidi di azoto totali	NO _x	µg/m ³
biossido di zolfo	SO ₂	µg/m ³
ozono	O ₃	µg/m ³
IPA	Benzo(a)Pirene ed altri...	ng/m ³
metalli	As, Cd, Ni , Pb ed altri	ng/m ³

MONOSSIDO DI CARBONIO – CO

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore, insapore, inodore ed è un po' più leggero dell'aria. Esso rappresenta l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera. Il monossido di carbonio si forma principalmente dalla combustione incompleta degli idrocarburi presenti in carburanti e combustibili. Quando la combustione avviene in condizioni ideali si forma esclusivamente anidride carbonica (CO₂), mentre quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente, si forma anche CO.

La principale sorgente di questa sostanza è rappresentata dal traffico veicolare (circa l'80% della produzione complessiva; in ambito urbano anche fino al 90–95%), in particolare dai gas di scarico dei veicoli a benzina. La concentrazione di CO emessa dagli scarichi dei veicoli è strettamente correlata alle condizioni di funzionamento del motore: si registrano concentrazioni più elevate con motore a bassi regimi ed in fase di decelerazione, condizioni tipiche di traffico urbano intenso e rallentato. Altre sorgenti sono gli impianti termici e alcuni processi industriali, come ad esempio la produzione di acciaio.

OSSIDI D'AZOTO - NO_x, NO, NO₂

Il biossido di azoto è un gas di colore rosso-bruno, di odore forte e pungente, altamente tossico ed irritante. In generale gli ossidi di azoto (NO, N₂O, NO₂ ed altri) sono generati da i processi di combustione, qualunque sia il combustibile utilizzato, per reazione diretta tra l'azoto e l'ossigeno dell'aria ad alta temperatura (>1.200°C).

I processi di combustione (centrali termoelettriche, riscaldamento, motori a combustione interna) emettono quale componente principale monossido di azoto (NO) che, nelle emissioni di un motore a combustione interna, rappresenta circa il 98% delle emissioni totali di ossidi di azoto. Successivamente il monossido di azoto (NO) in presenza di ozono si trasforma in biossido di azoto. La formazione diretta di NO₂ dai processi di combustione è strettamente correlata agli elevati valori di pressione e temperatura che si realizzano all'interno delle camere di combustione dei motori. I fumi di scarico degli autoveicoli contribuiscono enormemente all'inquinamento da NO; la quantità di emissioni dipende dalle caratteristiche del motore e dalla modalità del suo utilizzo (velocità, accelerazione, ecc.). In generale, la presenza di NO aumenta quando il motore lavora ad elevato numero di giri (arterie urbane a scorrimento veloce, autostrade, ...).

Il biossido di azoto può essere originato anche da processi produttivi senza combustione, come ad esempio la produzione di acido nitrico, fertilizzanti azotati, ..., ed anche da sorgenti naturali (attività batterica, eruzioni vulcaniche, incendi).

POLVERI SOTTILI - PM10

Con il termine polveri atmosferiche, o materiale particolato, si intende un insieme eterogeneo di particelle solide e liquide che, a causa delle ridotte dimensioni, tendono a rimanere sospese in aria. Le singole particelle sono anche molto diverse tra loro per dimensione, forma, composizione chimica e processo di formazione. L'insieme delle particelle sospese in atmosfera è definito come particolato sospeso P.T.S. (Polveri Totali Sospese) o P.M. (dall'inglese "Particulate Matter", materiale particolato).

Generalmente tali particelle sono costituite da una miscela di elementi quali: Carbonio (organico ed inorganico), fibre, silice, metalli (Ferro, Rame, Piombo, Nichel, Cadmio, ...), nitrati, solfati, composti organici (idrocarburi, acidi organici, I.P.A., ...), materiale inerte (frammenti di suolo, spore, pollini, ...), particelle liquide. Tale composizione dipende essenzialmente dal processo di formazione delle stesse particelle e dalle sostanze con cui sono giunte a contatto nella loro permanenza in atmosfera (ad esempio possono fungere da veicolanti di metalli pesanti).

Il diametro è compreso tra 0,005 μm e 150 μm (lo spessore di un capello umano è di circa 100 μm); all'interno di questo intervallo le polveri atmosferiche sono suddivise in:

- particelle grossolane: con diametro superiore ai 10 μm ;
- particelle fini (PM10): con diametro inferiore a 10 μm ;
- particelle finissime (PM2,5): con diametro inferiore ai 2,5 μm .

OZONO - O₃

L'ozono è un gas formato da tre atomi di ossigeno (O₃) di odore pungente, altamente reattivo, dotato di un elevato potere ossidante e ad elevate concentrazioni di colore blu/azzurro.

In natura è presente negli strati alti dell'atmosfera terrestre, in particolare in una porzione della stratosfera ad un'altezza compresa fra i 30 e i 50 km dal suolo, detta anche ozonosfera, ed ha la funzione importante di proteggere la superficie terrestre dalle radiazioni ultraviolette emesse dal sole che sarebbero dannose per la vita degli esseri viventi. L'ozono è dunque indispensabile alla vita sulla Terra perché impedisce il passaggio dei raggi pericolosi per la nostra salute. L'assenza di questo composto nella stratosfera è chiamata generalmente "buco dell'ozono".

Negli strati bassi dell'atmosfera invece, la cosiddetta "troposfera" (al di sotto dei 10-15 km di altezza dal suolo), esso è presente naturalmente in basse concentrazioni, per effetto del naturale scambio con la stratosfera. Tale concentrazione può però aumentare in alcune aree a causa del cosiddetto "smog fotochimico", che si origina soprattutto nei mesi estivi in concomitanza di un intenso irraggiamento solare e di un'elevata temperatura.

Se dunque il "buco dell'ozono" si riferisce all'assottigliamento dello strato di ozono di cui abbiamo bisogno per proteggerci dalle radiazioni ultraviolette, l'inquinamento da ozono si riferisce all'aumento della sua presenza nell'aria che respiriamo, soprattutto nei periodi estivi, e che può avere effetti dannosi sulla salute dell'uomo e sull'ambiente.

BIOSSIDO DI ZOLFO - SO₂

Il biossido di zolfo (SO₂) è un gas incolore, dall'odore pungente e irritante. In atmosfera la presenza di biossido di zolfo è accompagnata da quella del triossido di zolfo (SO₃); infatti il biossido (SO₂) può essere trasformato in triossido (SO₃) mediante processi indotti dall'irraggiamento solare.

In atmosfera la presenza di SO₃ come tale è a sua volta condizionata dalla concentrazione di vapore acqueo; in combinazione con questo essa forma infatti facilmente acido solforico (H₂SO₄).

IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI – IPA

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (I.P.A.) costituiscono un numeroso gruppo di composti organici formati da uno o più anelli benzenici. In generale si tratta di sostanze solide a temperatura ambiente, sostanze scarsamente solubili in

acqua, degradabili in presenza di radiazione ultravioletta ed altamente affini ai grassi presenti nei tessuti viventi. Il composto più studiato e rilevato è il benzo(a)pirene che ha una struttura con cinque anelli aromatici condensati.

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici sono contenuti nel carbone e nei prodotti petroliferi (particolarmente nel gasolio e negli olii combustibili). Essi vengono emessi in atmosfera come residui di combustioni incomplete in alcune attività industriali (cokerie, produzione e lavorazione grafite, trattamento del carbon fossile) e nelle caldaie (soprattutto quelle alimentate con combustibili solidi e liquidi pesanti); inoltre sono presenti nelle emissioni degli autoveicoli (sia diesel che benzina). In generale l'emissione di I.P.A. nell'ambiente risulta molto variabile a seconda del tipo di sorgente, del tipo di combustibile e della qualità della combustione.

La presenza di questi composti nei gas di scarico degli autoveicoli è dovuta sia alla frazione presente come tale nel carburante, sia alla frazione che per pirosintesi ha origine durante il processo di combustione.

METALLI

Nel particolato atmosferico sono presenti metalli di varia natura. I principali sono Cadmio, Zinco, Rame, Nichel, Piombo e Ferro.

I metalli presenti nel particolato atmosferico provengono da una molteplice varietà di fonti: il cadmio e lo zinco sono originati prevalentemente da processi industriali, il rame ed il nichel provengono dalla combustione, il piombo dalle emissioni autoveicolari. Il ferro proviene dall'erosione dei suoli, dall'utilizzo di combustibili fossili e dalla produzione di leghe ferrose.

In particolare, il piombo di provenienza autoveicolare è emesso quasi esclusivamente da motori a benzina in cui è contenuto sotto forma di piombo tetraetile e/o tetrametile con funzioni di antidetonante. Negli agglomerati urbani tale sorgente rappresenta pressoché la totalità delle emissioni di piombo e la granulometria dell'aerosol che lo contiene si colloca quasi integralmente nella frazione respirabile (PM10). L'adozione generalizzata della benzina "verde" (0,013 g/l di Pb) dal 1° gennaio 2002, ha portato una riduzione delle emissioni di Piombo del 97%; in conseguenza di ciò è praticamente eliminato il contributo della circolazione autoveicolare alla concentrazione in aria di questo metallo.

LEVOGLUCOSANO

Il levoglucosano (1,6-anhydro- β -D-glucopyranose) si forma esclusivamente in seguito alla decomposizione della cellulosa a temperature superiori a 300°C. Viene rilevato in alte concentrazioni nel particolato fine che proviene dalla combustione di materiali organici come legna e vegetazione. Il levoglucosano inoltre è una molecola molto stabile in atmosfera, non mostra decadimento anche dopo diverse ore di esposizione alle condizioni ambientali e alla radiazione solare.

PARAMETRI METEOROLOGICI

PARAMETRO	SIMBOLOGIA	UNITÀ DI MISURA
direzione del vento	DV	°N
velocità del vento	VV	m/s
temperatura	TEM	°C
umidità relativa	UR	%
radiazione solare	IRS	W/m ²
pressione atmosferica	PA	mbar
pioggia	PLU	mm

DIREZIONE E VELOCITÀ DEL VENTO - DV e VV

Velocità e direzione del vento sono importanti in quanto normalmente maggiore è la ventosità e migliore è la qualità dell'aria. Conoscere inoltre la direzione di provenienza permette di capire la posizione del punto di prelievo dell'aria da analizzare rispetto alle fonti di emissione degli inquinanti (ad esempio sopra o sottovento).

TEMPERATURA – TEM

La temperatura contribuisce, fra l'altro, a caratterizzare il grado di stabilità atmosferica; normalmente inoltre minore è la temperatura, minore è lo strato di rimescolamento e maggiore è il rischio di inversioni termiche e quindi, potenzialmente, l'accumulo di sostanze inquinanti al suolo.

UMIDITÀ RELATIVA – UR

Questo parametro è spesso associato alla presenza o meno di pioggia o di aria più o meno secca e/o fredda. Il grado di umidità dell'aria è molto importante nelle situazioni di smog fotochimico nelle quali spesso si combinano alte temperature ed alta umidità dell'aria (afa), ad alte concentrazioni di ozono.

RADIAZIONE SOLARE – IRS

La radiazione solare contribuisce, come evidentemente la temperatura, a caratterizzare il grado di stabilità atmosferica. Sono importanti inoltre la sua quantità e intensità nel permettere l'instaurarsi di fenomeni di smog fotochimico e conseguente formazione di inquinanti secondari quali l'ozono o il biossido di azoto.

PRESSIONE ATMOSFERICA – PA

La pressione atmosferica è normalmente indice, assieme ad altri indicatori, della situazione complessiva dell'atmosfera e del suo grado di stabilità, ovvero del possibile approssimarsi di fronti perturbati in grado di produrre ricambi dell'aria al suolo con conseguente miglioramento della qualità dell'aria.

PIOGGIA – PLU

La presenza di pioggia è normalmente associata a condizioni di qualità dell'aria, a parità di condizioni emmissive, migliori rispetto al normale. La presenza di pioggia è infatti associata a passaggi di fronti perturbati con associati ricambi dell'aria al suolo, cui si deve aggiungere l'azione fisica di "lavaggio" dell'aria particolarmente per quanto riguarda le polveri.

Allegato 4: Riferimenti bibliografici

Campagna di controllo della qualità dell'aria, Storo via Battisti, 2 marzo - 25 aprile 2006

Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155 *Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa*

EPA Positive Matrix Factorization (PMF) 3.0 Fundamentals & User Guide (2008)

Piano provinciale di tutela della qualità dell'aria (2007)

Zonizzazione della provincia di Trento e classificazione delle zone (2011)