

**TRENTINO**

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**

Via Mantova, 16 – 38122 Trento

T +39 0461 494795**F** +39 0461 497759**pec** suolo.appa@pec.provincia.tn.it**@** ariaagfsuolo.appa@provincia.tn.it**web** www.appa.provincia.tn.it

INDAGINE AMBIENTALE

NOVALEDO

19/02/2016 – 18/02/2018

Indice

1 Introduzione.....	1
2 Descrizione sito di campionamento.....	2
3 Dati meteorologici.....	4
4 Risultati del rilevamento.....	8
4.1 Ossido di carbonio – CO.....	10
4.2 Polveri sottili PM10.....	12
4.3 Ossido e biossido di azoto – NO e NO ₂	15
4.4 Ozono – O ₃	20
4.5 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).....	23
4.6 Metalli.....	25
5 Valutazioni finali e conclusioni.....	26
Allegato 1: Normativa di riferimento.....	29
Allegato 2: Descrizione dei parametri rilevati.....	30
Allegato 3: Riferimenti bibliografici.....	34

1 Introduzione

Il presente lavoro descrive i risultati dell'indagine sulla qualità dell'aria effettuata a Novaledo, nel periodo 19 febbraio 2016 - 18 febbraio 2018.

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

Nella stazione vengono utilizzati 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.*

2 Descrizione sito di campionamento

La stazione di monitoraggio è stata posizionata all'interno del centro abitato di Novaledo, in prossimità della scuola elementare. In base alla localizzazione geografica ed al posizionamento rispetto alla presenza di fonti inquinanti, il sito è classificato come “di fondo¹ suburbano”.

Tab. 2.1: Localizzazione del sito di campionamento.

Coordinate ETRS89	683072 N
	5099277 E
Altitudine	479 m s.l.m.



Fig. 2.1: Localizzazione del sito di campionamento.



Fig. 2.2: Sito di campionamento.

Per il monitoraggio della qualità dell'aria nel sito di Novaledo sono stati utilizzati strumenti predisposti per la misura, continua ed automatica, di CO, 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 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 rilevati*.

¹ Stazioni di misurazione di fondo: stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento non sia influenzato prevalentemente da emissioni da specifiche fonti (industrie, traffico, riscaldamento residenziale, ecc.) ma dal contributo integrato di tutte le fonti poste sopravento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti nel sito (D. Lgs. 155/2010 Allegato III).

Le polveri sottili PM10, il biossido di azoto NO₂ ed il benzo(a)pirene B(a)P costituiscono, nei mesi invernali, i parametri più importanti fra quelli controllati. Per questi inquinanti esistono infatti le maggiori evidenze del superamento, o del rischio di superamento, delle concentrazioni massime consentite ai fini della tutela della salute delle persone.

In Trentino, in particolare, 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, il sito di campionamento rientra nella zona *IT0403*.

Per quanto riguarda l'inquinante ozono, tipico dei mesi estivi, 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.

La distribuzione delle concentrazioni del particolato sottile PM10 all'interno di una stessa valle o di uno stesso bacino aereologico presenta caratteristiche spesso omogenee, anche se è comunque possibile riscontrare la presenza di "hot spot", ovvero zone di dimensioni circoscritte con concentrazioni più elevate della media di particolato e di altri inquinanti. In ragione di tale considerazione, oltre alla valutazione dei dati raccolti a Novaldo ed al loro confronto con i relativi limiti, di particolare interesse è il confronto con i dati contemporaneamente raccolti dalle stazioni di misurazione di fondo della rete fissa di monitoraggio dislocate nei maggiori centri del Trentino ed in particolare con le misure della stazione di Borgo Valsugana, localizzata nella stessa vallata. Il confronto risulta particolarmente significativo grazie alla durata della campagna di misura.

3 Dati meteorologici

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

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 velocità del vento inferiore a 0,5 m/s e quindi non favorevole alla dispersione degli inquinanti rappresentano oltre il 60% del totale e, come si osserva in Fig. 3.2, sono presenti soprattutto nel periodo invernale, quando si osservano di norma le concentrazioni maggiori di particolato.

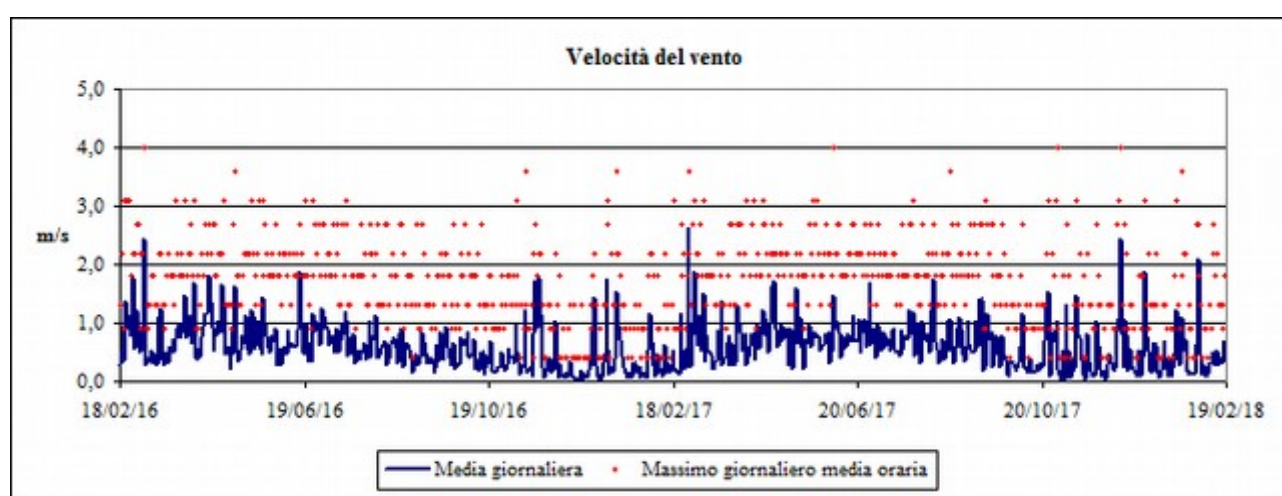


Fig. 3.1: Velocità del vento.

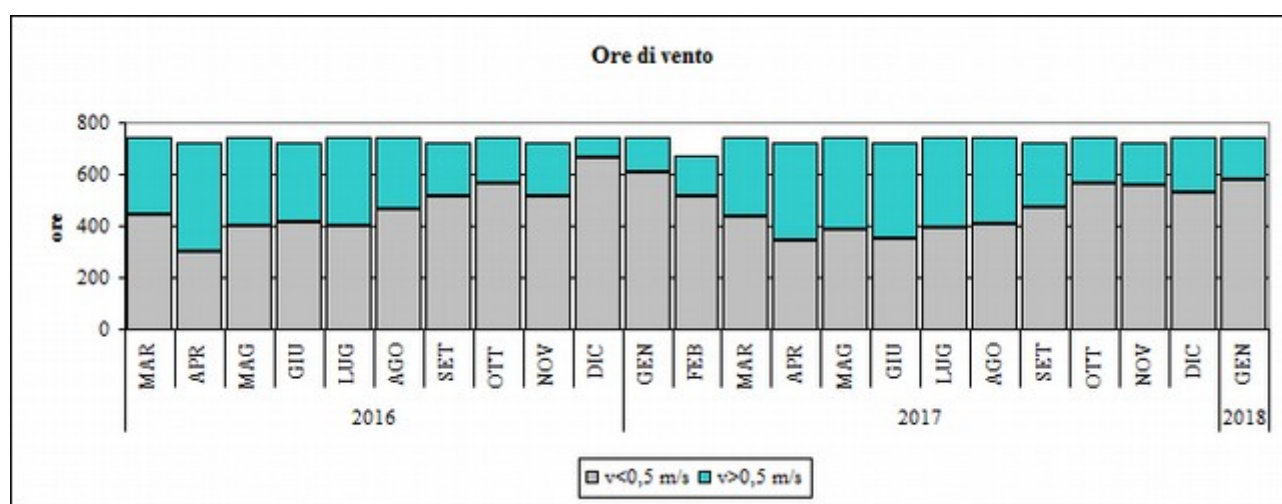


Fig. 3.2: Ore di vento mensili (velocità maggiore e minore di 0,5 m/s).

Le direzioni prevalenti di provenienza del vento sono ENE (28%), SSO (13%) e O (8%), mentre risultano quasi assenti venti provenienti dalle altre direzioni (Fig. 3.3 - Fig. 3.4).

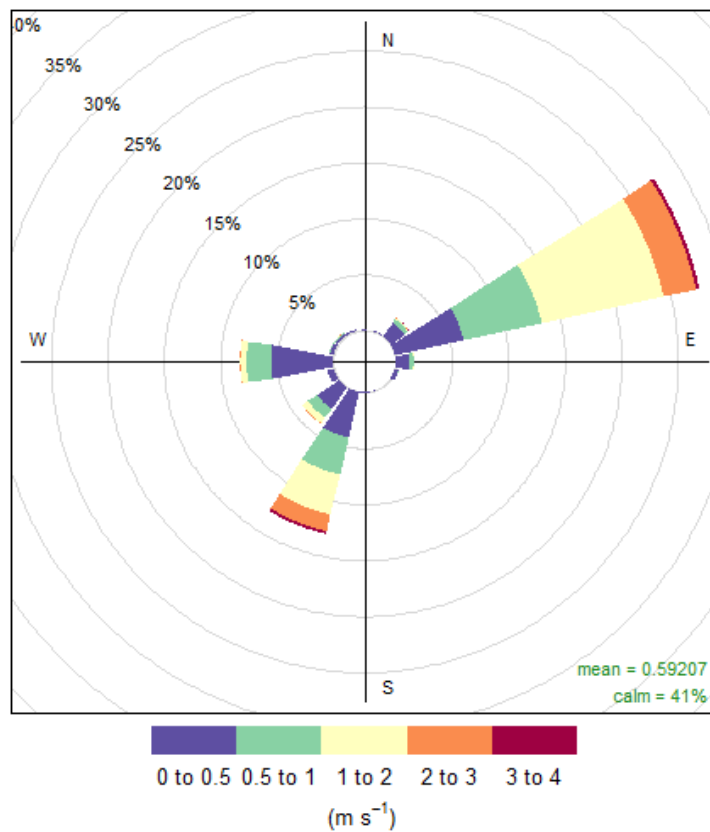


Fig. 3.3: Rosa dei venti.



Fig. 3.4: Direzione di provenienza dei venti.

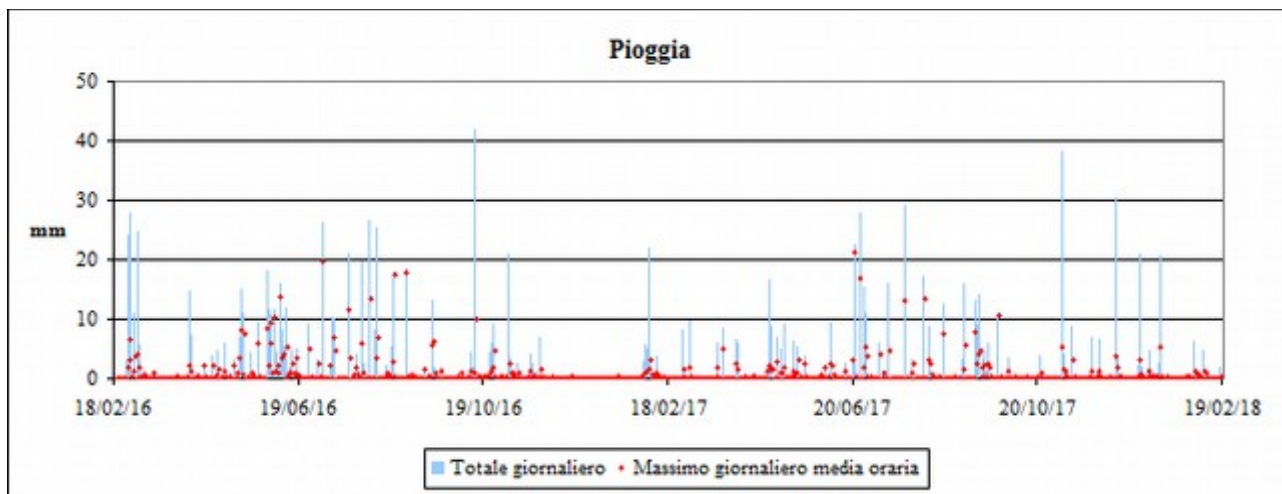


Fig. 3.5: Pioggia.

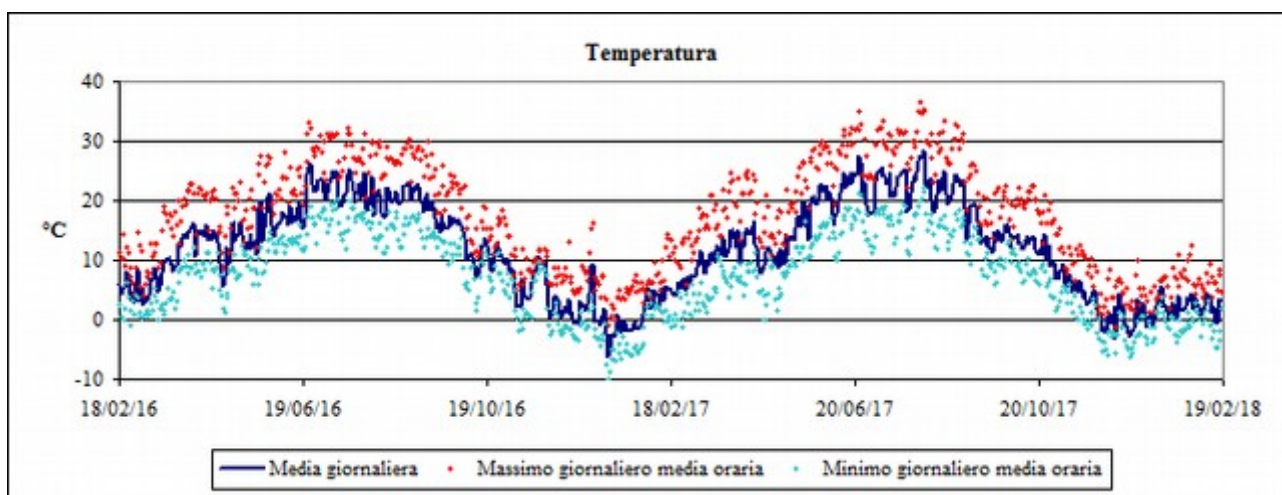


Fig. 3.6: Temperatura.

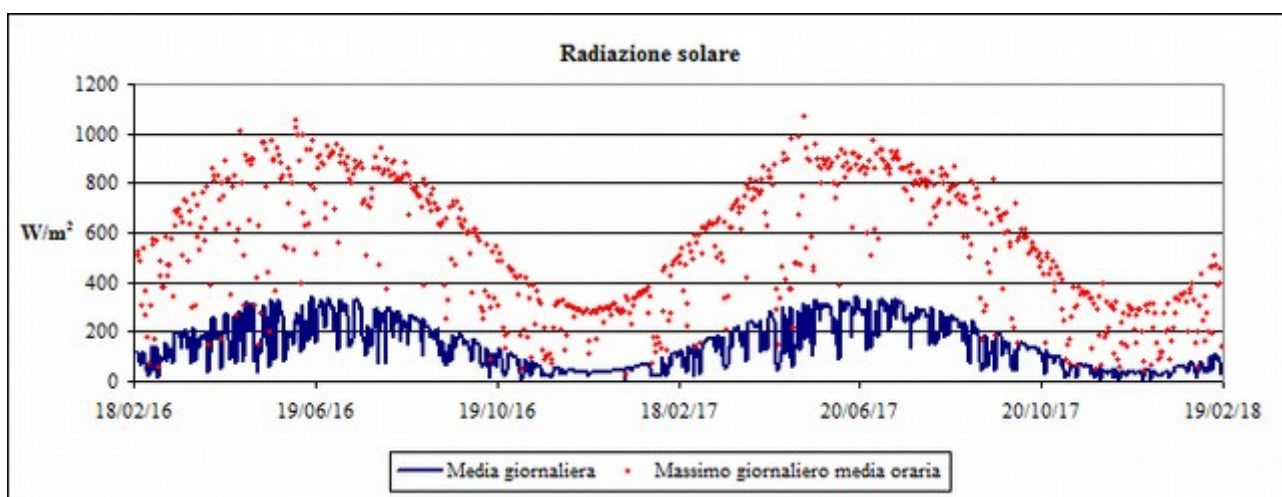


Fig. 3.7: Radiazione solare.

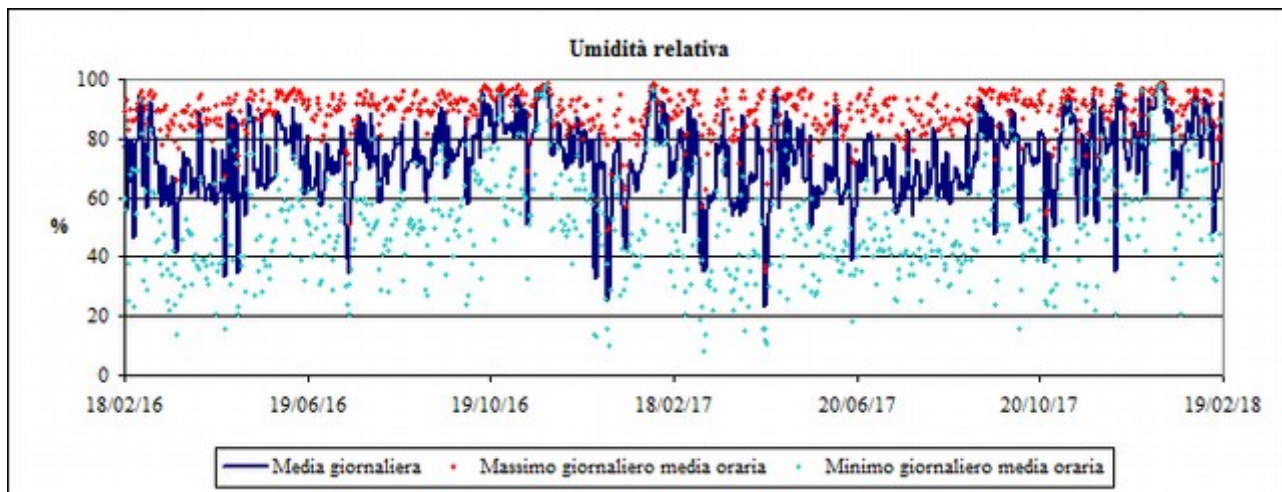


Fig. 3.8: Umidità relativa.

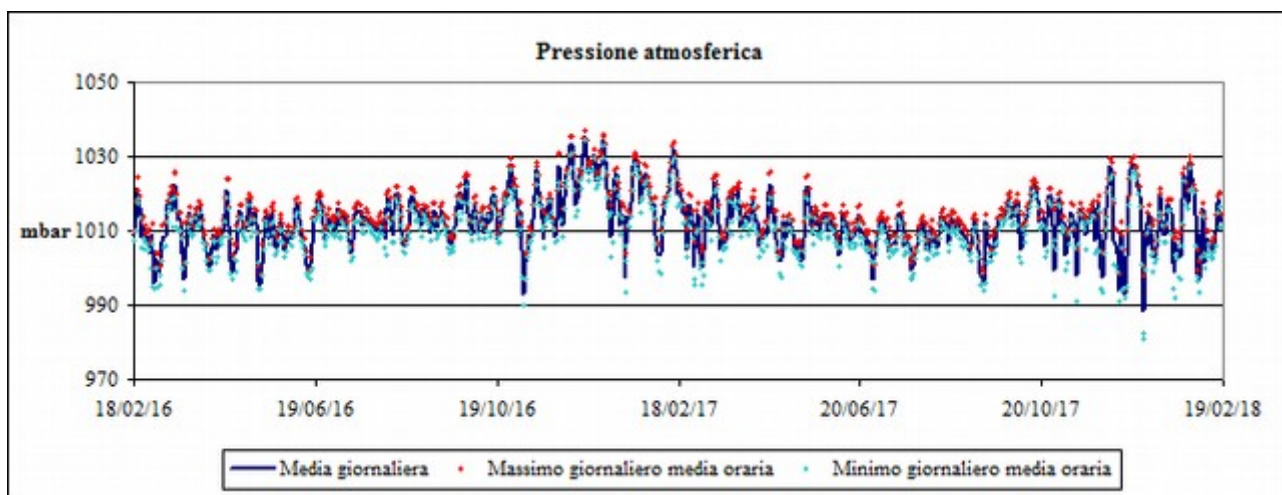


Fig. 3.9: Pressione atmosferica.

4 Risultati del rilevamento

I risultati analitici completi della campagna, in riferimento ai limiti previsti dalla normativa, sono riassunti nelle tabelle seguenti.

In Tab. 4.1 i risultati vengono confrontati con i valori limite previsti per ossidi e biossido di azoto, PM10, monossido di carbonio e piombo. Durante i 2 anni di monitoraggio i limiti previsti per questi inquinanti sono stati rispettati.

In Tab. 4.2 sono riassunti i risultati relativi all'inquinante ozono, che presenta delle criticità legate al rispetto dei valori obiettivo previsti.

In Tab. 4.3 le medie registrate per nichel e benzo(a)pirene sono confrontate con i valori obiettivo annuali previsti per questi inquinanti. Come per l'ozono, anche per il benzo(a)pirene non viene rispettato il valore obiettivo previsto.

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

Inquinante	Parametro	Massimo campagna	Limite
Biossido di azoto NO₂ (µg/m³)	Media oraria	96	200
	Superamenti limite media oraria	0	18 ⁽²⁾
	Media 3 h consecutive - Soglia di allarme	75	400
	<i>Media della campagna</i>	21	40 ⁽²⁾
Ossidi di azoto (NO_x) come NO₂ (µg/m³)	<i>Media della campagna</i>	33	30 ⁽¹⁾
Particelle sospese PM10 (µg/m³)	Media giornaliera	115	50
	Superamenti limite media giornaliera	20	35 ⁽²⁾
	<i>Media della campagna</i>	23	40 ⁽²⁾
Monossido di carbonio CO (mg/m³)	Media di 8 h consecutive	1,8	10
	<i>Media della campagna</i>	0,5	-
Piombo Pb (ng/m³)	<i>Media della campagna</i>	5,0	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 numero annuale di superamenti di medie orarie/giornaliere

Tab. 4.2: Confronto dei risultati della campagna con le soglie di informazione e allarme 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	193	180 (soglia di informazione)
			240 (soglia di allarme)
	Media di 8 h consecutive	179	120 (valore obiettivo) ⁽¹⁾
	Giorni di superamento del limite su 8 h	62	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
Nichel Ni (ng/m ³)	2,9	20,0
Benzo(a)pirene B(a)P (ng/m ³)	1,6	1,0

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 e gli eventuali superamenti dei valori limite/obiettivo previsti.

Oltre alla valutazione dei dati raccolti a Novaledo ed al loro confronto con i relativi limiti, viene proposto il confronto con i dati contemporaneamente raccolti presso le stazioni di monitoraggio di fondo dislocate nei maggiori centri del Trentino ed in particolare con le misure della stazione di Borgo Valsugana.

Vengono inoltre riportati gli andamenti medi giornalieri e stagionali 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 concentrazioni rilevate in 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).

4.1 Ossido di carbonio – CO

Per quanto riguarda l'ossido di carbonio, inquinante tracciante del traffico, i valori misurati si sono rivelati molto contenuti, con un valore massimo sulle 8 h pari a 1,8 mg/m³ a fronte di un limite normativo di 10 mg/m³ (Fig. 4.2).

Il valore medio durante l'intera campagna, pari a 0,5 mg/m³, è inferiore del 27% rispetto a quanto contemporaneamente rilevato presso la stazione di monitoraggio di traffico di Trento via Bolzano.

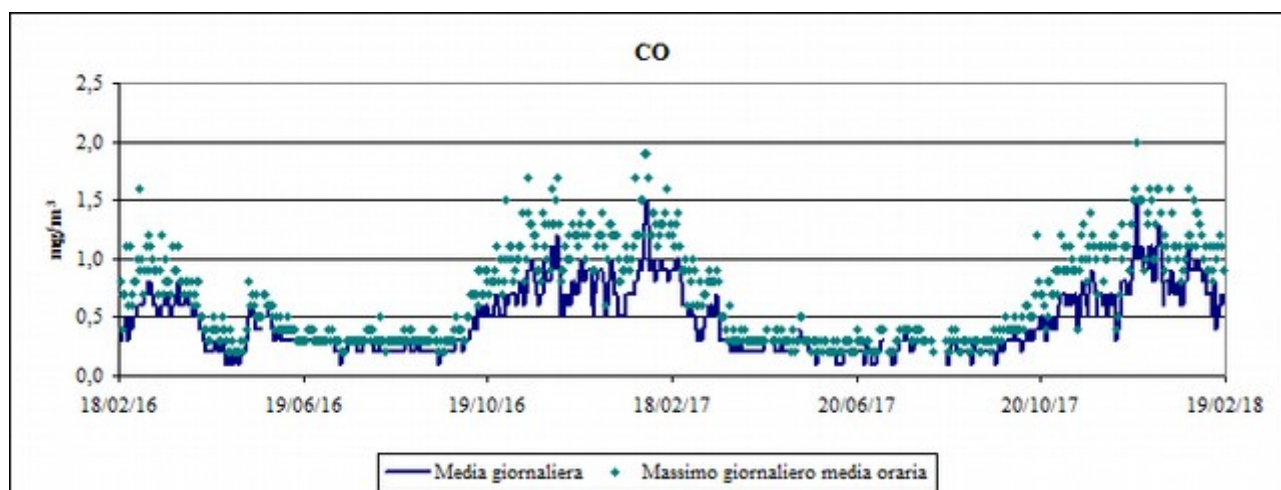


Fig. 4.1: CO – Media giornaliera e massimo orario.

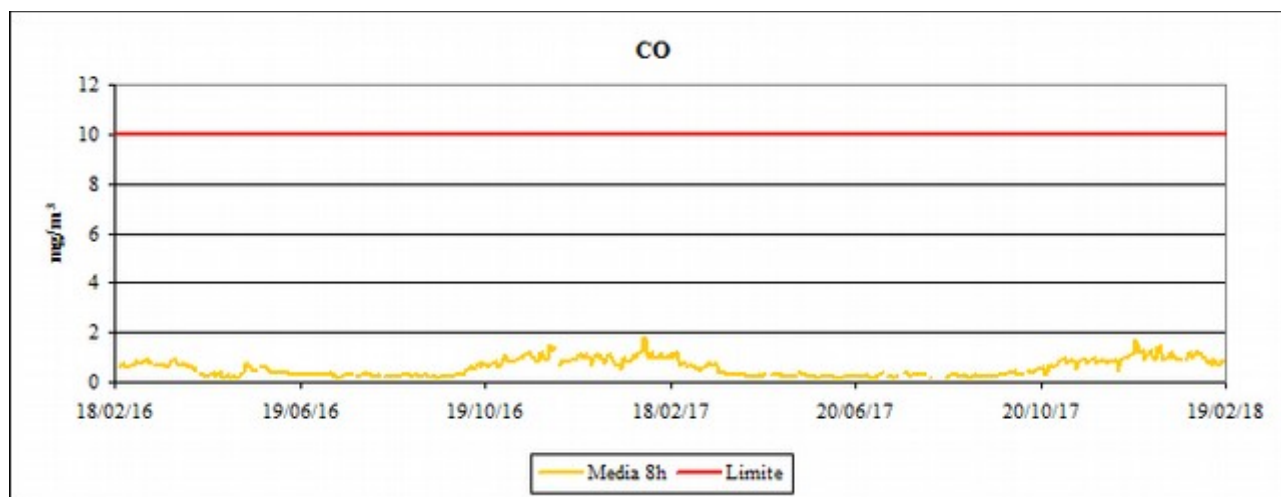
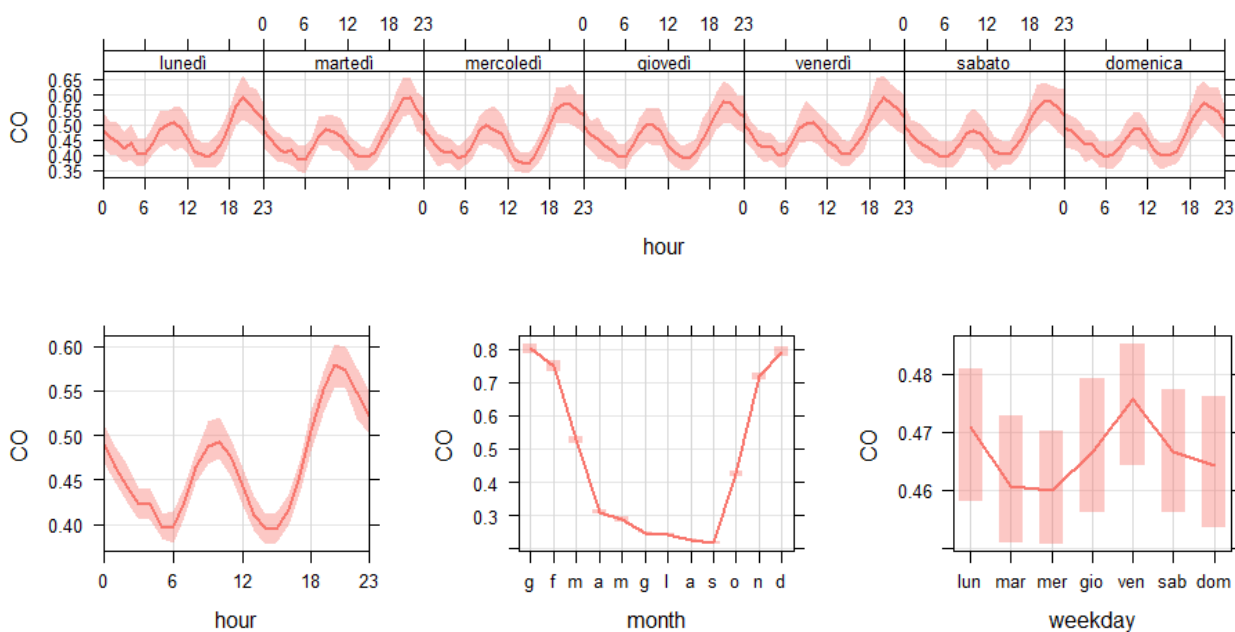


Fig. 4.2: CO – Massimo giornaliero media 8 h.

Nei dati rilevati risulta evidente la doppia “gobba” giornaliera in corrispondenza dei due momenti della giornata maggiormente caratterizzati dalla presenza di traffico (Fig. 4.3). Le concentrazioni tendono a diminuire durante la notte, aumentare una prima volta con un picco fra le 8 e le 10, ridiminuire nel primo pomeriggio per poi arrivare al livello più alto in serata. Le concentrazioni risultano maggiori nel periodo invernale, mentre non si osservano differenze significative tra i diversi giorni della settimana.

È importante evidenziare come non si creino mai momenti di particolare criticità tenuto conto del limite previsto pari a 10 mg/m^3 calcolato come media su 8 h.



mean and 95% confidence interval in mean
Fig. 4.3: CO – Andamenti (mg/m^3).

4.2 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 Novaledo, al contrario, ha avuto una durata tale (24 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 20 sforamenti del limite di media giornaliera in 2 anni, a fronte di un limite che prevede al massimo 35 sforamenti per anno solare. Il numero di superamenti è inferiore a quanto contemporaneamente registrato a Borgo Valsugana e alla media dei siti di misurazione di fondo;
- il valore massimo di media giornaliera è risultato pari a $115 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (31 gennaio 2017, giorno in cui in tutte le stazioni di fondovalle la media giornaliera di PM10 è risultata superiore a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$);
- il valore medio dell'intero periodo è stato di $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$, leggermente superiore alla media dell'intera rete provinciale ($21 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e pari a quanto registrato a Borgo Valsugana;
- si riscontra una buona sovrapposizione degli andamenti di concentrazione fra i dati di Novaledo e quelli di Borgo Valsugana (Fig. 4.5) e delle altre stazioni della rete di monitoraggio (Fig. 4.6);
- l'andamento giornaliero delle concentrazioni presenta una doppia gobba, con un picco al mattino ed uno pomeridiano-serale. (Fig. 4.7);
- in base al confronto tra i valori registrati a Novaledo e presso le stazioni di monitoraggio della rete fissa, il limite normativo previsto per la media annuale risulta rispettato, in linea con quanto registrato in tutte le stazioni di monitoraggio della rete provinciale;
- in base al confronto tra i valori registrati a Novaledo e presso le stazioni di monitoraggio della rete fissa, il limite normativo annuale previsto per la media giornaliera risulta rispettato, in linea con quanto registrato in tutte le stazioni di monitoraggio della rete provinciale negli ultimi anni.

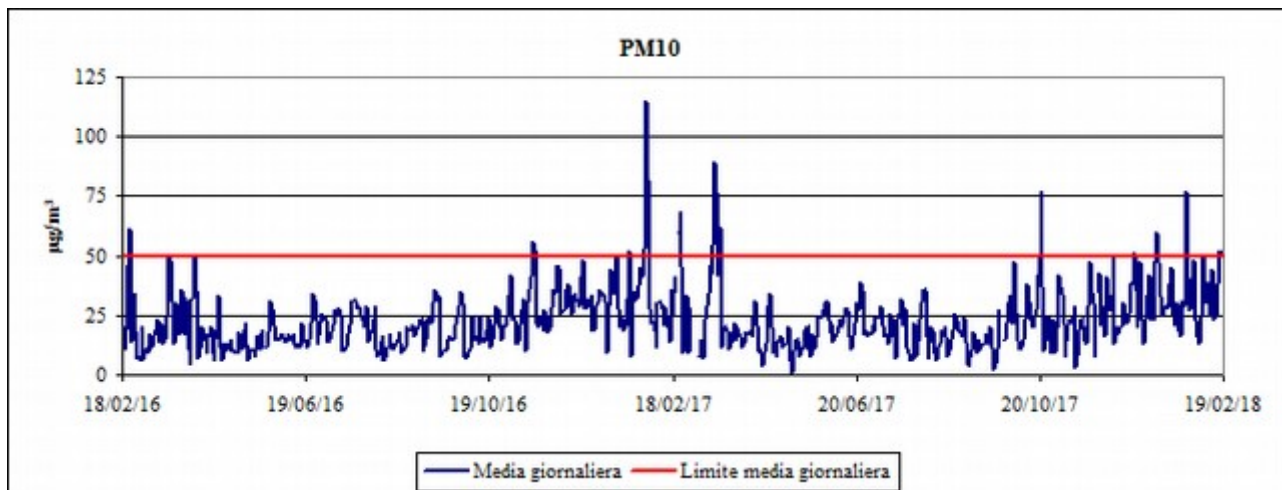


Fig. 4.4: PM10 – Media giornaliera.

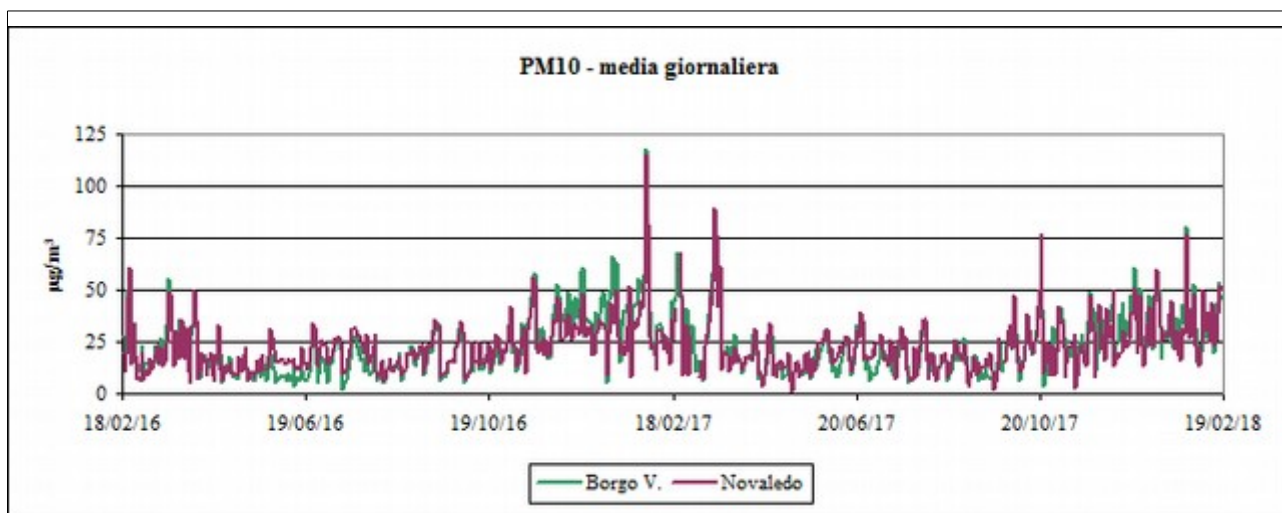


Fig. 4.5: PM10 – Media giornaliera (Novaledo e Borgo Valsugana).

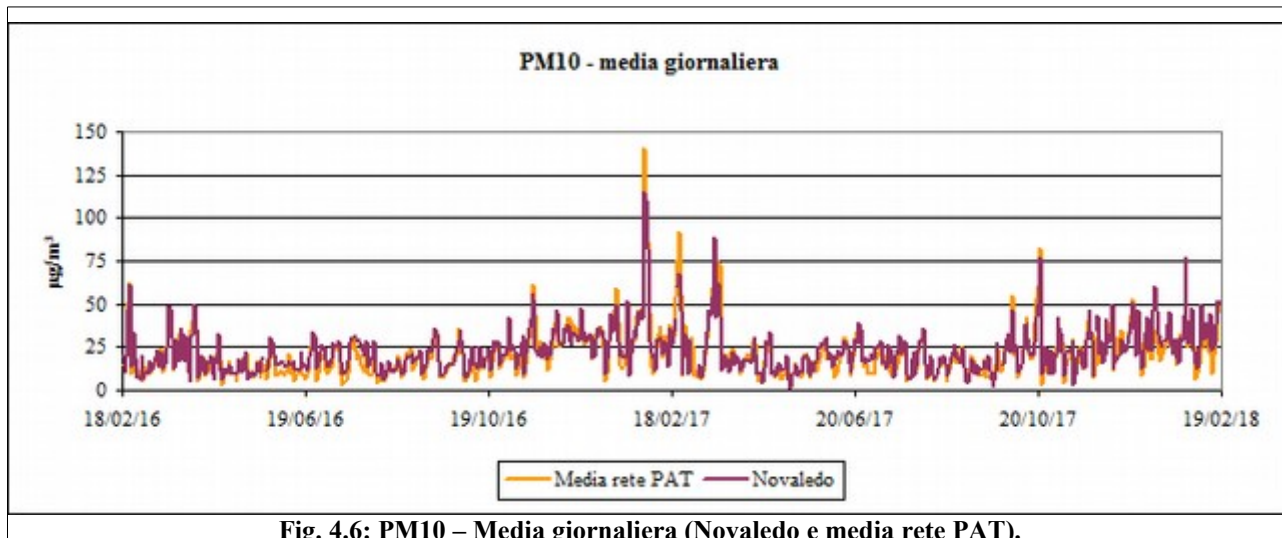


Fig. 4.6: PM10 – Media giornaliera (Novaledo e media rete PAT).

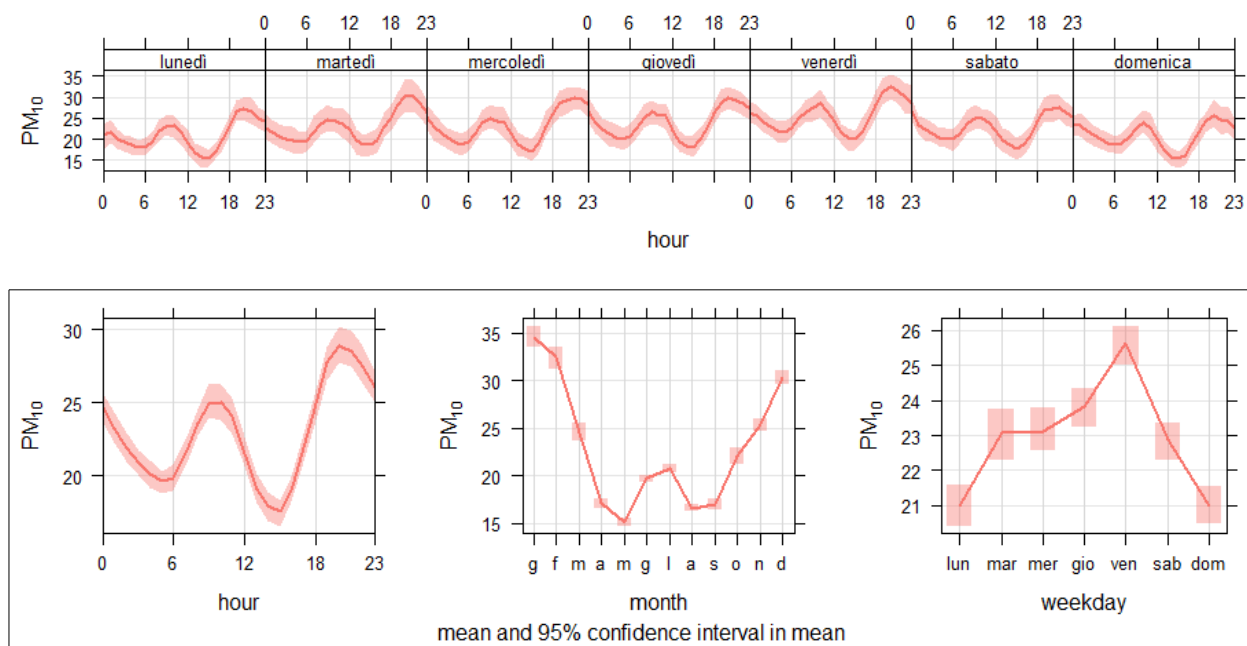


Fig. 4.7: Andamenti PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

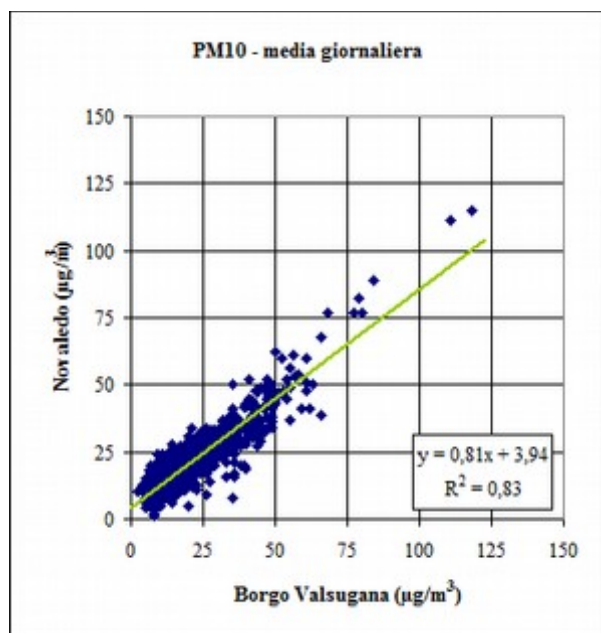


Fig. 4.8: PM10 – Retta di correlazione (Novaledo – Borgo Valsugana).

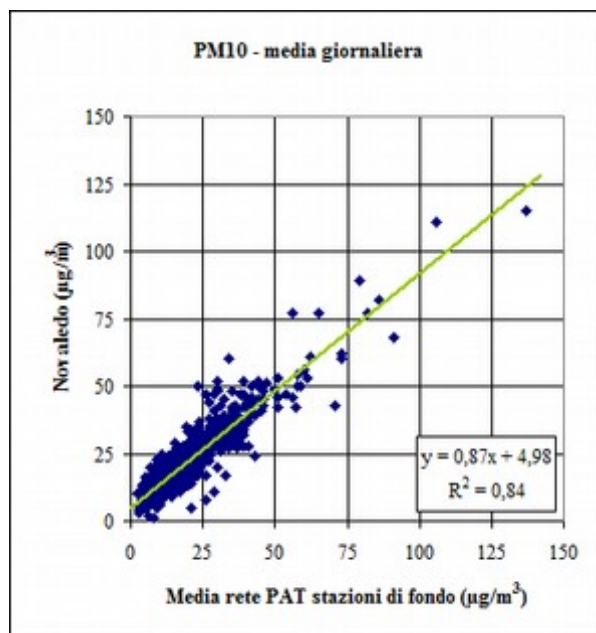


Fig. 4.9: PM10 – Retta di correlazione (Novaledo - media rete PAT stazioni di fondo).

4.3 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 da 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 (Fig. 4.16 e Fig. 4.18).

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, anche per l'NO₂ si propone il confronto tra i dati rilevati a Novaledo e presso le stazioni della rete fissa.

In particolare si osserva quanto segue:

- non sono mai stati registrati sforamenti del limite relativo alla media oraria pari a 200 µg/m³ (Fig. 4.11);
- il valore massimo di media oraria è risultato pari a 96 µg/m³ (30 dicembre 2016), pari a meno della metà del limite di 200 µg/m³;
- le concentrazioni di NO₂ risultano abbondantemente inferiori alla soglia di allarme;
- la concentrazione media giornaliera è inferiore a quanto rilevato presso le stazioni di monitoraggio dell'intera rete fissa provinciale (Fig. 4.13);
- l'andamento medio di NO₂ presenta due picchi giornalieri e valori inferiori nel periodo estivo e nel fine settimana (Fig. 4.16 e Fig. 4.18);
- l'andamento medio giornaliero di NO presenta un picco evidente la mattina, ed uno meno pronunciato nel tardo pomeriggio, con valori inferiori nel periodo estivo e nel fine settimana (Fig. 4.17 e Fig. 4.18);

- il valore medio di NO₂ dell'intero periodo è stato di 21 µg/m³, molto inferiore al valore limite previsto per la media annuale (40 µg/m³), ed inferiore alla media della stazioni di fondo (28 µg/m³) e di Borgo Valsugana (24 µg/m³).
- in base al confronto tra i valori registrati a Novaledo e presso le stazioni di monitoraggio della rete fissa, risultano senza dubbio rispettati tutti i limiti normativi imposti per l'NO₂.

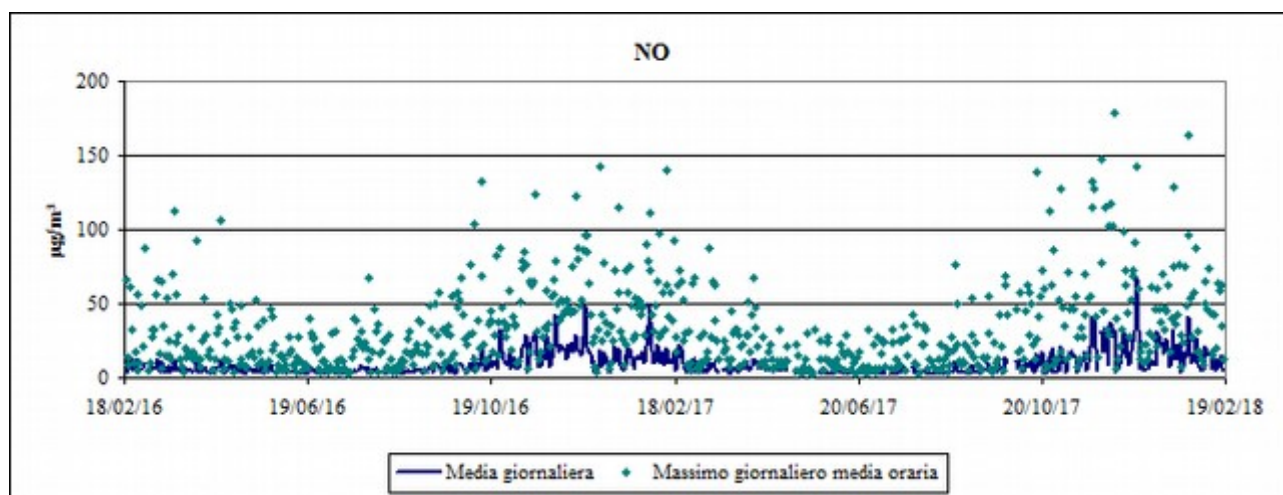


Fig. 4.10: NO – Media giornaliera e massimo orario.

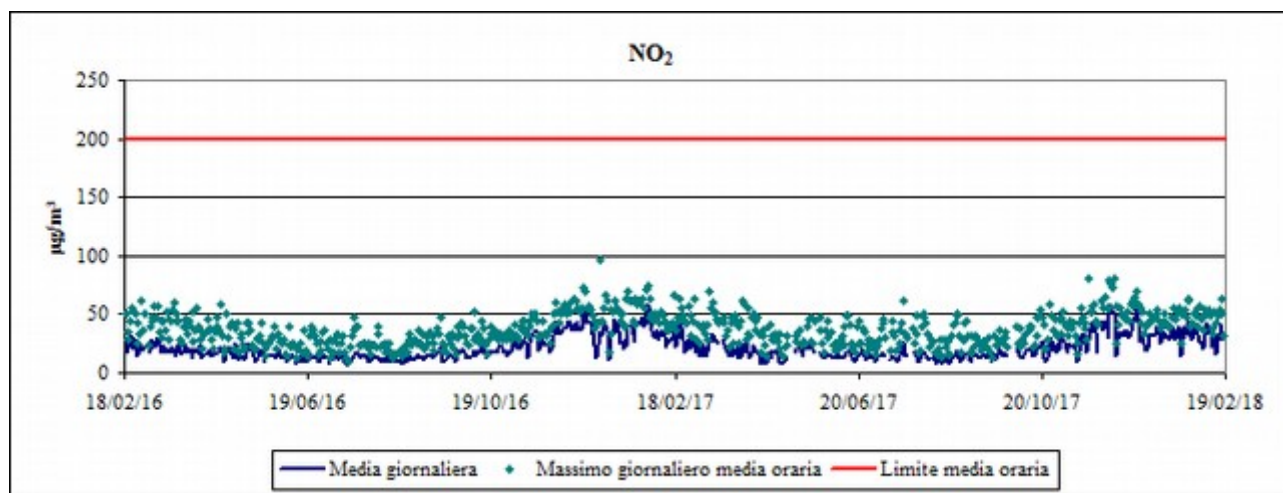


Fig. 4.11: NO₂ – Media giornaliera e massimo orario.

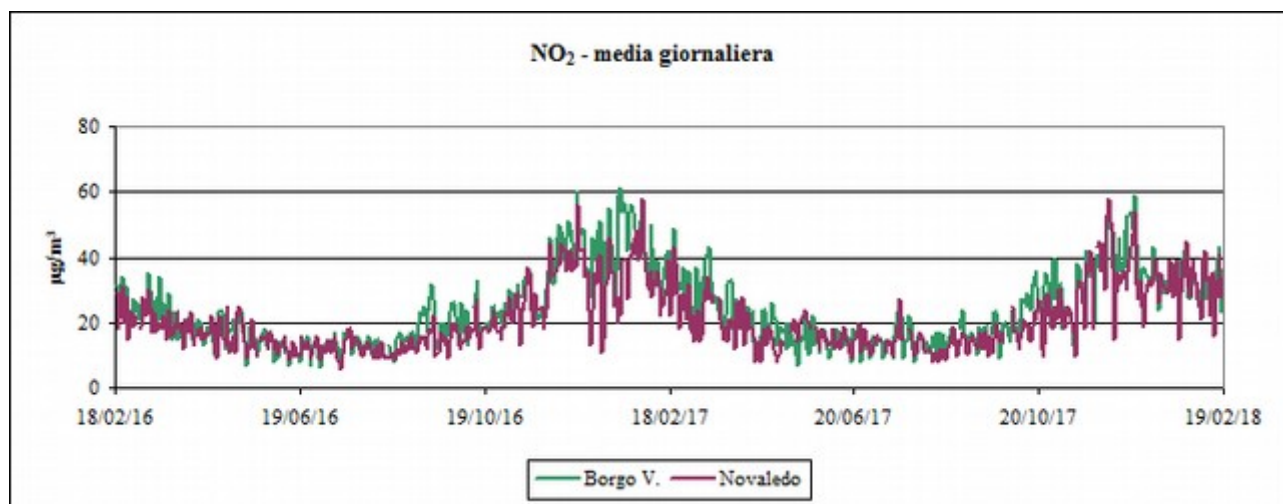


Fig. 4.12: NO₂ – Media giornaliera (Novaledo e Borgo Valsugana).

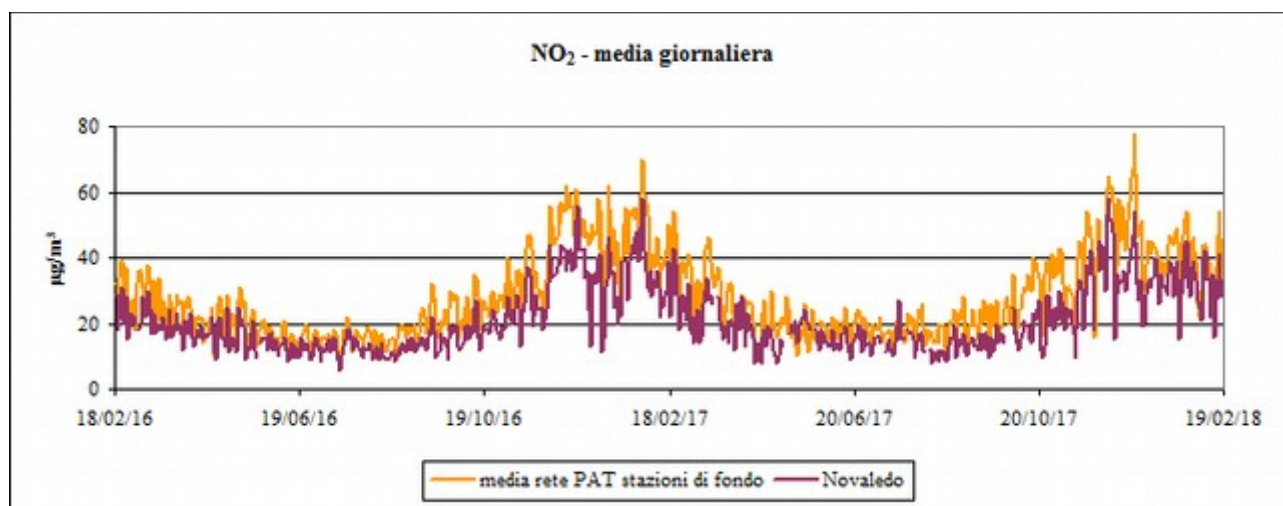


Fig. 4.13: NO₂ – Media giornaliera (Novaledo e media rete PAT).

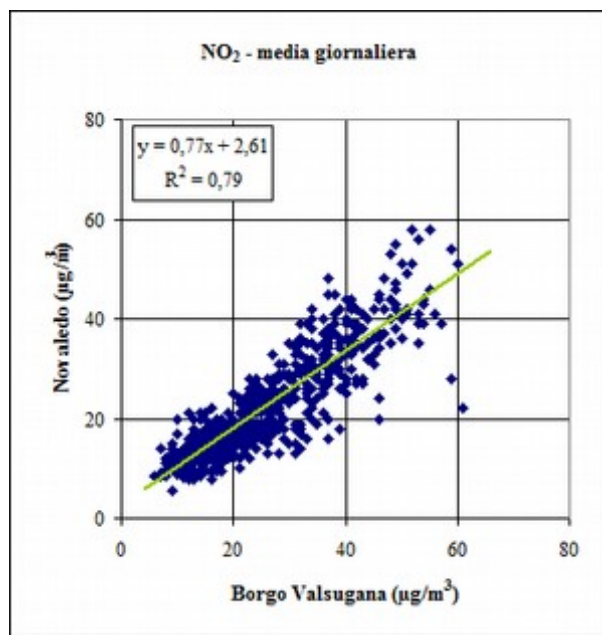


Fig. 4.14: NO₂ – Retta di correlazione (Novaledo – Borgo Valsugana).

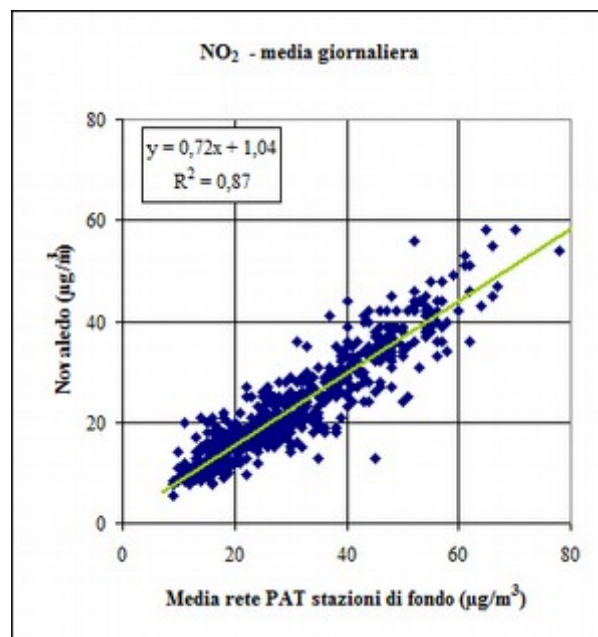
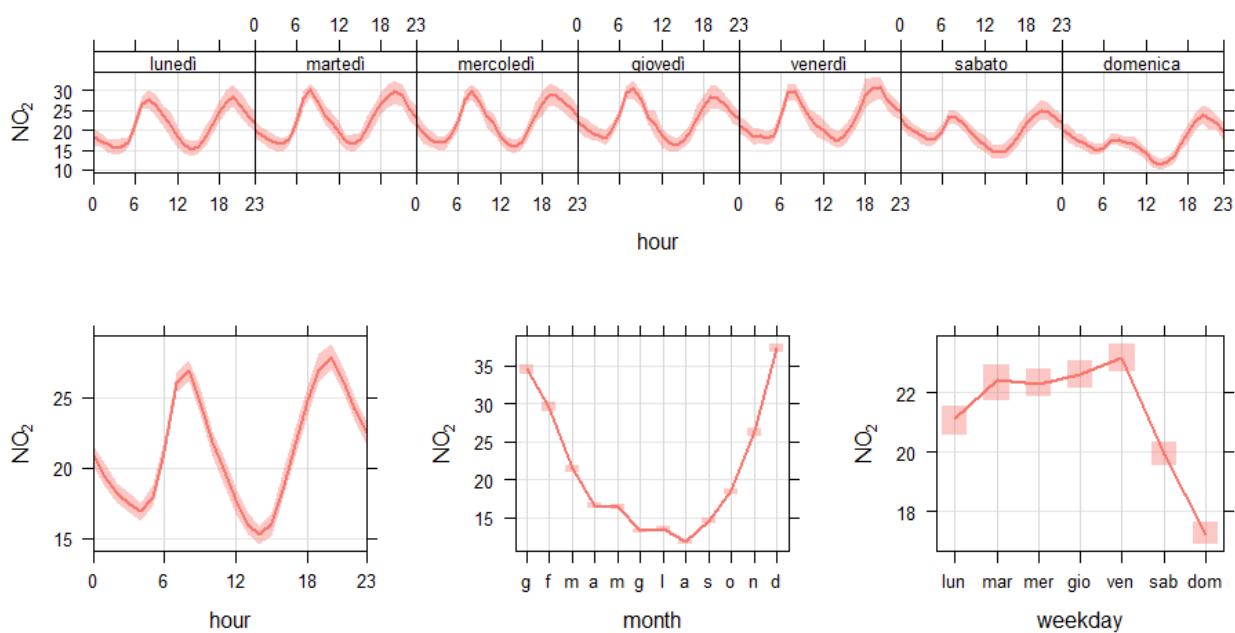
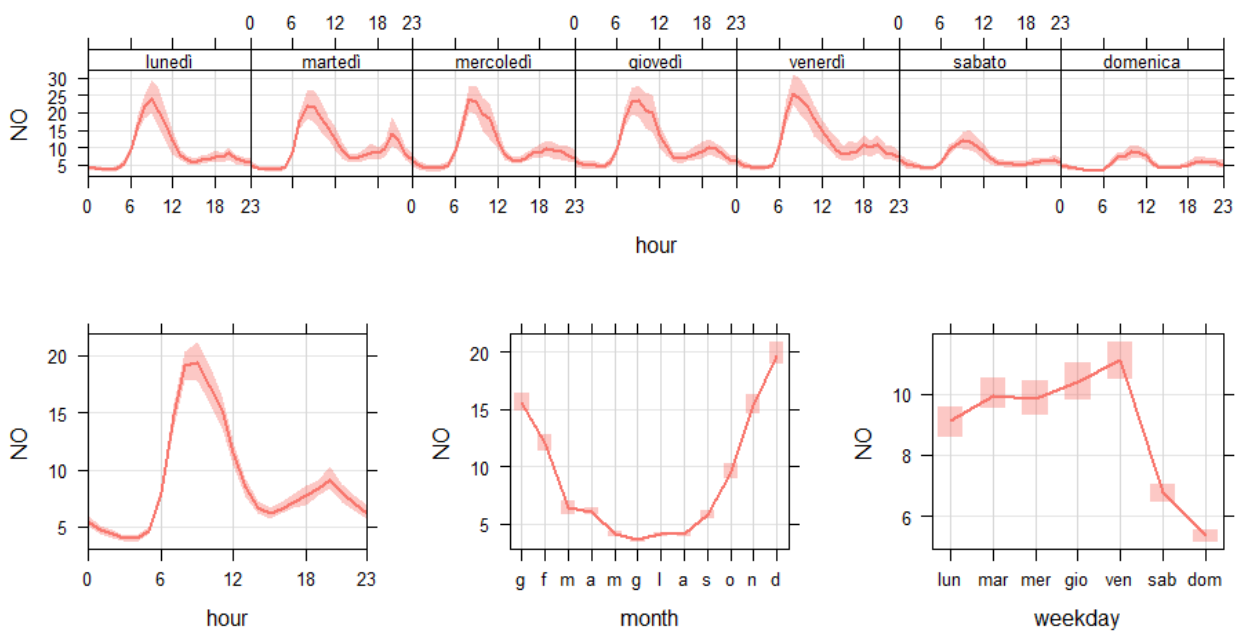


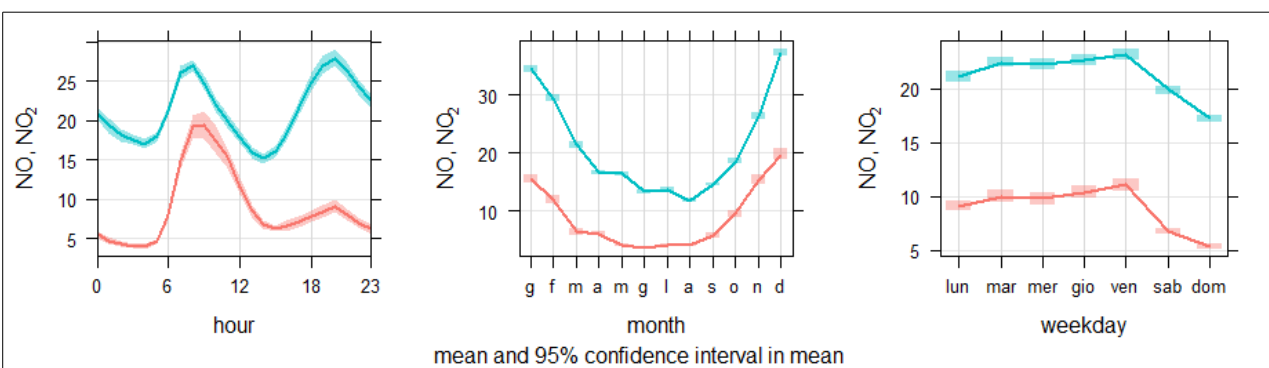
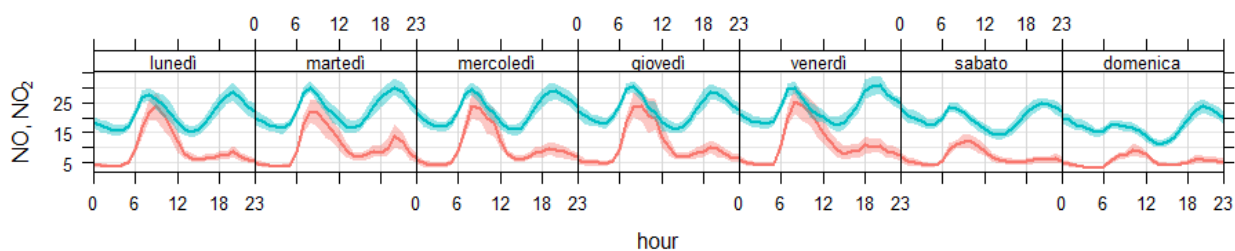
Fig. 4.15: NO₂ – Retta di correlazione (Novaledo – media rete PAT stazioni di fondo).



mean and 95% confidence interval in mean
Fig. 4.16: NO₂ – Andamenti (µg/m³).



mean and 95% confidence interval in mean
Fig. 4.17: NO – Andamenti ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



■ NO ■ NO₂

Fig. 4.18 NO ed NO₂ – Andamenti (valori normalizzati).

4.4 Ozono – O₃

La concentrazione media oraria di ozono è risultata sempre inferiore alla soglie di informazione (180 µg/m³) nell'estate 2016, mentre sono stati registrati 7 superamenti della soglia di informazione nell'estate 2017, con un picco massimo orario registrato nel mese di giugno pari a 193 µg/m³, di poco superiore alla soglia di informazione ed inferiore alla soglia di allarme (240 µg/m³) (Fig. 4.19).

Sono stati registrati 15 superamenti giornalieri del valore obiettivo (120 µg/m³ calcolato come media su 8 h) durante l'estate 2016, e 47 durante l'estate 2017 (Fig. 4.21).

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, cioè quando l'irraggiamento solare favorisce le reazioni fotochimiche responsabili della sua formazione (Fig. 4.25).

Anche le differenze tra le 2 estati rispecchiano le peculiarità di questo inquinante e sono riconducibili al normale alternarsi di estati più o meno soleggiate e calde.

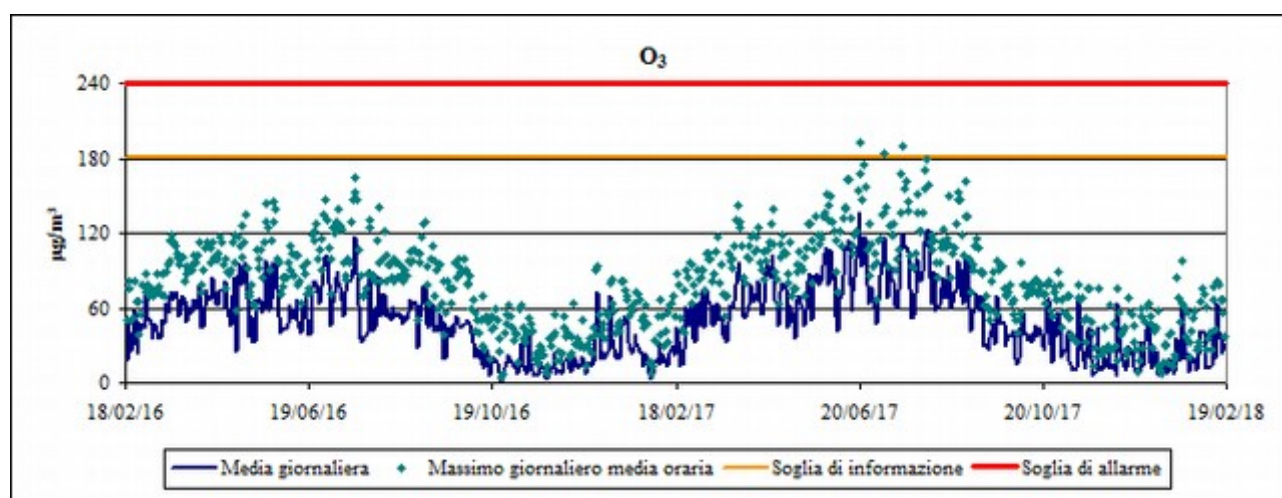


Fig. 4.19: O₃ – Media giornaliera e massimo orario.

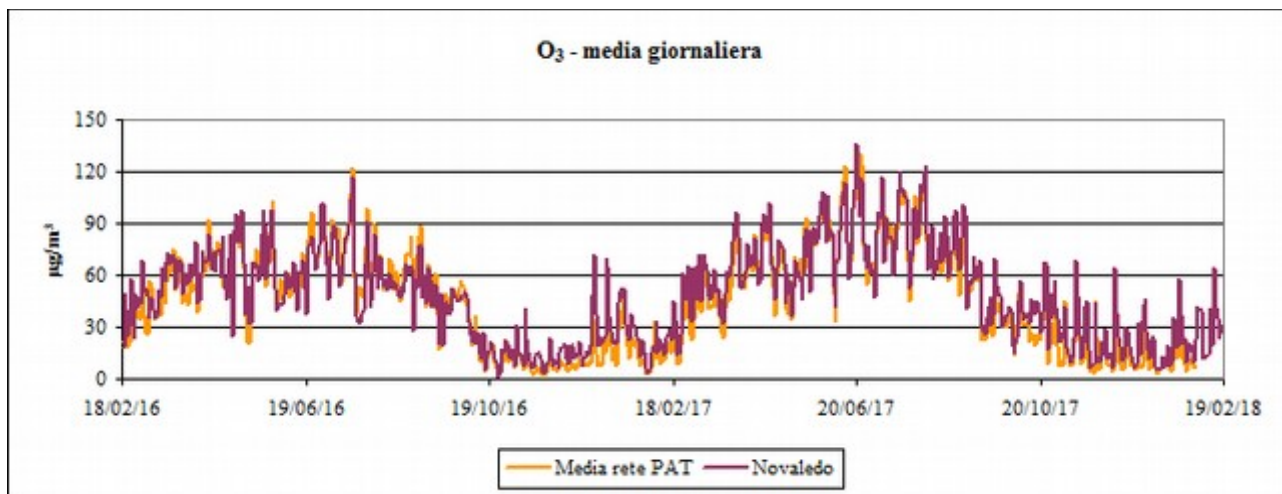


Fig. 4.20: O₃ – Media giornaliera (Novaledo e media rete PAT).

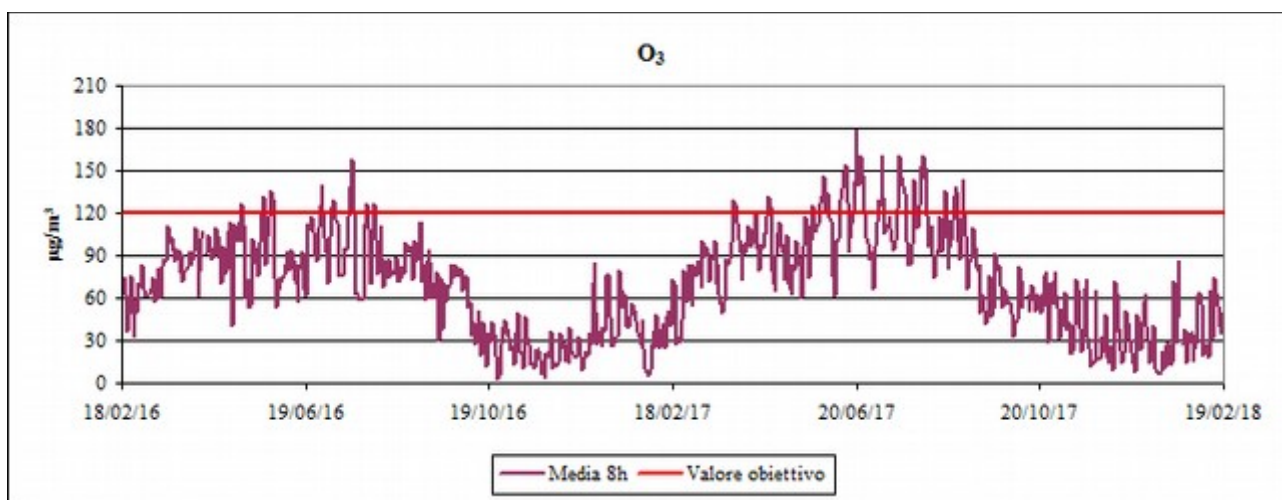


Fig. 4.21: O₃ – Massimo giornaliero media 8 h.

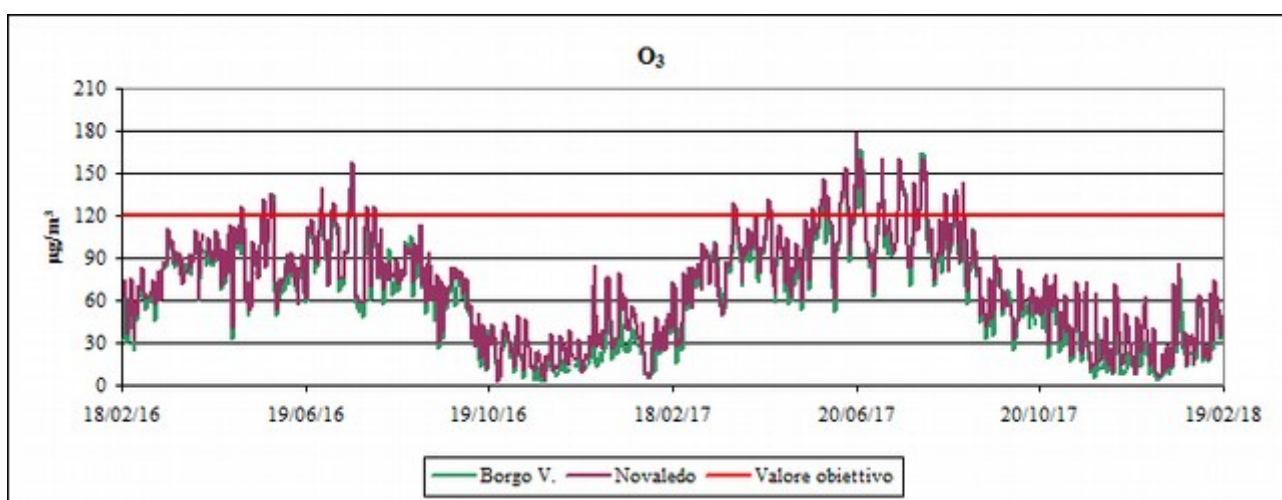


Fig. 4.22: O₃ – Massimo giornaliero media 8 h (Novaledo e Borgo Valsugana).

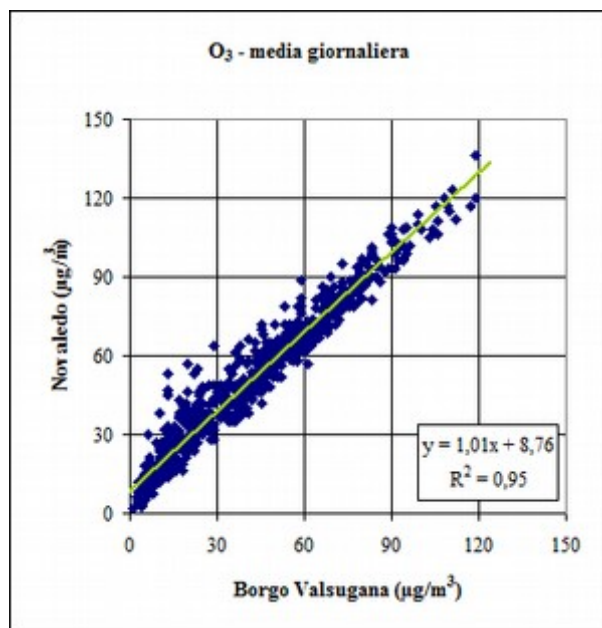


Fig. 4.23: O₃ – Retta di correlazione (Noaledo – Borgo Valsugana).

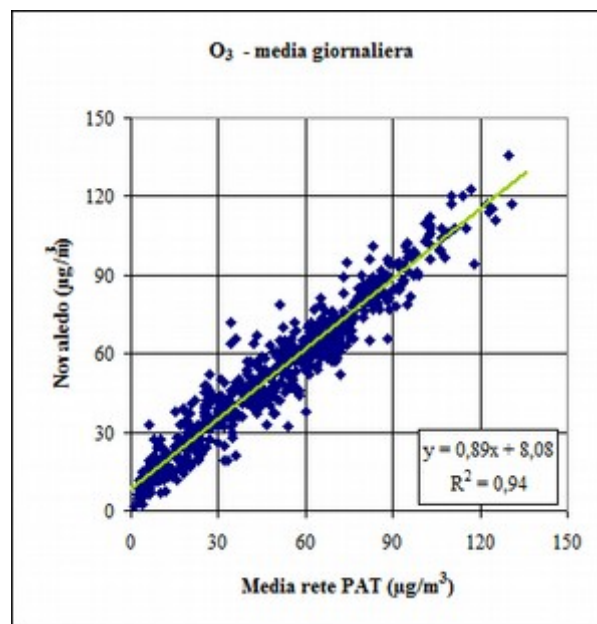
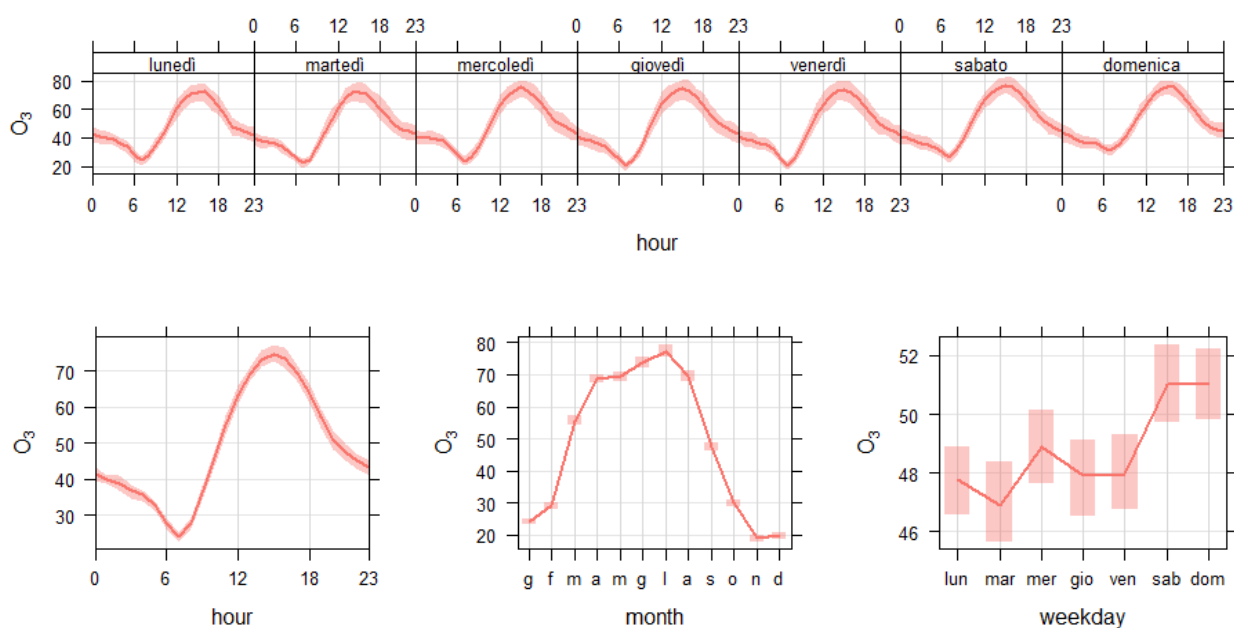


Fig. 4.24: O₃ – Retta di correlazione (Noaledo – media rete PAT).



mean and 95% confidence interval in mean

Fig. 4.25: O₃ – Andamenti.

4.5 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).

Tab. 4.4: IPA – valori medi della campagna.

IPA	Media campagna (ng/m ³)
benzo(a)antracene	1,0
benzo(a)pirene	1,6
benzo(b)fluorantene	1,6
benzo(g,h,i)perilene	1,4
benzo(k)fluorantene	0,8
crisene	1,2
dibenzo(a,h)antracene	0,2
fluorantene	0,4
indeno(1,2,3-c,d)pirene	1,5
perilene	0,3
pirene	0,4

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.

L'andamento temporale osservato a Novaledo è quello tipico di questo inquinante, con valori più elevati nella stagione invernale e prossimi allo zero in quella estiva (Fig. 4.26). Non emergono differenze significative tra i valori registrati nei 2 inverni monitorati. La concentrazione media durante i 2 anni dell'indagine è risultata pari a 1,6 ng/m³, e quindi superiore al valore obiettivo.

Ulteriori valutazioni possono essere effettuate confrontando i dati della campagna di Novaledo con quanto contemporaneamente registrato presso altri siti di misura (Fig. 4.27). Presso la stazione di monitoraggio di Trento Parco S. Chiara la media annuale di B(a)P nel 2016 e nel 2017 è risultata pari a 0,9 ng/m³, quindi leggermente inferiore al valore obiettivo. La concentrazione media di B(a)P a Novaledo è superiore di circa il 70% rispetto a quanto misurato contemporaneamente a Trento.

Per il primo anno di monitoraggio, è inoltre possibile effettuare un confronto con quanto contemporaneamente misurato presso la vicina stazione di Borgo Valsugana. La concentrazione media di B(a)P registrata a Novaledo risulta di circa il 26% inferiore a quanto misurato a Borgo Valsugana.

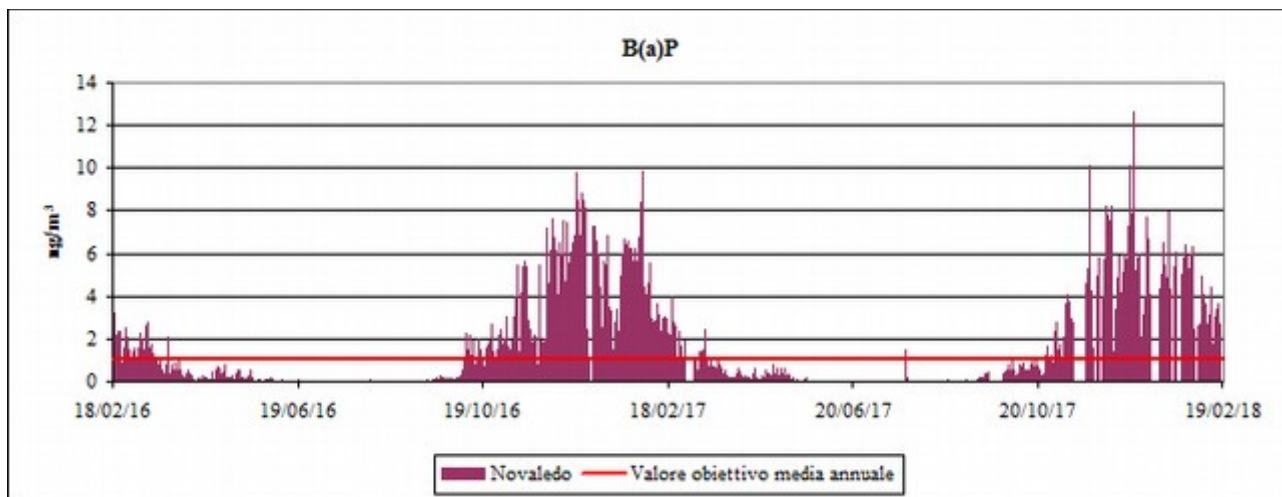


Fig. 4.26: B(a)P – Media giornaliera.

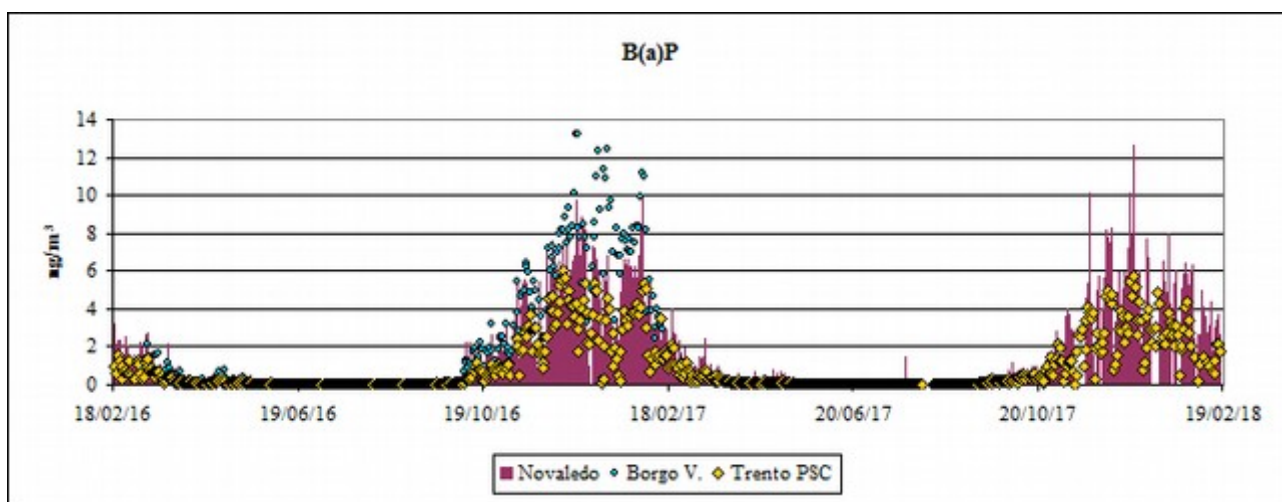


Fig. 4.27: B(a)P – Media giornaliera (Novaledo, Trento Parco S. Chiara e Borgo Valsugana).

4.6 Metalli

Sui campioni gravimetrici di PM10 raccolti durante la campagna sono state effettuate delle analisi per dosare il contenuto di metalli (Tab. 4.6).

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

Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni	Pb
351	3,59	12,9	118	7,01	2,9	5,0
K	Cu	Rb	Ti	V	Zn	S
289	10,2	3,18	10,8	2,43	29,8	286

Sono previsti per il piombo un *valore limite* e per il nichel un *valore obiettivo* calcolati entrambi come media annuale (D. Lgs. 155/2010). I valori misurati nel corso della campagna risultano largamente inferiori ai rispettivi limiti/valori obiettivo (Tab. 4.6), e in linea con quanto contemporaneamente registrato presso le stazioni fisse di monitoraggio di Trento Parco S. Chiara e Borgo Valsugana.

Tab. 4.6: Metalli – valori limite/obiettivo.

	Media campagna	Valore limite / obiettivo
Ni	2,9 ng/m ³	20,0 ng/m ³
Pb	0,005 µg/m ³	0,5 µg/m ³

5 Valutazioni finali e conclusioni

Dall'analisi dei dati raccolti durante la campagna condotta a Novaledo, si possono ricavare le seguenti considerazioni:

- nel periodo monitorato **tutti** gli inquinanti hanno rispettato i **limiti** previsti dall'attuale normativa;
- in alcune giornate è stato superato il limite di media giornaliera per il parametro **polveri sottili PM10**, senza tuttavia eccedere il numero massimo tollerato (sono stati registrati 20 sforamenti del limite di media giornaliera in 2 anni di monitoraggio);
- in base ai dati raccolti ed al confronto con i valori della rete fissa, è possibile affermare che il limite annuo di superamenti previsto per questo inquinante è *rispettato*;
- esiste una buona sovrapposizione degli andamenti di concentrazione di polveri sottili PM10 registrati a Novaledo e a Borgo Valsugana;
- la concentrazione media di polveri sottili PM10 è risultata *superiore dell'11%* rispetto alla media di tutte le stazioni fisse di fondo della rete provinciale di monitoraggio ed *in linea* con quanto contemporaneamente misurato a Borgo Valsugana;
- in base ai dati raccolti ed al confronto con i valori della rete fissa, è possibile affermare che il limite di media annuale previsto per questo inquinante è *rispettato*;
- durante la campagna di monitoraggio la concentrazione media di **biossido di azoto NO₂** è risultata *inferiore* rispetto a quanto contemporaneamente misurato in tutte le stazioni fisse di fondo della rete provinciale di monitoraggio (-24%) e a Borgo Valsugana (-12%);
- non sono mai stati registrati sforamenti del limite relativo alla media oraria, ed il valore massimo raggiunto è risultato pari a 96 µg/m³;
- in base ai dati acquisiti, si devono considerare sicuramente *rispettati* tutti i limiti previsti per l'NO₂;
- per quanto riguarda l'**ozono**, inquinante tipico dei mesi primaverili ed estivi, le concentrazioni hanno *rispettato*, durante l'estate 2016, le soglie previste (soglia di informazione e di allarme), mentre si sono verificati alcuni superamenti della soglia di informazione durante l'estate 2017;
- i superamenti giornalieri del valore obiettivo previsto come media sulle 8 h sono stati 15 durante l'estate 2016 e 47 durante l'estate 2017, quindi mediamente in numero *superiore* al valore obiettivo;

- le differenze tra le 2 estati rispecchiano le peculiarità di questo inquinante, fortemente legato alle condizioni meteorologiche;
- i valori registrati per **ossido di carbonio CO** sono risultati sempre *abbondantemente inferiori* al limite normativo;
- i valori registrati per il **nichel** sono risultati *abbondantemente inferiori* al valore obiettivo;
- i valori registrati per il **piombo** sono risultati *abbondantemente inferiori* al limite normativo;
- la media annuale del **benzo(a)pirene** risulta *superiore* al valore obiettivo.

Alla luce di queste indicazioni si deve concludere che **tutti gli indicatori di qualità dell'aria** misurati nel sito di misura di Novaledo risultano essere **al di sotto dei limiti ammessi dalla normativa**, mentre **non vengono rispettati i valori obiettivo** previsti per **ozono** e **benzo(a)pirene**.

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.

*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 Malloci*

*Analisi chimiche:
Settore Laboratorio APPA*

*Elaborazione dei dati e redazione:
ing. Elisa Malloci*

*Coordinamento e redazione:
dott. Gabriele Tonidandel*

Trento, dicembre 2018

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 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
levoglucosano	LG	µg/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 particellare, 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 particellare).

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 3: Riferimenti bibliografici

APPA Trento (2011), *Zonizzazione della provincia di Trento e classificazione delle zone*, Deliberazione di Giunta Provinciale n°1036 del 20/05/2011

APPA Trento (2016), *Classificazione delle zone ai fini della valutazione della qualità dell'aria ambiente - aggiornamento 2016*, Deliberazione della Giunta Provinciale n°2338 del 16/12/2016

APPA Trento, (2018), *Piano provinciale di tutela della qualità dell'aria*, Deliberazione della Giunta Provinciale n°1387 del 01/08/2018

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*