

DIPARTIMENTO TERRITORIALE PIEMONTE NORD OVEST
Struttura semplice "Attività di Produzione"

**OGGETTO: CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO DEL
 LABORATORIO MOBILE NEL COMUNE DI VILLAR FOCCHIARDO
 RELAZIONE TECNICA 1ª e 2ª CAMPAGNA
 (7 ottobre - 7 novembre 2019 e 3 giugno - 5 luglio 2021)**



SERVIZIO B5.16
CODICE DOCUMENTO: F06_2019_00940_010

| | | | |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|
| Redazione | Funzione: Tecnico Struttura Attività di Produzione | Data: 13/12/2021 | <i>Roberto Sergi</i> |
| | Nome: Roberto Sergi | | |
| Verifica | Incarico di Funzione: Monitoraggio qualità dell'aria e Olfattometria | Data: 13/12/2021 | <i>Milena Sacco</i> |
| | Nome: Milena Sacco | | |
| Approvazione | Funzione: Responsabile Struttura Attività di Produzione | | |
| | Nome: Ivana Bottazzi | | |

ARPA Piemonte

Codice Fiscale - Partita IVA 07176380017

Dipartimento territoriale Piemonte Nord Ovest - Struttura Semplice Attività di Produzione

Via Pio VII n. 9 - 10135 Torino Tel. 011-19680111 - fax 011-19681441

P.E.C.: dip.torino@pec.arpa.piemonte.it

L'organizzazione della campagna di monitoraggio, l'elaborazione dei dati e la stesura della presente relazione sono state curate dai tecnici del Nucleo Operativo "Supporto Tematismo Qualità dell'Aria" del Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest di Arpa Piemonte Annalisa Bruno, Elisa Calderaro, Laura Milizia, Francesco Romeo, Milena Sacco, Roberto Sergi, coordinati dal Dirigente Ivana Bottazzi.

Si ringrazia il personale degli Uffici Tecnici del Comune di Villar Focchiardo per la collaborazione prestata.

| | | |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO. | 3 |
| 2 | IL LABORATORIO MOBILE | 4 |
| 3 | IL QUADRO NORMATIVO | 4 |
| 4 | LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO | 7 |
| 4.1 | Obiettivi della campagna di monitoraggio | 7 |
| 4.2 | Analisi del contesto territoriale..... | 10 |
| 4.2.1 | Emissioni sul territorio | 10 |
| 4.2.2 | Valutazione modellistica annuale dello stato di Qualità dell'Aria | 13 |
| 4.3 | Elaborazione dei dati meteorologici..... | 15 |
| 4.4 | Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Villar Focchiardo | 19 |
| 4.4.1 | Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge..... | 19 |
| 4.4.2 | Ossidi di Azoto | 20 |
| 4.4.3 | Monossido di Carbonio | 27 |
| 4.4.4 | Benzene e Toluene | 30 |
| 4.4.5 | Particolato Sospeso (PM ₁₀) e (PM _{2.5})..... | 33 |
| 4.4.6 | Ozono | 40 |
| 5 | CONCLUSIONI..... | 46 |
| 6 | APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI..... | 48 |

1 CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Per inquinamento dell'aria si intende qualsiasi variazione nella sua composizione - determinata da fattori naturali e/o artificiali - dovuta all'immissione di sostanze la cui natura e concentrazione sono tali da costituire pericolo, o quantomeno pregiudizio, per la salute umana o per l'ambiente in generale.

Oggi è analiticamente possibile identificare nell'atmosfera numerosissimi composti di varia origine, presenti in concentrazioni che variano dal nanogrammo per metro cubo (ng/m^3) al microgrammo per metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Le principali sorgenti di inquinanti sono:

- emissioni veicolari;
- emissioni industriali;
- combustione da impianti termoelettrici;
- combustione da riscaldamento domestico;
- smaltimento rifiuti (inceneritori e discariche).

Le emissioni indicate generano innumerevoli sostanze che si disperdono nell'atmosfera. Si possono dividere tali sostanze in due grandi gruppi: al primo appartengono gli inquinanti emessi direttamente da sorgenti specifiche (inquinanti primari), al secondo gruppo quelli che si producono a causa dell'interazione di due o più inquinanti primari per reazione con i normali costituenti dell'atmosfera, con o senza fotoattivazione (inquinanti secondari).

Nella Tabella 1 sono indicate le fonti principali e secondarie dei più comuni inquinanti atmosferici.

La dispersione degli inquinanti nell'atmosfera è strettamente legata alla situazione meteorologica dei siti presi in esame; pertanto, per una completa caratterizzazione della qualità dell'aria in un determinato sito, occorre conoscere l'andamento dei principali parametri meteorologici (velocità e direzione del vento, temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, irraggiamento solare).

Per una descrizione completa dei singoli inquinanti, dei danni causati e dei metodi di misura si rimanda alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2020", elaborata congiuntamente dalla Città Metropolitana di Torino e da Arpa Piemonte, e disponibile sui rispettivi siti internet.

Alla medesima pubblicazione si rimanda per una descrizione approfondita dei fenomeni meteorologici e del significato delle grandezze misurate.

Tabella 1: Fonti principali e meno rilevanti dei più comuni inquinanti atmosferici.

| INQUINANTE | Traffico autoveicolare veicoli a benzina | Traffico autoveicolare veicoli diesel | Emissioni industriali | Combustioni fisse alimentate con combustibili liquidi o solidi | Combustioni fisse alimentate con combustibili gassosi |
|-----------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| BIOSSIDO DI AZOTO | | | | | |
| BENZENE | | | | | |
| MONOSSIDO DI CARBONIO | | | | | |
| PARTICOLATO SOSPESO | | | | | |
| PIOMBO | | | | | |
| BENZO(a)PIRENE | | | | | |

| | |
|--|------------------------|
| | = fonti principali |
| | = fonti meno rilevanti |

2 IL LABORATORIO MOBILE

Il controllo dell'inquinamento atmosferico nel territorio della Città Metropolitana di Torino viene realizzato attraverso le stazioni della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria gestita da Arpa Piemonte.

Le informazioni acquisite da tale rete sono integrate, laddove non siano presenti postazioni della rete fissa e si renda comunque necessaria una stima della qualità dell'aria, attraverso l'utilizzo di stazioni mobili gestite dai Dipartimenti territoriali di Arpa Piemonte.

Il laboratorio mobile è dotato di una stazione meteorologica e di analizzatori per la misura in continuo di inquinanti chimici quali: ossidi di azoto, monossido di carbonio, ozono, benzene, toluene e di campionatore di particolato atmosferico PM₁₀ e PM_{2.5}, la cui concentrazione è determinata in laboratorio per via gravimetrica.

3 IL QUADRO NORMATIVO

La normativa italiana in materia di qualità dell'aria impone dei limiti per quegli inquinanti che risultano essere quantitativamente più rilevanti dal punto di vista sanitario e ambientale.

La normativa quadro è rappresentata dal D.Lgs. 155/2010 che ha abrogato e sostituito le normative precedenti senza però modificare i valori numerici dei limiti di riferimento degli inquinanti già normati.

I limiti di legge possono essere classificati in tre tipologie:

- **valore limite annuale** per gli inquinanti ossidi di azoto (NO_x), materiale particolato PM₁₀ e PM_{2.5}, piombo (Pb) e benzene per la protezione della salute umana e degli ecosistemi, finalizzati alla prevenzione dell'inquinamento su lungo periodo;
- **valori limite giornalieri o orari** per ossidi di azoto, PM₁₀, e monossido di carbonio (CO), volti al contenimento di episodi acuti d'inquinamento;
- **soglie di allarme** per il biossido di azoto e l'ozono, superate le quali può insorgere rischio per la salute umana, per cui le autorità competenti sono tenute ad adottare immediatamente misure atte a ridurre le concentrazioni degli inquinanti al di sotto della soglia d'allarme o comunque assumere tutti i provvedimenti del caso che devono comprendere sempre l'informazione ai cittadini.

Nei limiti riferiti alla prevenzione a breve termine sono previste soglie di informazione e di allarme come medie orarie. A lungo termine sono previsti obiettivi per la protezione della salute umana e della vegetazione calcolati sulla base di più anni di monitoraggio.

Il **D.Lgs. 155/2010** ha inoltre inserito nuovi indicatori relativi al PM_{2.5} e in particolare un **valore limite, espresso come media annuale**, pari 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1° gennaio 2015.

Nelle Tabelle 2, 3 e 4 sono indicati i valori di riferimento previsti dalla normativa attualmente vigente. Per una descrizione più ampia del quadro normativo si rimanda ancora alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2020".

Tabella 2: Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici.

| INQUINANTE | LIMITE | PERIODO DI MEDIAZIONE | VALORE DI RIFERIMENTO | SUPERAMENTI CONCESSI | DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| BIOSSIDO DI AZOTO (NO ₂) e OSSIDI DI AZOTO (NO _x) | Valore limite orario per la protezione della salute umana | 1 ora | 200 µg/m ³ (NO ₂) | 18 volte/anno civile | 1-gen-2010 |
| | Valore limite annuale per la protezione della salute umana | anno civile | 40 µg/m ³ (NO ₂) | -- | 1-gen-2010 |
| | Soglia di allarme | 3 ore consecutive | 400 µg/m ³ (NO ₂) | -- | -- |
| | Valore limite annuale per la protezione della vegetazione | anno civile | 30 µg/m ³ (NO _x) | -- | 19-lug-2001 |
| MONOSSIDO DI CARBONIO (CO) | Valore limite per la protezione della salute umana | media massima giornaliera su 8 ore | 10 mg/m ³ | --- | 1-gen-2005 |
| PIOMBO (Pb) | Valore limite annuale per la protezione della salute umana | anno civile | 0.5 µg/m ³ | --- | 1-gen-2005 |
| PARTICELLE (PM10) | Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana | 24 ore | 50 µg/m ³ | 35 volte/anno civile | 1-gen-2005 |
| | Valore limite annuale per la protezione della salute umana | anno civile | 40 µg/m ³ | --- | 1-gen-2005 |
| BENZENE | Valore limite annuale per la protezione della salute umana | anno civile | 5 µg/m ³ | --- | 1-gen-2010 |

Tabella 3: Valori limite per ozono e benzo(a)pirene

| INQUINANTE | LIMITE | PARAMETRO | VALORE DI RIFERIMENTO | SUPERAMENTI CONCESSI | DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------|
| OZONO (O ₃) (D.Lgs. 13/08/2010 n.155) | SOGLIA DI INFORMAZIONE | media oraria | 180 µg/m ³ | - | - |
| | SOGLIA DI ALLARME | media oraria | 240 µg/m ³ | - | - |
| | VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA | media su 8 ore massima giornaliera | 120 µg/m ³ ⁽¹⁾ | 25 giorni per anno civile come media su 3 anni | 2010 |
| | VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE | AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio | 18000 µg/m ³ *h come media su 5 anni ⁽²⁾ | | 2010 |
| | OBIETTIVO A LUNGO TERMINE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE | AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio | 6000 µg/m ³ *h ⁽²⁾ | | |
| BENZO(a)PIRENE (D.Lgs. 13/08/2010 n.155) | OBIETTIVO DI QUALITÀ | media mobile valori giornalieri (3) | 1 ng/m ³ ⁽⁴⁾ | - | - |

(1) La media mobile trascinata è calcolata ogni ora sulla base degli 8 valori relativi agli intervalli h÷(h-8)

(2) Per AOT40 si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e il valore di $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, rilevate in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8.00 e le 20.00.

(3) La frequenza di campionamento è pari a 1 prelievo ogni z giorni, ove $z=3-6$; z può essere maggiore di 7 in ambienti rurali; in nessun caso z deve essere pari a 7.

(4) Il periodo di mediazione è l'anno civile (1 gennaio – 31 dicembre)

Tabella 4: Valori obiettivo per arsenico, cadmio e nichel (D.Lgs. 13/08/2010 n.155)

| INQUINANTE | VALORI OBIETTIVO ⁽¹⁾ |
|------------|---------------------------------|
| Arsenico | $6.0 \text{ ng}/\text{m}^3$ |
| Cadmio | $5.0 \text{ ng}/\text{m}^3$ |
| Nichel | $20.0 \text{ ng}/\text{m}^3$ |

(1) Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM_{10} del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.

4 LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

4.1 Obiettivi della campagna di monitoraggio

La campagna di monitoraggio condotta nel Comune di Villar Focchiardo dal Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest di Arpa è stata effettuata in seguito alla richiesta dell'Amministrazione Comunale - prot. n°800 del 14/02/2018, prot. Arpa n°13436 del 14/02/2018 ed è finalizzata ad avere informazioni sulla qualità dell'aria nel territorio monitorato.

Sono state condotte due campagne di monitoraggio con il laboratorio mobile della qualità dell'aria, in momenti diversi dell'anno, in modo da acquisire informazioni ambientali in differenti condizioni meteo-climatiche.

Si precisa che nel corso del 2020 e inizio 2021 la programmazione delle campagne di monitoraggio con il laboratorio mobile è stata sensibilmente condizionata dall'emergenza sanitaria in corso che ha determinato periodi di riduzione delle attività antropiche, con conseguente diminuzione significativa del traffico veicolare ed altre fonti di inquinamento atmosferico. Durante tali periodi si è pertanto stabilito di non effettuare campagne di monitoraggio che sarebbero risultate poco significative per la caratterizzazione dei siti relativamente alla qualità dell'aria. Pertanto, le campagne sono state svolte in periodi non condizionati in modo significativo dai predetti fattori.

Ai fini di una corretta interpretazione dei risultati della campagna, si ricorda che il monitoraggio effettuato permette di verificare se nell'area di indagine la concentrazione degli inquinanti oggetto di misura è significativamente diversa da quella di altre zone del territorio della Città Metropolitana, ma non di quantificare il contributo di una determinata fonte rispetto alle altre sorgenti di inquinanti atmosferici presenti.

Le strumentazioni di misura in aria ambiente come quelle installate sulla stazione mobile, infatti, rilevano per loro natura la concentrazione complessiva di un determinato inquinante, vale a dire la somma dei contributi delle sorgenti inquinanti (traffico veicolare, impianti di riscaldamento civile, impianti industriali ecc.).

Il sito di posizionamento del mezzo mobile per l'esecuzione della campagna di monitoraggio è stato individuato in piazza 1° Maggio, durante il sopralluogo del 10/07/2019, al quale era presente personale dell'Ufficio Tecnico del comune di Villar Focchiardo ed il vicesindaco.

Nella Figura 1 e Figura 2 viene meglio rappresentato il sito nel quale è stato posizionato il laboratorio mobile.

Il sito anzidetto è stato scelto in considerazione delle richieste pervenute da codesto Ente e delle esigenze tecniche e di sicurezza legate alla tipologia delle indagini ambientali effettuate.

La prima campagna è stata condotta tra il **7 ottobre** ed il **7 novembre 2019** (32 giorni), la seconda dal **3 giugno** al **5 luglio 2021** (33 giorni). Si rammenta che per ragioni tecniche le elaborazioni sono state effettuate considerando esclusivamente i giorni di campionamento completi e pertanto non vi è corrispondenza con le date di posizionamento e spostamento del laboratorio mobile. I dati utili per l'effettuazione delle elaborazioni vanno dall'8 ottobre al 6 novembre 2019, per un totale di 30 giorni per quanto riguarda la prima campagna; per quanto riguarda la seconda nei primi giorni del monitoraggio si sono verificati problemi alla strumentazione di acquisizione dei dati per cui i risultati sono disponibili dall'8 giugno al 4 luglio (27 giorni) per la seconda.

Va sottolineato che i dati acquisiti nel corso della campagna condotta con il Laboratorio Mobile non permettono di effettuare una trattazione in termini statistici, secondo quanto previsto dalla normativa per la qualità dell'aria, ma forniscono un quadro, seppure limitato dal punto di vista temporale, della situazione di inquinamento atmosferico relativa al sito in esame; il confronto con i dati rilevati nello stesso periodo della campagna dalle stazioni fisse della rete della Città Metropolitana di monitoraggio della qualità dell'aria permette, inoltre, di effettuare considerazioni di tipo comparativo.

Una trattazione completa, secondo quanto previsto dalla normativa vigente (allegato I del D.Lgs. 155/2010), dovrebbe prevedere, infatti, campagne di monitoraggio caratterizzate da una durata tale da comprendere almeno il 14% annuo di misurazioni (una misurazione in un giorno, scelto a caso, di ogni settimana in modo che le misure siano uniformemente distribuite durante l'anno, oppure otto settimane di misurazione distribuite in modo regolare nell'arco dell'anno).

Figura 1: Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Villar Focchiardo

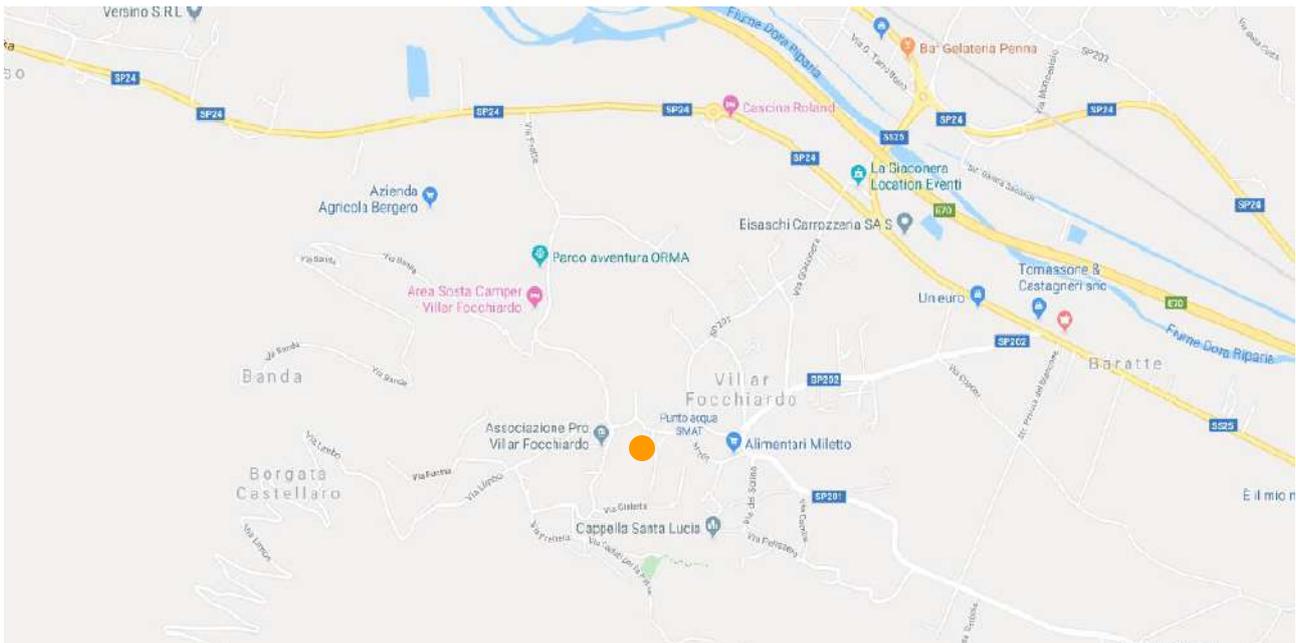


Tabella 5 – Specifiche del sito di misura nel Comune di Villar Focchiardo

| MEZZO DI MISURA | PERIODO | INDIRIZZO | Coordinate UTM (S.R. WGS84) | |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------|---------|
| | | | EST: | NORD: |
| Laboratorio mobile della qualità dell'aria di Arpa Piemonte | <ul style="list-style-type: none"> I CAMPAGNA 7 ottobre - 7 novembre 2019 II CAMPAGNA 3 giugno – 5 luglio 2021 | Piazza 1° Maggio VILLAR FOCCHIARDO (TO) | 360675 | 4996729 |

Figura 2: Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Villar Focchiardo



4.2 Analisi del contesto territoriale

Per l'analisi del contesto territoriale vengono di seguito riportate le **stime delle principali sorgenti emissive** ricavate dall'inventario regionale delle Emissioni in atmosfera IREA (<http://www.sistemapiemonte.it/fedwinemar/elenco.jsp>) e la **valutazione modellistica dello stato di Qualita' dell'Aria** elaborata da Arpa Piemonte (https://webgis.arpa.piemonte.it/aria_modellistica_webapp/index.html)

4.2.1 Emissioni sul territorio

Per la stima delle principali sorgenti emissive sul territorio comunale è stato utilizzato l'inventario aggiornato al 2015, nel quale la suddivisione delle sorgenti avviene per attività emissive, includendo le attività considerate rilevanti per le emissioni atmosferiche. I macrosettori individuati sono i seguenti:

- Centrali elettriche pubbliche, cogenerazione e teleriscaldamento, produzione di energia (elettrica, cogenerazione e teleriscaldamento) e trasformazione di combustibili;
- Impianti di combustione non industriali (commercio, residenziale, agricoltura);
- Combustione nell'industria;
- Processi produttivi;
- Estrazione e distribuzione di combustibili fossili;
- Uso di solventi;
- Trasporto su strada;
- Altre sorgenti mobili e macchinari;
- Trattamento e smaltimento rifiuti;
- Agricoltura;
- Altre sorgenti e assorbimenti.

Per ciascun macro-settore vengono riportate le quantità assolute di emissioni in atmosfera per alcuni inquinanti di qualità dell'aria, espresse in tonnellate/anno.

La Tabella 6 riporta i principali contributi emissivi stimati per il Comune di Villar Focchiardo espressi in tonnellate/anno e suddivisi per fonti di emissione. Nelle Figure 3, 4, 5 e 6 vengono rappresentati graficamente i contributi delle emissioni dei principali inquinanti atmosferici.

Tabella 6: contributi emissivi stimati per il comune di Villar Focchiardo

| INQUINANTE | MACROSETTORE | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|---------|----------|------------------------|----------------------------------|--------------------|------------------------|-------------------------------------|------------------------------|--------------|-----------------------------------|
| | 01 (*) | 02 (**) | 03 (***) | 04 Processi produttivi | 05 Estraz. e distribuz. combust. | 06 Uso di solventi | 07 Trasporto su strada | 08 Altre sorgenti mobili e macchin. | 09 Trattam. Smaltim. rifiuti | 10 Agricolt. | 11 Altre sorgenti e assorbim enti |
| CO | | 112.693 | | | | | 28.9154 | 0.4407 | | | 0.2247 |
| NH3 | | 0.2824 | | | | 4.81030 | 0.2819 | 0.0033 | | 17.1290 | 0.0009 |
| NMVOC | | 10.6351 | | 2.3664 | 0.01533 | | 6.8123 | 0.1757 | | 5.0719 | 143.5898 |
| Nox | | 5.6705 | | | | | 22.6948 | 0.8899 | | 0.0254 | 0.0093 |
| PM10 | | 11.18 | | 0.0208 | | | 18.7811 | 0.7543 | | 0.2349 | 0.1021 |
| PM2.5 | | 11.0604 | | 0.0141 | | | 3.5772 | 0.0799 | | 0.1092 | 0.1017 |
| SO2 | | 0.8906 | | | | | 0.8435 | 0.0423 | | | 0.0019 |

*Produzione energia e trasformazione combustibili ** Combustione non industriale *** Combustione nell'industria

Figura 3: stima contributi emissioni di CO nel comune di Villar Focchiardo

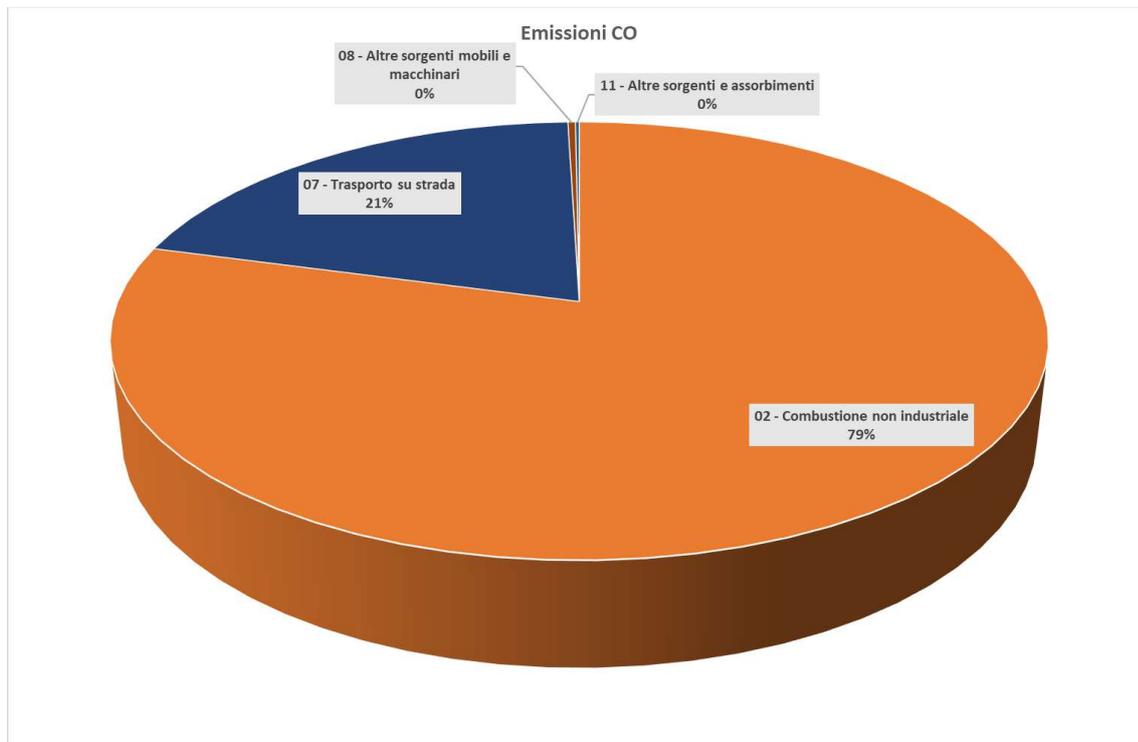


Figura 4: stima contributi emissioni di composti organici volatili nel comune di Villar Focchiardo

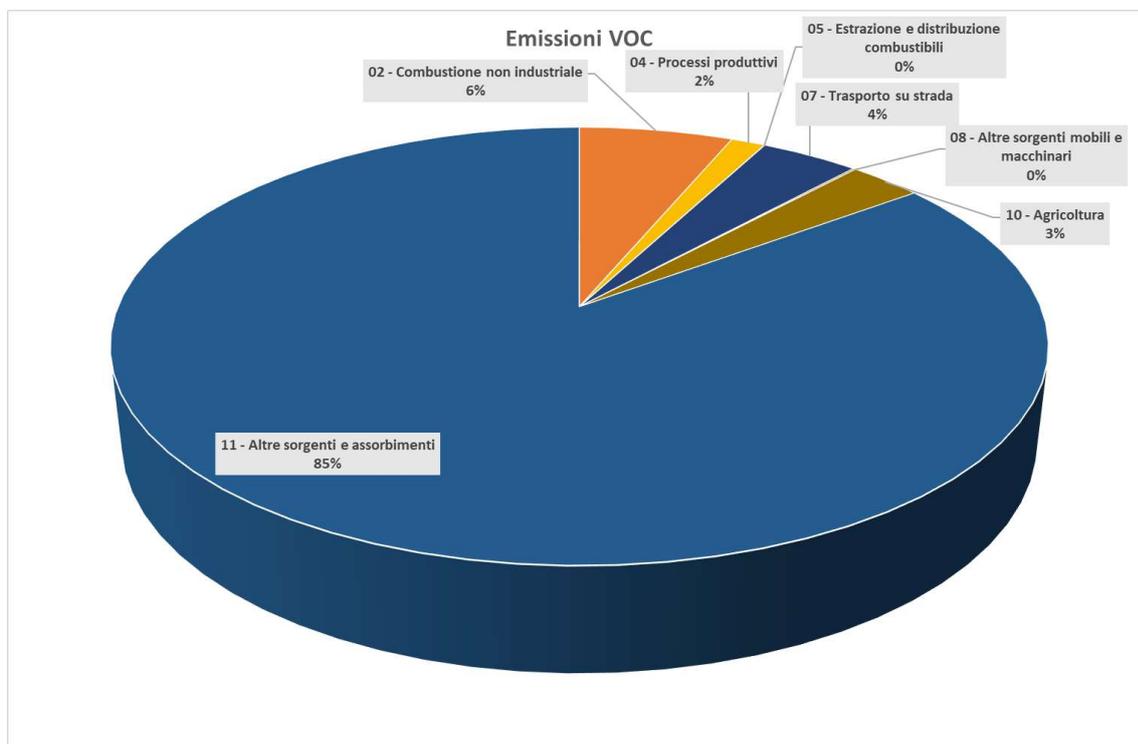


Figura 5: stima contributi emissioni di ossidi di azoto nel comune di Villar Focchiardo

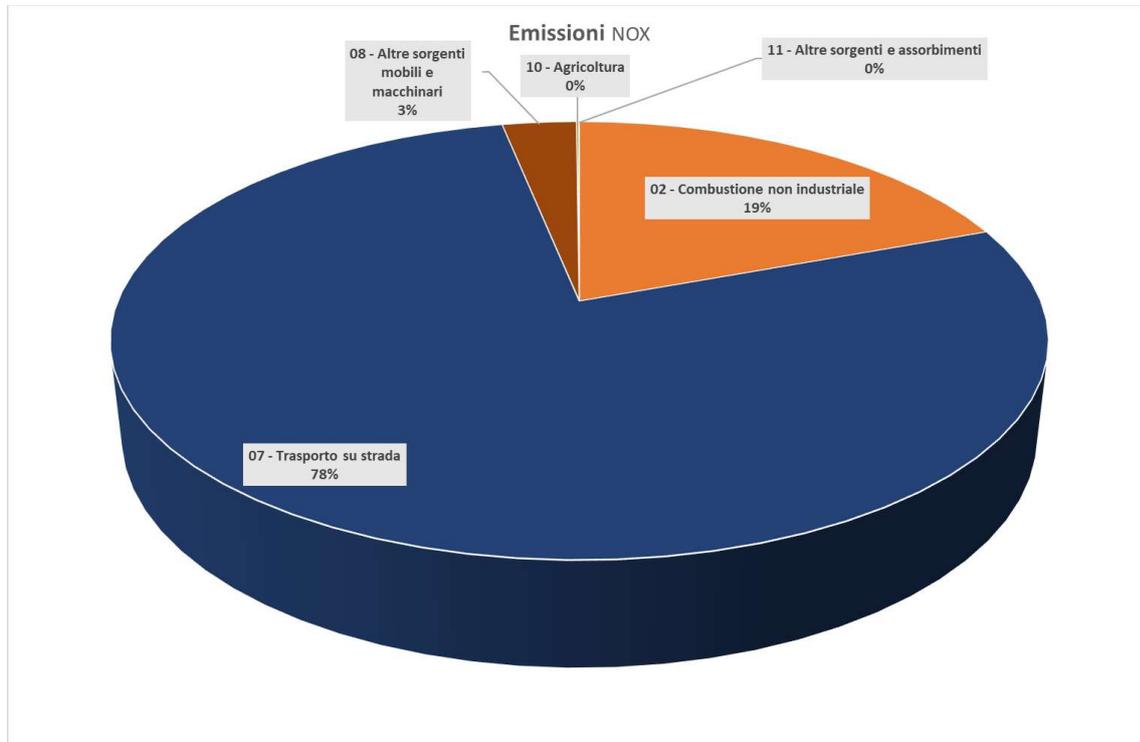
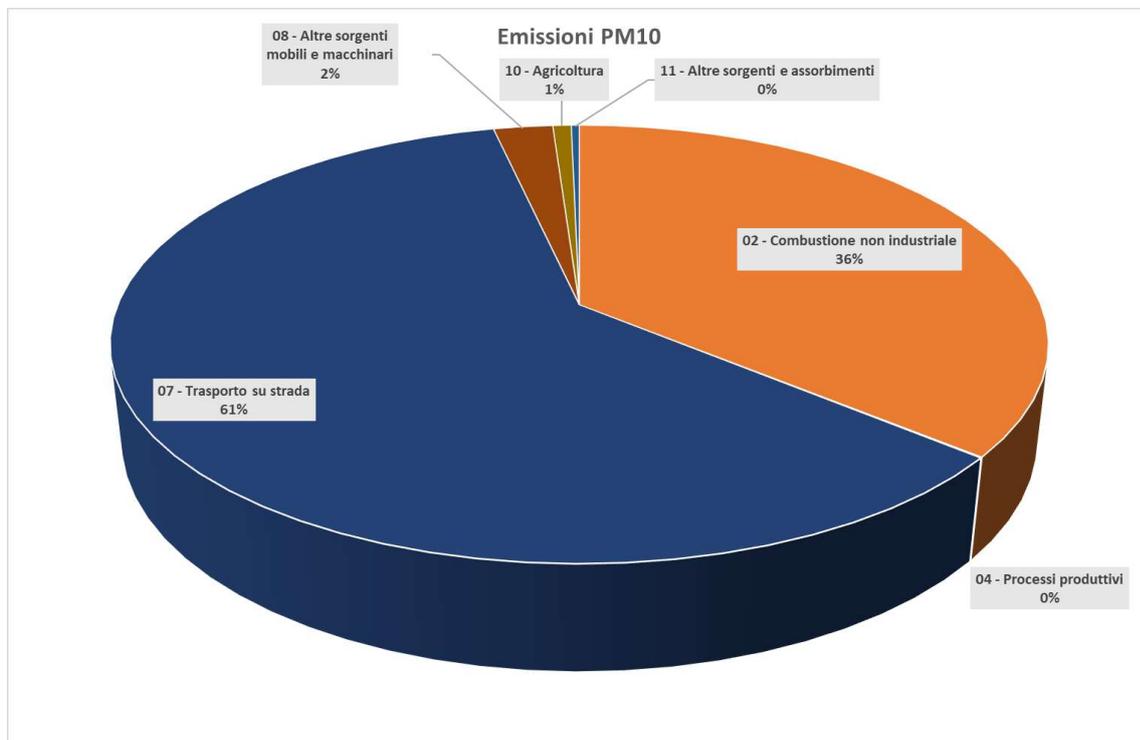


Figura 6: stima contributi emissioni di PM₁₀ nel comune di Villar Focchiardo



4.2.2 Valutazione modellistica annuale dello stato di Qualità dell'Aria

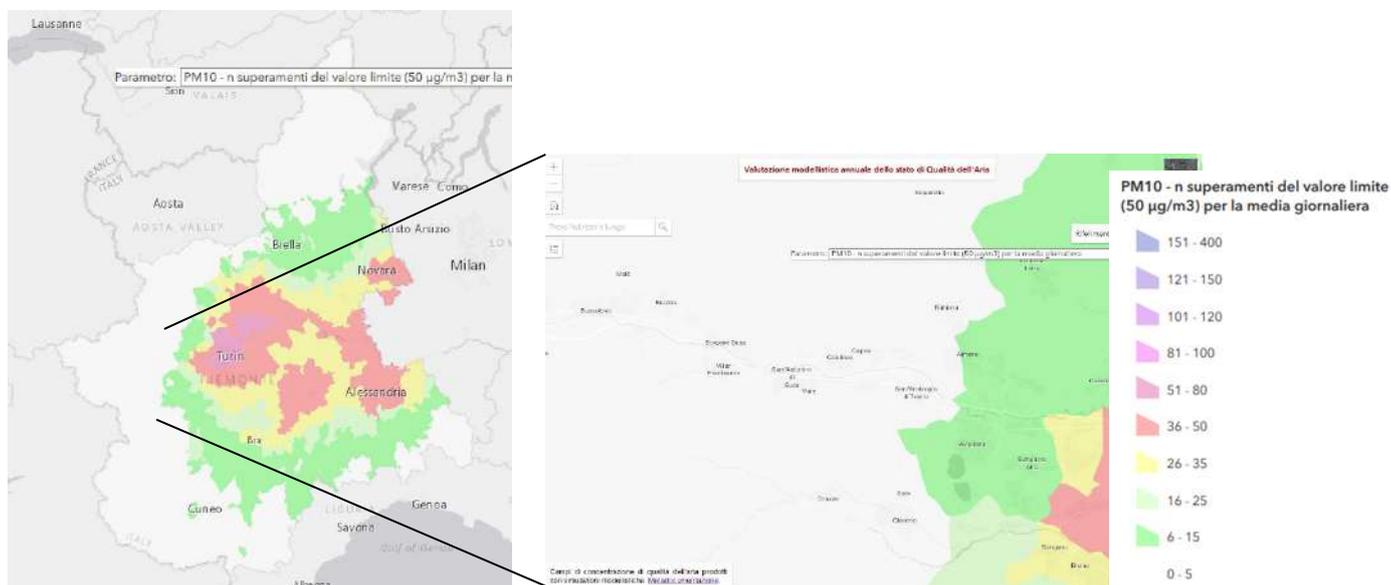
Il quadro normativo nazionale e comunitario (attualmente rappresentato dal D.Lgs. 155/2010, recepimento della direttiva 2008/50/CE) stabilisce che la valutazione della qualità dell'aria deve essere realizzata utilizzando sia misure effettuate in siti fissi, sia tecniche di valutazione modellistica. Coerentemente con tale quadro normativo la Valutazione modellistica Annuale sullo stato della Qualità dell'aria in Piemonte è stata realizzata con un approccio integrato che sfrutta le differenti tipologie informative disponibili in Regione Piemonte: la prima è rappresentata dalle misure del Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria (SRRQA) disponibile solamente per un certo numero di localizzazioni spaziali, la seconda dai campi di concentrazione ad alta risoluzione spaziale prodotti dal sistema modellistico di trasporto, dispersione e trasformazione chimica degli inquinanti in atmosfera messo a punto ed utilizzato operativamente da ARPA Piemonte, dando seguito al mandato ricevuto dal Settore competente della Direzione Ambiente della Regione Piemonte.

La struttura di Arpa che si occupa di modellistica di qualità dell'aria e che svolge anche funzioni di Coordinamento è il **Dipartimento Rischi Naturali e ambientali - Meteorologia, clima e qualità dell'aria**.

Di seguito vengono proposte le elaborazioni grafiche realizzate dalla suddetta struttura e consultabili sul sito ARPA (https://webgis.arpa.piemonte.it/aria_modellistica_webapp/index.html).

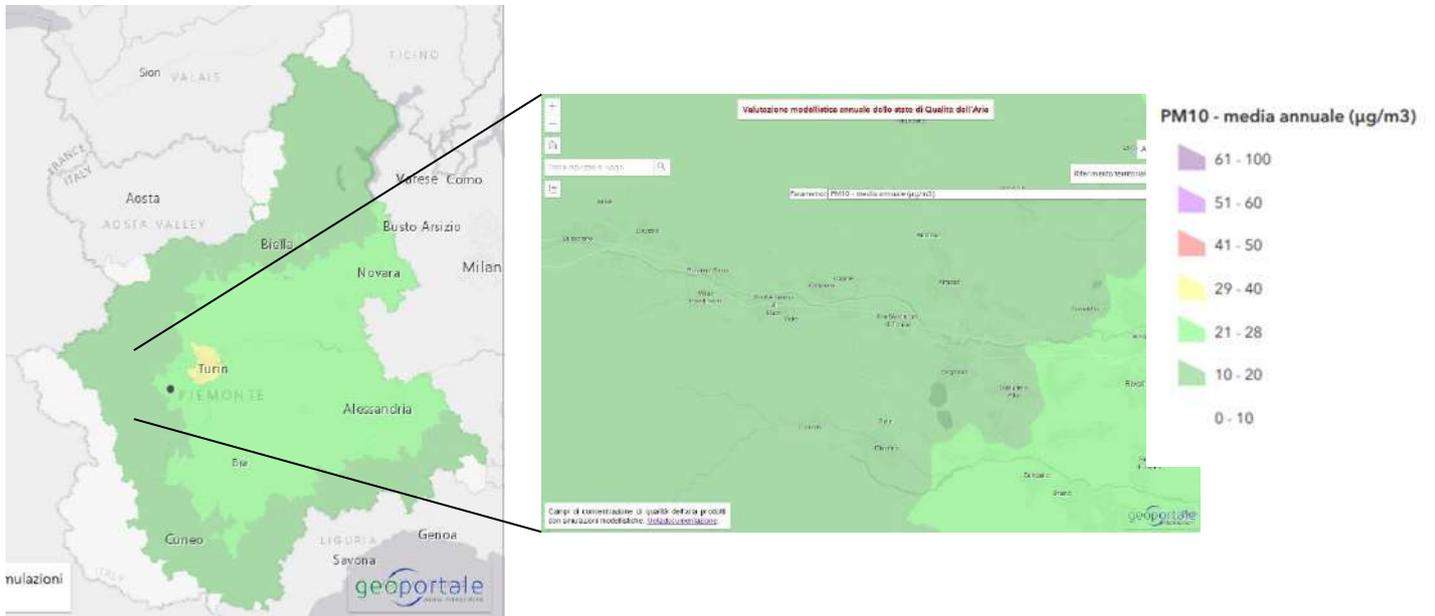
Nella Figura 7 viene data evidenza del risultato della valutazione modellistica in relazione al numero di superamenti del valore limite della media giornaliera ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) stabilito per il PM_{10} , la cui stima per il territorio del comune di Villar Focchiardo per il 2019 è compreso tra i 0 e 5, inferiore ai 35 stabiliti dalla norma.

Figura 7: PM_{10} - n. superamenti del valore limite ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) per la media giornaliera



Nella Figura 8 vengono rappresentati i risultati della modellistica in merito alla media annuale del PM_{10} , da cui emerge che per Villar Focchiardo la media annuale stimata per il 2019 è compresa tra 10 e $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, inferiore al limite di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ previsto dalla normativa.

Figura 8: PM₁₀ - media annuale (µg/m³)



La Figura 9 mostra la stima della media annuale del 2019 del biossido di azoto che per Villar Focchiardo è compresa tra 11 e 26 µg/m³, inferiore al limite di 40 µg/m³.

Figura 9: NO₂ - media annuale (µg/m³)



4.3 Elaborazione dei dati meteorologici

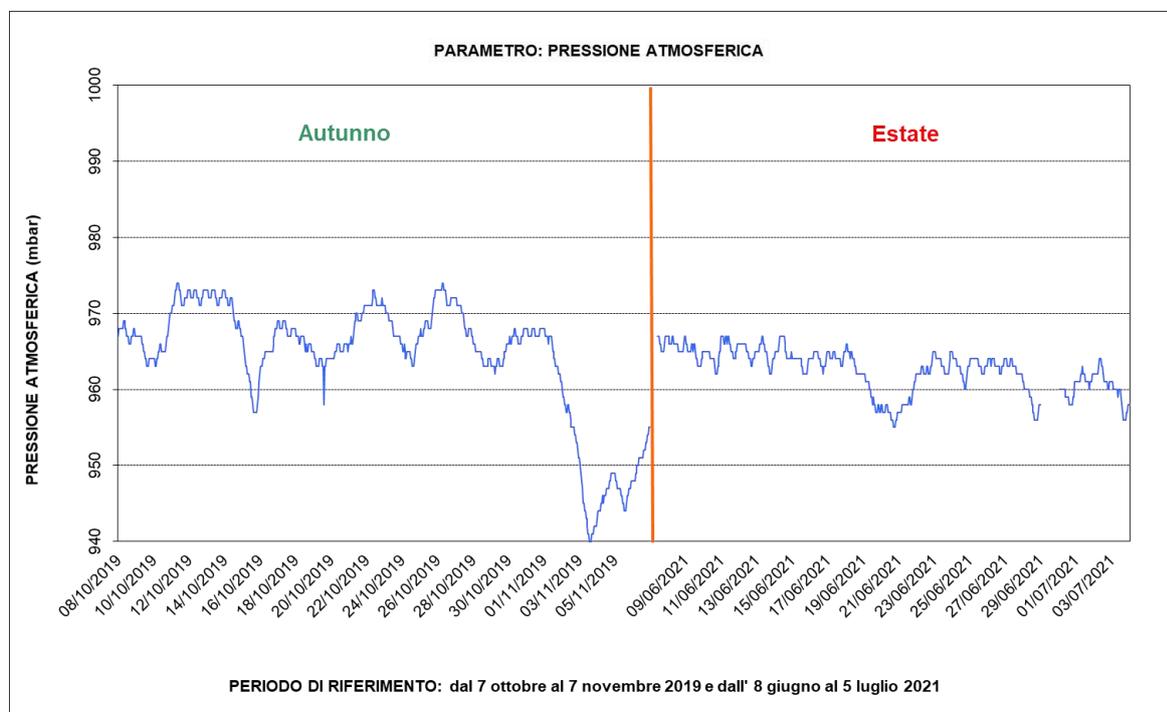
Nelle pagine successive vengono presentate le elaborazioni statistiche e grafiche relative ai dati meteorologici registrati durante la campagna di monitoraggio. In particolare, per ognuno dei parametri determinati, si riporta un diagramma che ne illustra l'andamento orario e una tabella riassuntiva che evidenzia i valori minimo, massimo e medio delle medie orarie, oltre alla percentuale dei dati validi.

I parametri meteorologici determinati sono elencati di seguito, unitamente alle rispettive abbreviazioni ed unità di misura:

| | | |
|---------------------------|---------|---------------------|
| pressione atmosferica | P | hPa |
| direzione vento | D.V. | gradi sessagesimali |
| velocità vento | V.V. | m/s |
| temperatura | T | °C |
| umidità relativa | U.R. | % |
| radiazione solare globale | R.S.G. | W/m ² |
| pioggia | Pioggia | mm/h |

Durante la prima campagna il campo pressorio si è attestato tra 940 e 970 mbar (Figura 10), con picco minimo il 3 novembre con 940 mbar e picco massimo l'11 ottobre con 974 mbar. Nei giorni della seconda campagna il campo pressorio ha oscillato tra 950 e 970 mbar, con un picco massimo di 967 mbar raggiunto nei giorni 12, 14 e 15 di giugno e un minimo di 955 il 21 giugno.

Figura 10: Pressione Atmosferica



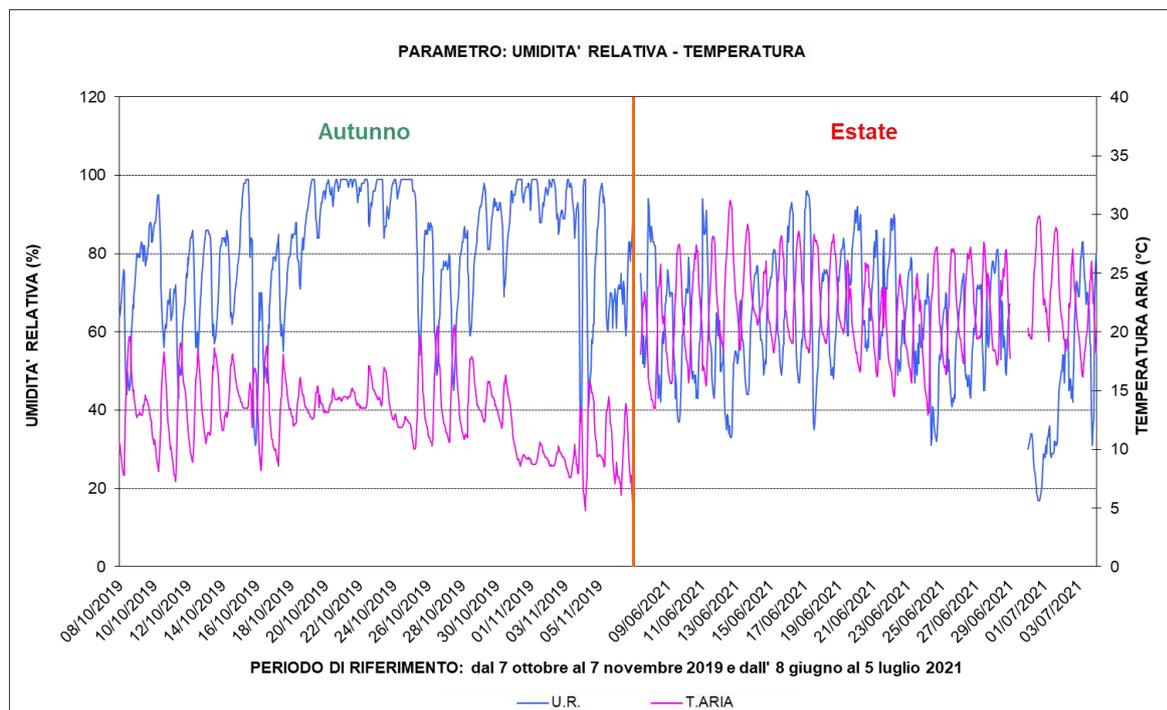
Nel comune di Villar Focchiardo, il valore medio della temperatura di tutto il periodo autunnale è stato di 12,8°C (Tabella 7); il valore massimo orario si è raggiunto il 27 ottobre con un valore pari a 20,6°C; nella campagna estiva la media registrata è stata di 22°C con un massimo di 31,2°C il 13 giugno.

Tabella 7: Dati relativi ai parametri meteorologici nel corso delle campagne di monitoraggio

| PARAMETRI METEO | RADIAZIONE SOLARE GLOBALE | | TEMPERATURA | | UMIDITÀ RELATIVA | | PRESSIONE ATMOSFERICA | | PIOGGIA | | VELOCITA' VENTO | |
|-------------------------------|---------------------------|-------------|--------------|-------------|------------------|-------------|-----------------------|-------------|--------------|-------------|-----------------|-------------|
| | (W/mq) | | °C | | % | | hPa | | mm | | m/s | |
| U.M. | Autunno 2019 | Estate 2021 | Autunno 2019 | Estate 2021 | Autunno 2019 | Estate 2021 | Autunno 2019 | Estate 2021 | Autunno 2019 | Estate 2021 | Autunno 2019 | Estate 2021 |
| Minima media giornaliera | 9.8 | 240 | 8.8 | 19.1 | 60.7 | 25 | 943.5 | 956.7 | 0.0 | 0.0 | 0.42 | 0.8 |
| Massima media giornaliera | 154.0 | 360 | 14.9 | 25.1 | 98.3 | 78 | 972.4 | 965.9 | 3.2 | 0.0 | 1.63 | 2.4 |
| Media delle medie giornaliere | 71.5 | 298 | 12.8 | 22.1 | 81.6 | 60 | 964.3 | 962.5 | 0.3 | 0.0 | 1.02 | 1.2 |
| Giorni validi | 30 | 8 | 30 | 25 | 30 | 25 | 30 | 25 | 30 | 25 | 29 | 25 |
| Percentuale giorni validi | 100% | 30% | 100% | 93% | 100% | 93% | 100% | 93% | 100% | 93% | 97% | 93% |
| Media dei valori orari | 71.5 | 305 | 12.8 | 22.0 | 81.6 | 60 | 964.3 | 962.6 | 0.3 | 0.0 | 1.02 | 1.2 |
| Massima media oraria | 585.0 | 1057 | 20.6 | 31.2 | 99.0 | 96 | 974.0 | 967.0 | 9.6 | 0.8 | 4.80 | 3.4 |
| Ore valide | 717 | 445 | 720 | 615 | 720 | 615 | 720 | 615 | 720 | 616 | 682 | 602 |
| Percentuale ore valide | 100% | 69% | 100% | 95% | 100% | 95% | 100% | 95% | 100% | 95% | 95% | 93% |

In Figura 11 insieme all'andamento orario della temperatura è riportata anche l'umidità relativa, da cui emerge che tali parametri hanno andamenti speculari: durante il giorno il forte irraggiamento porta ad un abbassamento dei valori di vapore acqueo presente nell'atmosfera, che torna ad aumentare nelle ore notturne; nei giorni in cui si sono verificati gli eventi piovosi più significativi del periodo si sono verificati i picchi di umidità, con un calo significativo della temperatura.

Figura 11: Umidità Relativa - Temperatura aria



La Figura 12 mostra l'andamento della radiazione solare globale (R.S.G.) e delle precipitazioni. La seconda campagna è stata caratterizzata da numerosi eventi piovosi anche consistente (Figura 13), in particolare: 3 nubifragi il 15, 21 e 24 ottobre; il 23 ottobre con carattere di rovescio; il 19 e 22 ottobre ed il 3 novembre maggio pioggia forte; il 20 e 31 ottobre ed il 2 e 5 novembre pioggia debole e moderata. Durante la seconda campagna si sono verificati eventi piovosi di bassa consistenza ad inizio del periodo.

Nelle giornate ad elevata piovosità è corrisposto un notevole abbassamento della radiazione solare globale, ad esempio il 21° ottobre 2019 con valore diurno pari a circa 86 W/m², a causa della copertura nuvolosa. In assenza di copertura nuvolosa i valori massimi di radiazione solare, che si osservano nelle ore centrali della giornata, variano tra 400 e 550 W/m² circa nel periodo autunnale e tra 800 e 1000 W/m² nel periodo estivo.

La radiazione solare è un parametro significativo nel determinare il grado di stabilità atmosferica; in generale ad elevate intensità della radiazione solare corrisponde un'elevata turbolenza convettiva che favorisce il rimescolamento degli inquinanti; quindi, nel periodo estivo si osservano valori generalmente bassi degli inquinanti primari e di polveri. Essa, tuttavia, favorisce le reazioni chimiche che coinvolgono gli inquinanti presenti in atmosfera e di conseguenza lo sviluppo dell'inquinamento secondario di origine fotochimica, come nel caso dell'ozono, che raggiunge le concentrazioni maggiori proprio durante i mesi di massima radiazione solare.

Figura 12: Radiazione Solare Globale e pioggia

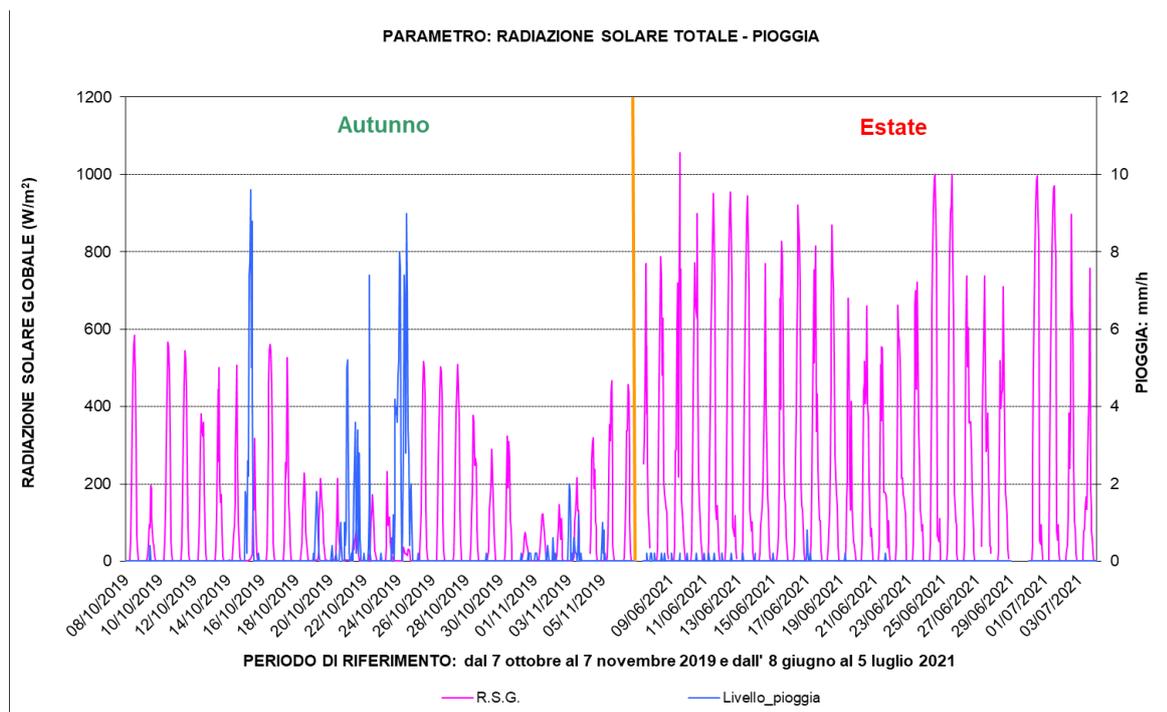
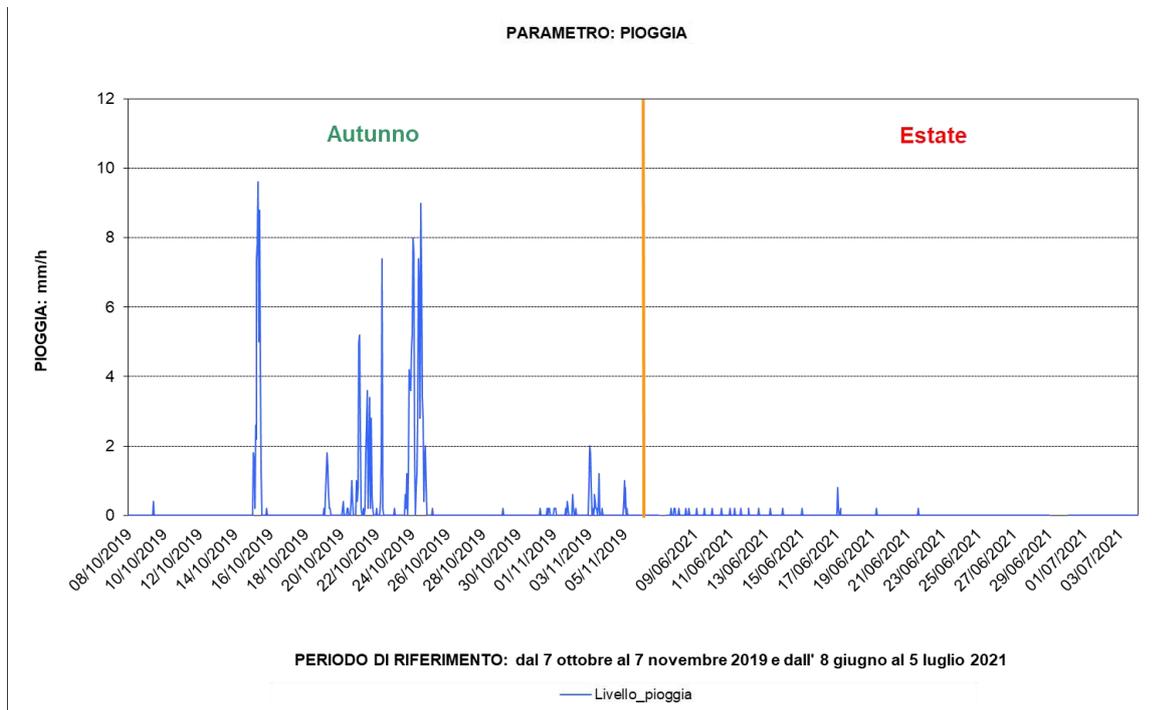


Figura 13: pioggia



4.4 Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Villar Focchiardo

Nelle pagine seguenti vengono riportate le elaborazioni statistiche dei dati e i superamenti dei limiti di legge di inquinamento dell'aria registrati dagli analizzatori nel periodo di campionamento. Si riportano di seguito le formule chimiche degli inquinanti, utilizzate come abbreviazioni:

| | |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------|
| NO ₂ | BIOSSIDO DI AZOTO |
| NO | MONOSSIDO DI AZOTO |
| O ₃ | OZONO |
| CO | MONOSSIDO DI CARBONIO |
| C ₆ H ₆ | BENZENE |
| C ₆ H ₅ CH ₃ | TOLUENE |
| PM ₁₀ | PARTICOLATO SOSPESO PM ₁₀ |
| PM _{2,5} | PARTICOLATO SOSPESO PM _{2,5} |

Copia di tutti i dati acquisiti è conservata su supporto informatico presso il Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest (Attività Istituzionali di Produzione) e in rete sul sito "Aria Web" della Regione Piemonte all'indirizzo: <http://www.regione.piemonte.it/ambiente/aria/rilev/datiarea2.htm> a disposizione per elaborazioni successive e/o per eventuali richieste di trasmissione da parte degli Enti interessati.

4.4.1 Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge

Per ogni inquinante è stata effettuata una elaborazione grafica che permette di visualizzare, in un diagramma concentrazione-tempo, l'andamento registrato durante il periodo di monitoraggio. La scala adottata per l'asse delle ordinate permette di evidenziare, laddove esistenti, i superamenti dei limiti.

Nel caso in cui i valori assunti dai parametri risultino nettamente inferiori ai limiti di legge, l'espansione dell'asse delle ordinate rende meno chiaro l'andamento orario delle concentrazioni. L'elaborazione oraria dettagliata è comunque disponibile presso quest'Agenzia e può essere inviata su richiesta specifica.

Giorno medio

Per una corretta valutazione dell'andamento degli inquinanti durante le diverse ore del giorno è stato calcolato il giorno medio che si ottiene determinando, per ognuna delle 24 ore che costituiscono la giornata, la media aritmetica dei valori medi orari registrati nel periodo in esame. Ad esempio, il valore dell'ora 1:00 è calcolato mediando i valori di concentrazione rilevati alle ore 1:00 di ciascun giorno del periodo di monitoraggio. In grafico vengono quindi rappresentati gli andamenti medi giornalieri delle concentrazioni per ognuno degli inquinanti.

In questo modo è possibile non solo evidenziare in quali ore generalmente si verifichi un incremento delle concentrazioni dei vari inquinanti, ma anche fornire informazioni sulla persistenza degli stessi durante la giornata.

4.4.2 Ossidi di Azoto

Gli ossidi di azoto vengono generati da tutti i processi di combustione, qualsiasi sia il tipo di combustibile usato.

Monossido d'azoto

Benché la normativa non preveda valori limite di concentrazione nell'aria, il monossido di azoto (NO), viene comunque misurato perché, trasformandosi in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono, rappresenta uno dei precursori dell'inquinamento fotochimico.

Nel corso della prima campagna di monitoraggio i livelli di NO (Tabella 8) hanno registrato un valore massimo orario pari a 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; la media dei valori orari risulta pari a 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nella seconda campagna le concentrazioni hanno registrato una media di 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ed un valore massimo orario di 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabella 8: Dati relativi al monossido di azoto (NO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| Monossido di azoto | Autunno 2019 | Estate 2021 |
|-------------------------------------------|--------------|-------------|
| <u>Minima media giornaliera</u> | 4 | 1 |
| Massima media giornaliera | 7 | 3 |
| <u>Media delle medie giornaliere (b):</u> | 5 | 2 |
| Giorni validi | 30 | 21 |
| <u>Percentuale giorni validi</u> | 100% | 78% |
| Media dei valori orari | 5 | 2 |
| <u>Massima media oraria</u> | 24 | 6 |
| Ore valide | 719 | 516 |
| <u>Percentuale ore valide</u> | 100% | 80% |

Per quanto riguarda il confronto con altre stazioni della rete della CMT (Figure 14 e 15) la campagna svolta ha evidenziato livelli e andamenti simili a quelli di Susa, stazione di fondo extraurbana, ed inferiori a quelli di Borgaro, stazione di fondo extraurbana e di Torino-Consolata (traffico urbano).

Figura 14: NO - medie orarie confronto con alcune stazioni della rete fissa

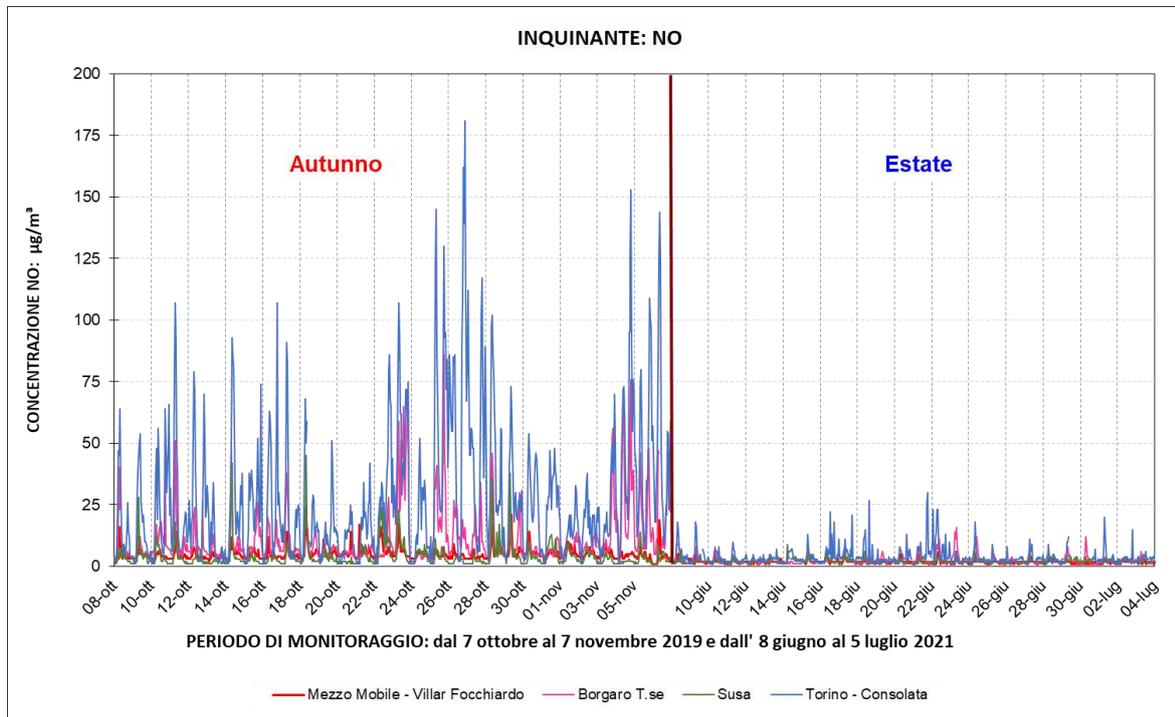
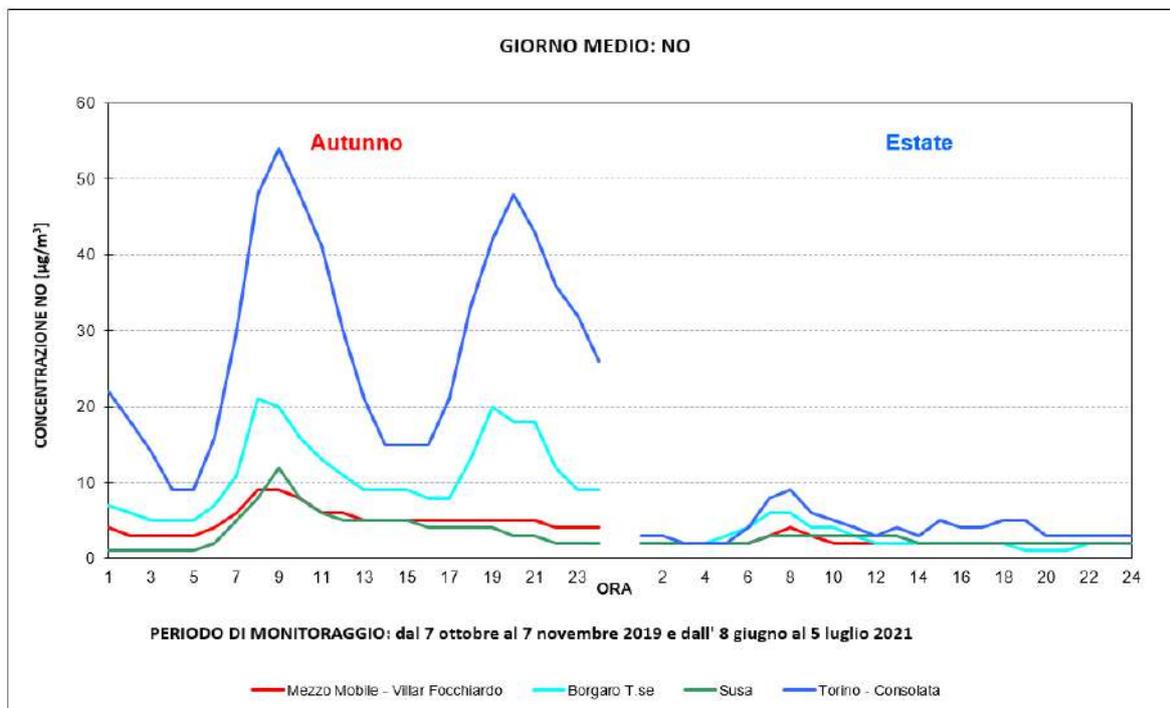


Figura 15: NO - giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa



Biossido d'azoto

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

La formazione di NO₂ è piuttosto complessa, infatti oltre ad essere originato direttamente dal traffico veicolare, soprattutto quando si raggiungono elevate velocità e la combustione nei motori è più completa, tale inquinante ha un'importante origine secondaria, essendo originato anche attraverso complesse reazioni fotochimiche che hanno luogo in aria ambiente.

Per quello che riguarda l'NO₂ (Tabella 9), durante le campagne di monitoraggio non si sono registrati superamenti del limite orario di 200 µg/m³, né tantomeno del livello di allarme di 400 µg/m³, essendo la massima media oraria misurata di 46 µg/m³ (prima campagna) e di 14 µg/m³ (seconda campagna).

Tabella 9: Dati relativi al biossido di azoto (NO₂) (µg/ m³)

| Biossido di azoto | Autunno 2019 | Estate 2021 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------|
| Minima media giornaliera | 12 | 2 |
| Massima media giornaliera | 23 | 8 |
| Media delle medie giornaliere (b): | 18 | 5 |
| Giorni validi | 30 | 22 |
| Percentuale giorni validi | 100% | 81% |
| Media dei valori orari | 18 | 5 |
| Massima media oraria | 46 | 14 |
| Ore valide | 719 | 540 |
| Percentuale ore valide | 100% | 83% |
| <u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u> | 0 | 0 |
| <u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u> | 0 | 0 |
| <u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u> | 0 | 0 |
| <u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u> | 0 | 0 |

La Figura 16 e la Figura 17 permettono di confrontare i dati delle campagne condotte con il mezzo mobile con quelli provenienti da alcune stazioni della rete fissa di monitoraggio: dal confronto emerge che durante la prima campagna sia le medie orarie che il giorno medio di Villar Focchiardo presentano concentrazioni molto simili a quelle di Susa, cabina classificata di fondo suburbano, e più basse di Borgaro, cabina di fondo suburbano, e di Torino-Consolata, stazione di traffico urbano; nella seconda campagna le concentrazioni risultano di poco inferiori a quelle di Susa e più basse delle stazioni altre stazioni di confronto.

Figura 16: NO₂ - confronto con i limiti di legge e con i dati delle stazioni fisse di Borgaro, Susa e Torino-Consolata

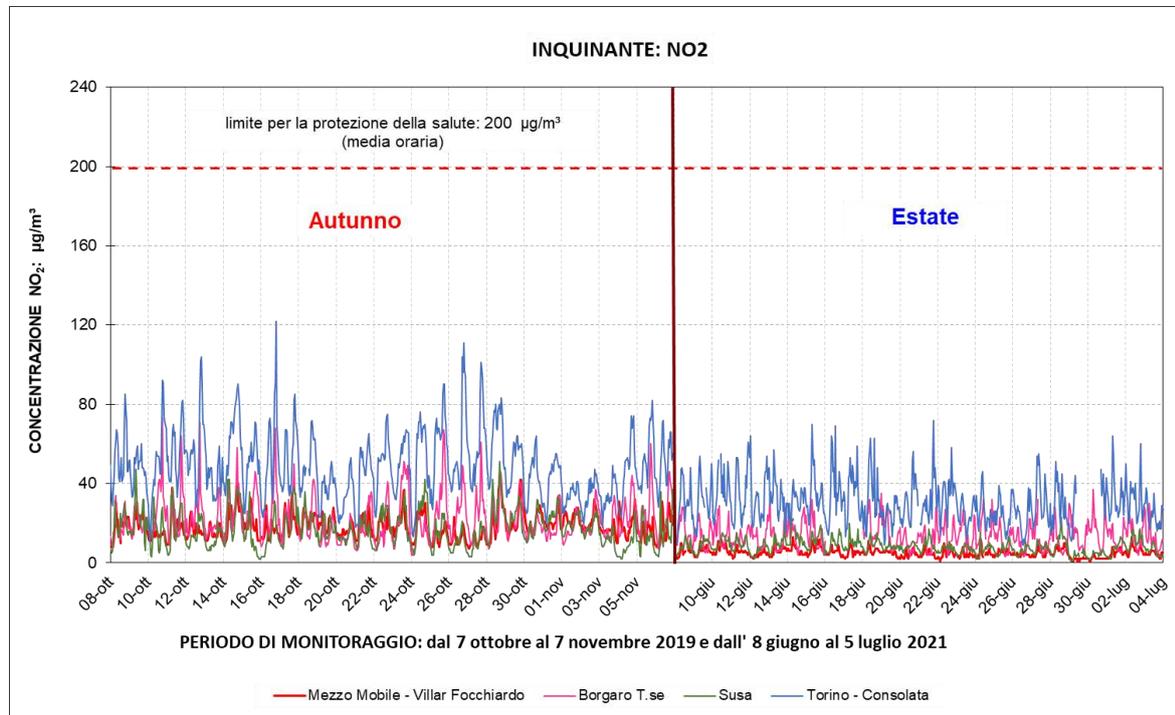
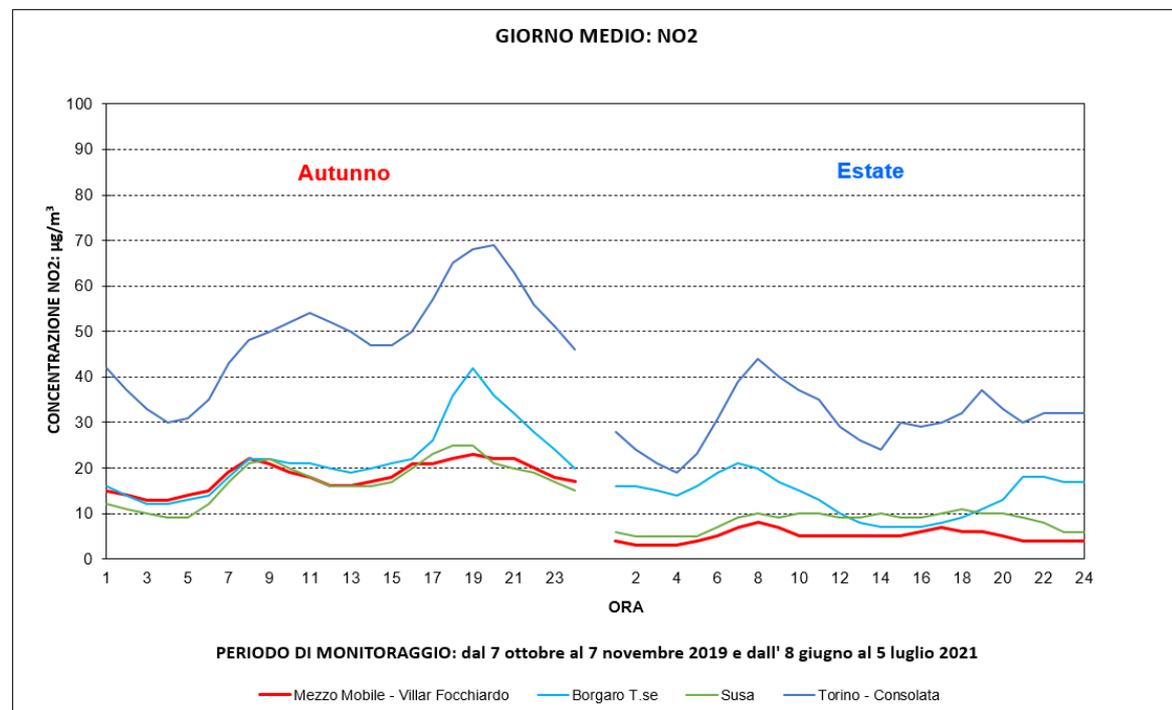


Figura 17: NO₂ - andamento del giorno medio



Nella Figura 18 e nella Figura 19 vengono rappresentati, come ulteriore strumento di confronto, i box plot delle concentrazioni orarie registrate con il laboratorio mobile e quelle misurate dalle stazioni fisse del territorio della Città Metropolitana di Torino che nel medesimo periodo delle campagne di monitoraggio hanno raggiunto il 90% di dati validi.

Il box plot sintetizza la posizione di tutti i dati orari ottenuti: il rettangolo (la "scatola") è delimitato dal 25° e dal 75° percentile¹ e diviso al suo interno dalla mediana, che evidenzia l'eventuale asimmetria (solo in caso di distribuzione simmetrica, media e mediana coincidono). I segmenti che escono dalla scatola (i "baffi") delimitano la zona al di fuori della quale i valori sono definiti outliers (anomali) ed esprimono l'asimmetria della distribuzione dei dati degli inquinanti.

Nella Tabella 10 e nella Tabella 11 sono riportate le concentrazioni medie, mediane e massime registrate durante le due campagne di monitoraggio presso il sito di Villar Focchiardo e le stazioni di confronto rappresentate nei box plot. Le tabelle riportano inoltre la tipologia delle stazioni secondo quanto stabilito dal D.Lgs. 155/2010.

I box plot e gli indicatori relativi ai dati del laboratorio mobile mostrano nella prima campagna una situazione compresa tra la stazione di fondo rurale di Baldissero T. e quella di traffico suburbano di Oulx con concentrazioni superiori a quelle di Ceresole, di poco superiori alle stazioni di Susa e Baldissero ed inferiori a quelle delle altre stazioni. Nella seconda campagna le concentrazioni risultano superiori solo a Ceresole, uguali a Baldissero ed inferiori a tutte le altre.

Tabella 10: confronto tra le concentrazioni medie, mediane e massime rilevate a Villar Focchiardo con il laboratorio mobile e presso le stazioni della rete Città Metropolitana durante la 1^a campagna (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: FR= fondo-rurale; FS= fondo-suburbano; FU= fondo-urbano; TS= traffico-suburbano; TU= traffico-urbano)

| | Media | Mediana | Massimo |
|-----------------------------------------|-------|---------|---------|
| Ceresole Reale (FR) | 5 | 5 | 21 |
| Susa (FS) | 17 | 16 | 51 |
| Baldissero T. (FR) | 17 | 16 | 54 |
| Villar Focchiardo - Mezzo Mobile | 18 | 17 | 46 |
| Oulx (TS) | 21 | 19 | 56 |
| Vinovo (FS) | 22 | 20 | 64 |
| Borgaro T. (FS) | 22 | 19 | 73 |
| Ivrea (FS) | 25 | 23 | 67 |
| Beinasco (TRM) (FS) | 25 | 23 | 68 |
| Settimo T. (TU) | 25 | 23 | 68 |
| Carmagnola (TU) | 26 | 24 | 75 |
| Orbassano (FS) | 31 | 31 | 78 |
| Torino – Rubino (FU) | 33 | 31 | 92 |
| Collegno (TU) | 41 | 40 | 101 |
| Torino – Consolata (TU) | 49 | 47 | 122 |

¹ Percentile di ordine k (P_k) è il numero che suddivide la successione dei valori ordinati in senso crescente in due parti, tali che i valori minori o uguali a P_k siano una percentuale uguale a k%. La mediana corrisponde al 50° percentile.

Figura 18: box plot dati orari NO₂ - 1^a campagna

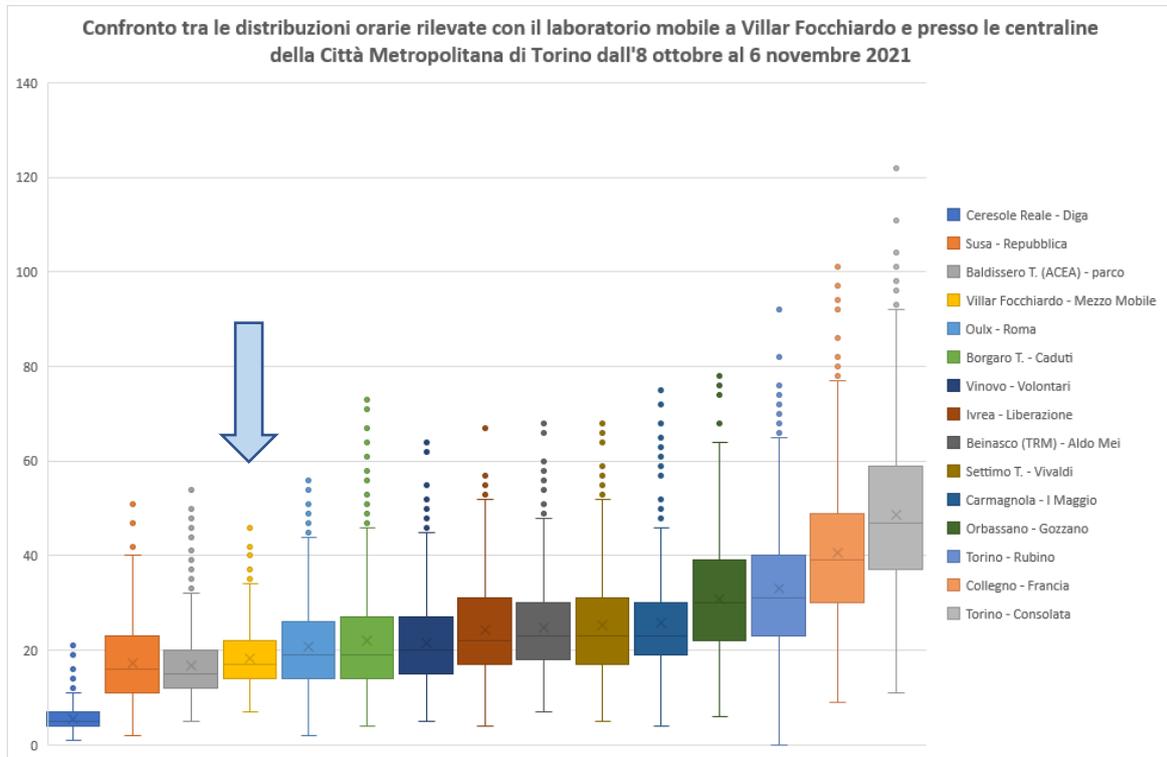
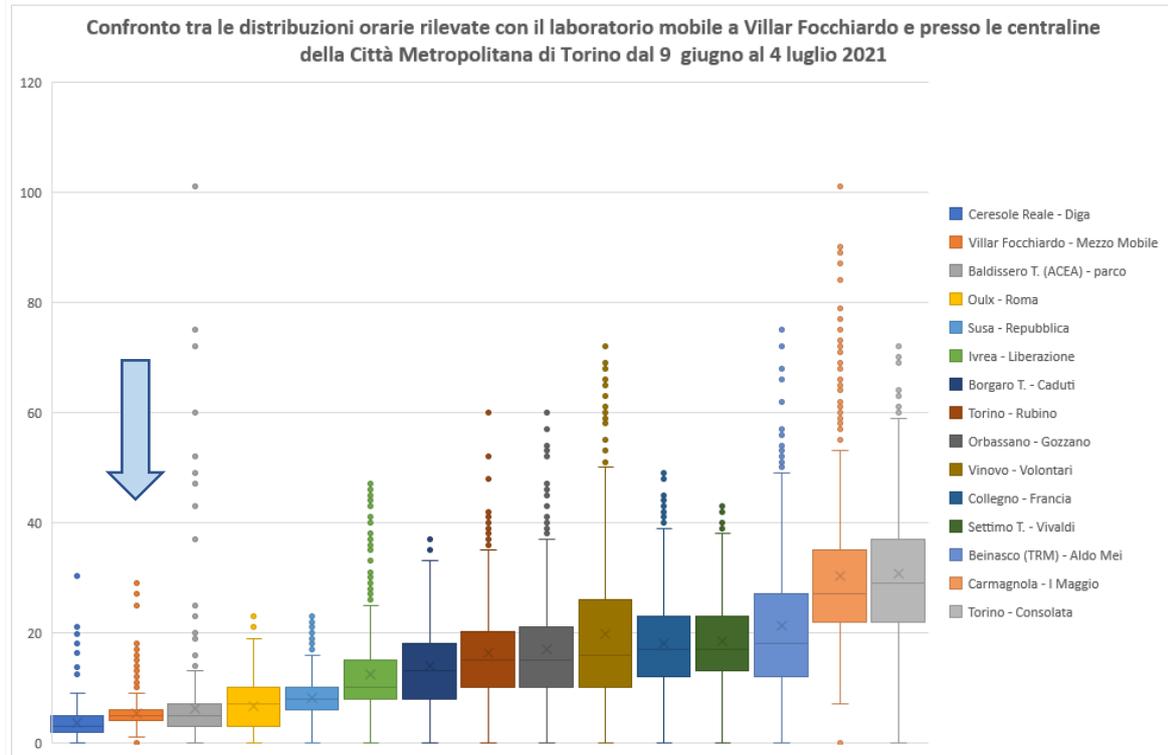


Tabella 11: confronto tra le concentrazioni medie, mediane e massime rilevate a Villar Focchiardo con il laboratorio mobile e presso le stazioni della rete Città Metropolitana durante la 2^a campagna (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: FR= fondo-rurale; FS= fondo-suburbano; FU= fondo-urbano; TS= traffico-suburbano; TU= traffico-urbano)

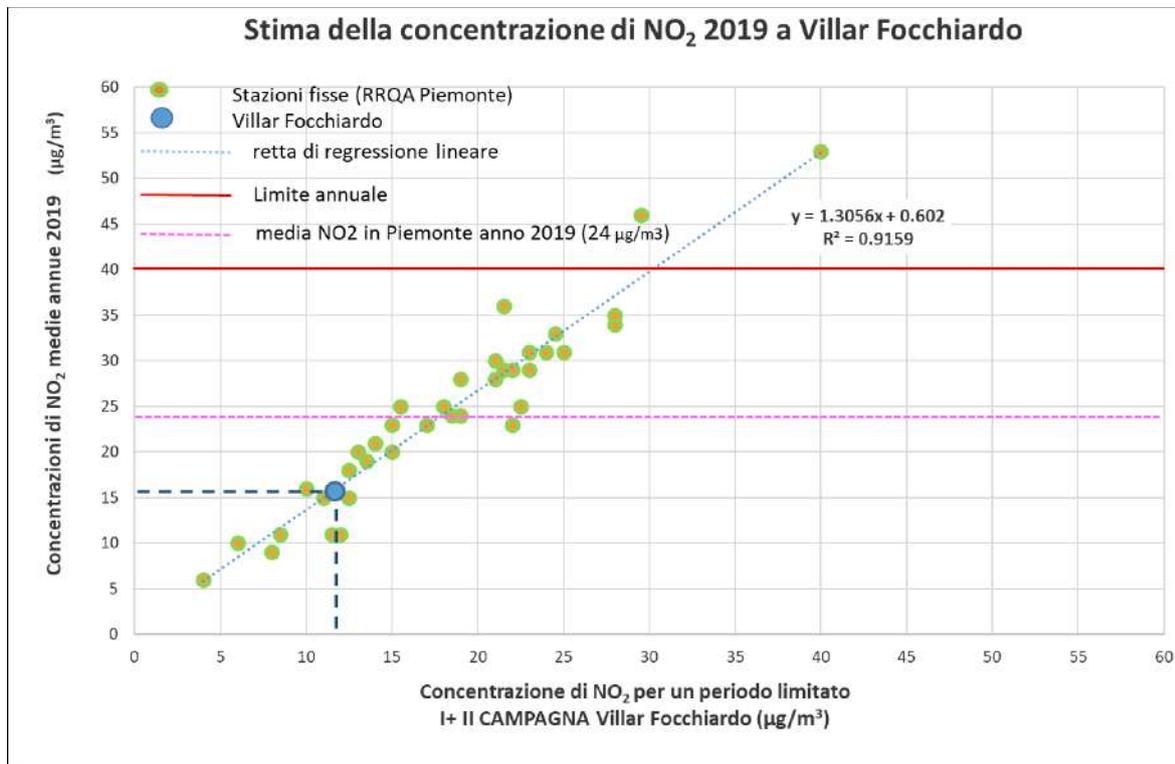
| | Media | Mediana | Massimo |
|-----------------------------------------|-------|---------|---------|
| Ceresole Reale – Diga (FR) | 3 | 3 | 9 |
| Villar Focchiardo - Mezzo Mobile | 5 | 5 | 14 |
| Baldissero T. (FR) | 5 | 5 | 25 |
| Oulx – Roma (TS) | 7 | 7 | 23 |
| Susa – Repubblica (FS) | 8 | 8 | 23 |
| Ivrea – Liberazione (FS) | 12 | 10 | 47 |
| Borgaro T. – Caduti (FS) | 14 | 13 | 37 |
| Torino – Rubino (FU) | 16 | 15 | 52 |
| Orbassano – Gozzano (FS) | 17 | 15 | 60 |
| Collegno – Francia (TU) | 18 | 17 | 49 |
| Settimo T. – Vivaldi (TU) | 18 | 17 | 43 |
| Vinovo – Volontari (FS) | 20 | 16 | 72 |
| Beinasco (TRM) (FS) | 21 | 18 | 75 |
| Carmagnola (TU) | 30 | 27 | 101 |
| Torino – Consolata (TU) | 31 | 29 | 72 |

Figura 19: box plot dati orari NO₂ - 2^a campagna



Il D.Lgs. 155/2010 prevede per il biossido di azoto anche un valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 µg/m³. Visto che la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però considerare un valore stimato di media annuale facendo riferimento alle centraline della rete fissa. Sono state prese in considerazione tutte le stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria (RRQA) del Piemonte che nel corso del 2019 e durante i periodi delle due campagne hanno raggiunto il 90% dei dati validi. Rapportando per 37 siti della RRQA il valore della concentrazione media del 2019 di NO₂, alla concentrazione media calcolata nei giorni delle due campagne svolte a Villar Focchiardo, è stata costruita la retta di interpolazione di Figura 20. Il coefficiente di determinazione R² trovato - pari a 0.92 - evidenzia che la correlazione tra i dati è altamente significativa. Con questo metodo è stato così possibile prevedere una concentrazione media annuale per Villar Focchiardo, riferita al 2019, di 16 µg/m³, inferiore al limite annuale di 40 µg/m³. Tale elaborazione risulta coerente con la valutazione modellistica annuale, che per il 2019 stima per il territorio del comune di Villar Focchiardo una media annuale compresa tra 11 e 26 µg/m³ (Figura 9).

Figura 20: NO₂ - stima della concentrazione annuale a Villar Focchiardo



4.4.3 Monossido di Carbonio

È un gas inodore ed incolore che viene generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente. L'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m³); infatti, si tratta dell'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera. Il traffico veicolare rappresenta la principale sorgente di CO, in particolare dai gas di scarico dei veicoli a benzina. Quando il motore del veicolo funziona al minimo, o si trova in decelerazione si producono le maggiori concentrazioni di CO in emissione, per cui i valori più elevati si raggiungono in zone caratterizzate da intenso traffico rallentato.

Il monossido di carbonio è caratterizzato da un'elevata affinità con l'emoglobina presente nel sangue (circa 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno), pertanto la presenza di questo gas comporta un peggioramento del normale trasporto di ossigeno nei diversi distretti corporei. Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale e il sistema cardiovascolare. Nei casi peggiori con concentrazioni elevatissime di CO si può arrivare anche alla morte per asfissia. La carbossemoglobina, che si può formare in seguito ad inalazione del CO alle concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera delle nostre città, non ha effetti sulla salute di carattere irreversibile e acuto, pur essendo per sua natura, un composto estremamente stabile.

Nell'ultimo trentennio, con l'introduzione delle marmitte catalitiche nei primi anni '90 e l'incremento degli autoveicoli a ciclo Diesel, si è osservata una costante e significativa diminuzione della concentrazione del monossido di carbonio nei gas di combustione prodotti dagli autoveicoli ed i valori registrati attualmente rispettano ampiamente i limiti normativi.

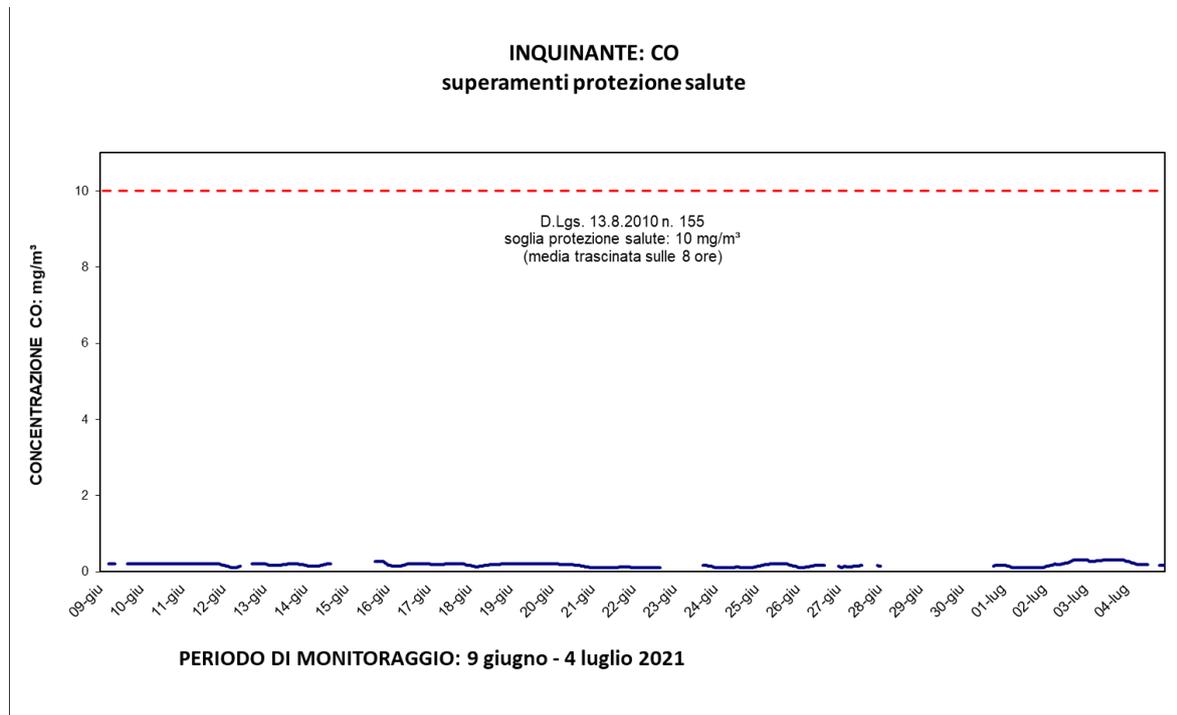
I dati misurati durante la seconda campagna di Villar Focchiardo (Tabella 12) confermano tale andamento osservato su scala regionale. Durante la prima campagna problemi strumentali hanno pregiudicato il corretto monitoraggio di questo inquinante ed i pochi dati disponibili non consentono una valutazione e confronto con altre stazioni e pertanto le considerazioni relative al monossido di carbonio sono relative solo alla seconda campagna.

Tabella 12: dati relativi al monossido di carbonio (CO) (mg/m³)

| Monossido di carbonio (mg/m ³) | Estate 2021 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Minima media giornaliera | 0.1 |
| Massima media giornaliera | 0.3 |
| Media delle medie giornaliere (b): | 0.2 |
| Giorni validi | 25 |
| Percentuale giorni validi | 93% |
| Media dei valori orari | 0.2 |
| Massima media oraria | 0.4 |
| Ore valide | 612 |
| Percentuale ore valide | 94% |
| Minimo medie 8 ore | 0.1 |
| Media delle medie 8 ore | 0.2 |
| Massimo medie 8 ore | 0.3 |
| Percentuale medie 8 ore valide | 94% |
| Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10) | 0 |
| Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 10) | 0 |

La normativa prevede un limite di 10 mg/m³, calcolato come media su otto ore consecutive, il quale è ampiamente rispettato visto che il valore massimo su otto ore è pari a 0.3 mg/m³ (Figura 21); questo limite non è raggiunto neppure su base oraria (il massimo valore orario è stato di 0.4 mg/m³).

Figura 21: CO - confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore)



La Figura 23 mostra l'andamento medio delle concentrazioni del CO nel corso della giornata. Il confronto con i dati di alcune stazioni della rete della Città Metropolitana (Figura 22 e Figura 23) indica concentrazioni molto vicine a quelle di Oulx (traffico suburbano) ed inferiori a quelle di Leini, stazione di fondo suburbano, e Torino-Rebaudengo (traffico urbano).

Figura 22: CO - andamento medie orarie

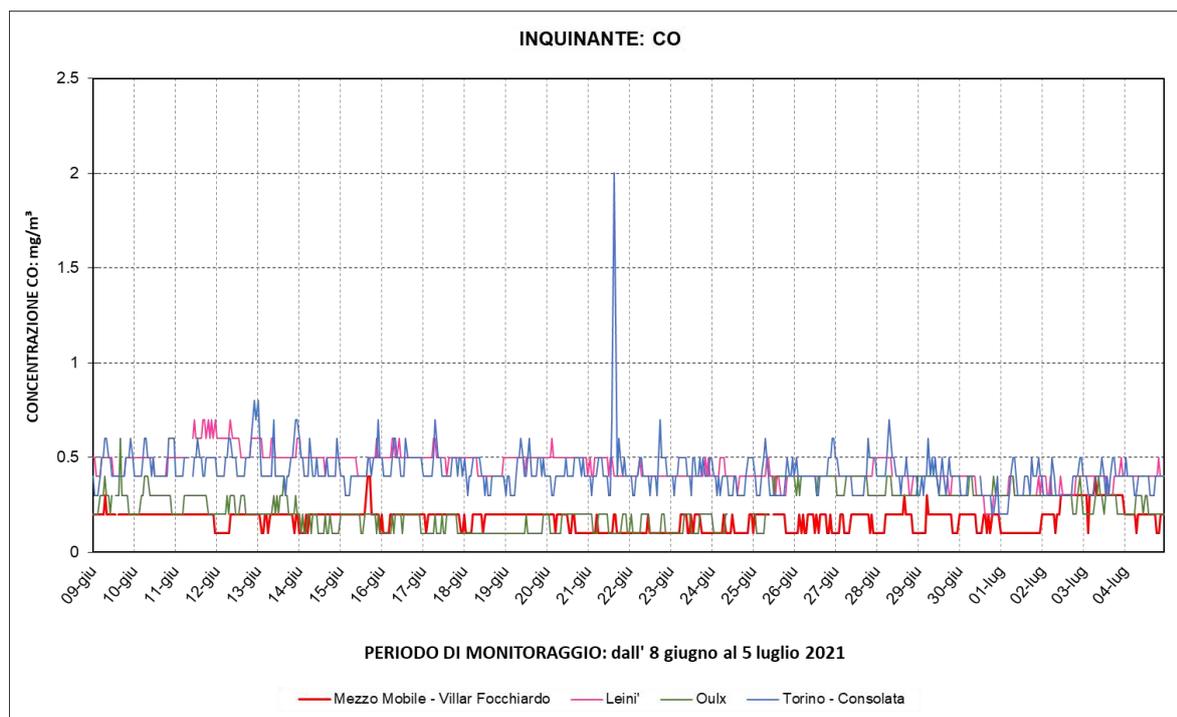
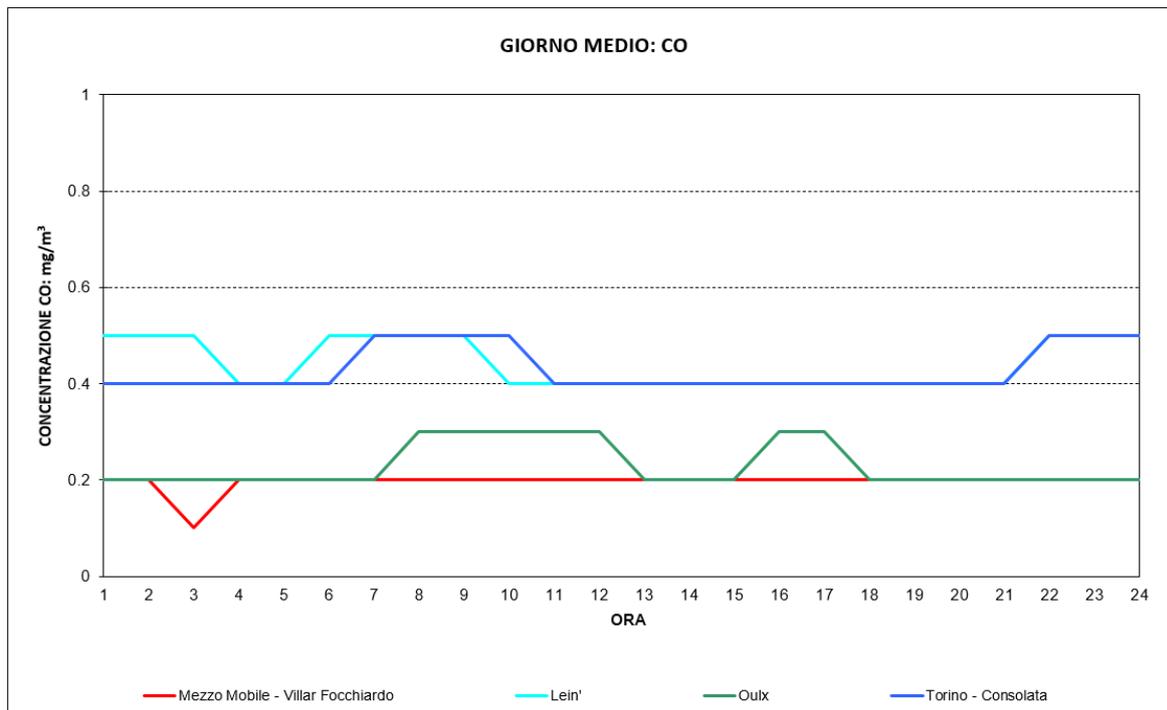


Figura 23: CO - andamento del giorno medio



4.4.4 Benzene e Toluene

Il benzene presente in atmosfera viene prodotto dall'attività umana, in particolare dall'uso del petrolio, degli oli minerali e dei loro derivati.

La maggior fonte di esposizione per la popolazione deriva dai gas di scarico degli autoveicoli, in particolare dei veicoli alimentati a benzina; stime effettuate a livello di Unione Europea attribuiscono a questa categoria di veicoli più del 70% del totale delle emissioni di benzene.

Il benzene è presente nelle benzine come tale e si produce inoltre durante la combustione a partire soprattutto da altri idrocarburi aromatici. La normativa italiana in vigore fissa, a partire dal 1° luglio 1998, il tenore massimo di benzene nelle benzine all'uno per cento.

L'unità di misura con la quale vengono misurate le concentrazioni di benzene è il microgrammo al metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Il benzene è una sostanza classificata:

- dalla Comunità Europea come cancerogeno di categoria 1, R45;
- dalla I.A.R.C. (International Agency for Research on Cancer) nel gruppo 1 (sostanze per le quali esiste un'accertata evidenza in relazione all'induzione di tumori nell'uomo) ;
- dalla A.C.G.I.H. (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) in classe A1 (cancerogeno accertato per l'uomo).

Per quanto riguarda il toluene la normativa italiana non prevede alcun limite, ma le linee guida del 2000 dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) consigliano un valore guida di $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media settimanale.

Durante le campagne di monitoraggio nel Comune di Villar Focchiardo per il benzene sono state determinate le concentrazioni medie pari a $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (autunno) e $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (estate), mentre le punte massime sono state rispettivamente di 5.9 e $1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, come riportato in Tabella 13.

Per il toluene la concentrazione media è risultata essere di $2.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sia in autunno che in estate (Tabella 14), ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

Tabella 13: Dati relativi al benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| BENZENE | Autunno 2019 | Estate 2021 |
|-------------------------------|--------------|-------------|
| Minima media giornaliera | 0.5 | 0.2 |
| Massima media giornaliera | 1.0 | 0.4 |
| Media delle medie giornaliere | 0.7 | 0.3 |
| Giorni validi | 30 | 24 |
| Percentuale giorni validi | 100% | 89% |
| Media dei valori orari | 0.7 | 0.3 |
| Massima media oraria | 5.9 | 1.3 |
| Ore valide | 714 | 563 |
| Percentuale ore valide | 99% | 87% |

Tabella 14: Dati relativi al toluene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| TOLUENE | Autunno 2019 | Estate 2021 |
|-------------------------------|--------------|-------------|
| Minima media giornaliera | 1.7 | 0.9 |
| Massima media giornaliera | 3.0 | 3.6 |
| Media delle medie giornaliere | 2.3 | 2.3 |
| Giorni validi | 30 | 23 |
| Percentuale giorni validi | 100% | 85% |
| Media dei valori orari | 2.3 | 2.3 |
| Massima media oraria | 7.4 | 17.4 |
| Ore valide | 714 | 538 |
| Percentuale ore valide | 99% | 83% |

Dalla Figura 24 e dalla Figura 25 si osserva che le concentrazioni orarie del benzene presso il sito monitorato nelle due risultano mediamente confrontabili rispetto a quelle di Borgaro (stazione di fondo suburbano), e generalmente inferiori a quelle di Torino – Rubino, stazione di fondo urbano, e di Torino – Consolata, stazione di traffico urbano.

Figura 24: Benzene - andamento orario e confronto con i dati delle stazioni di Borgaro, Torino – Consolata e Torino – Rubino

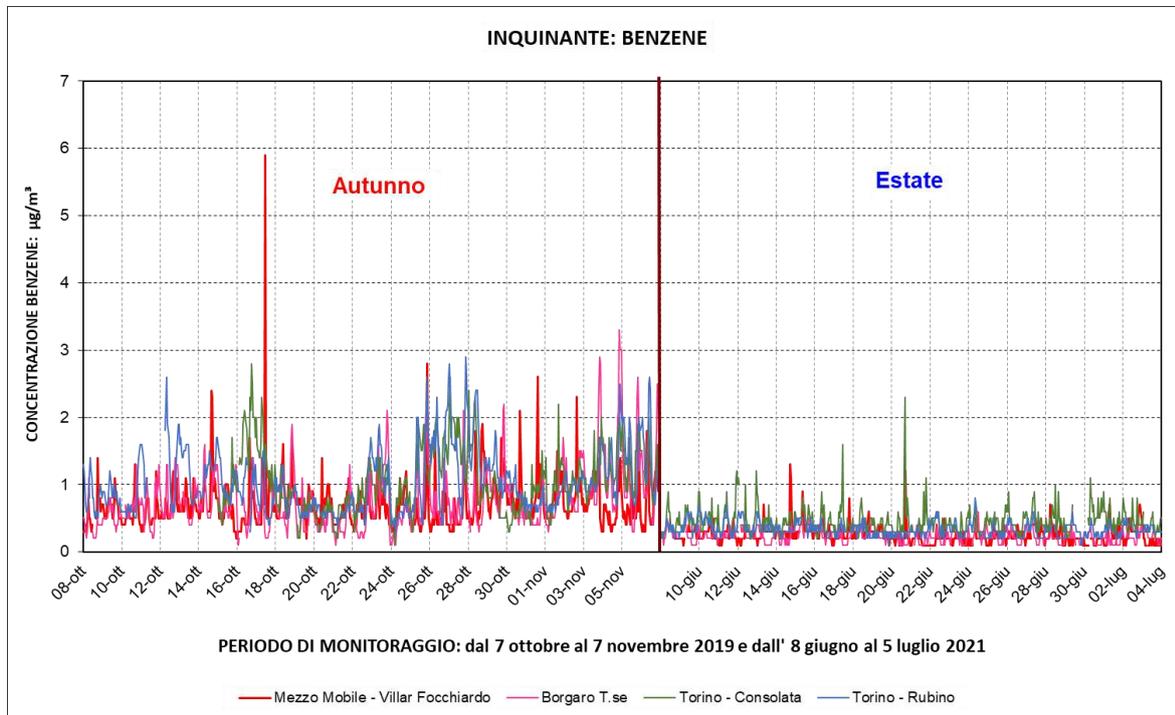
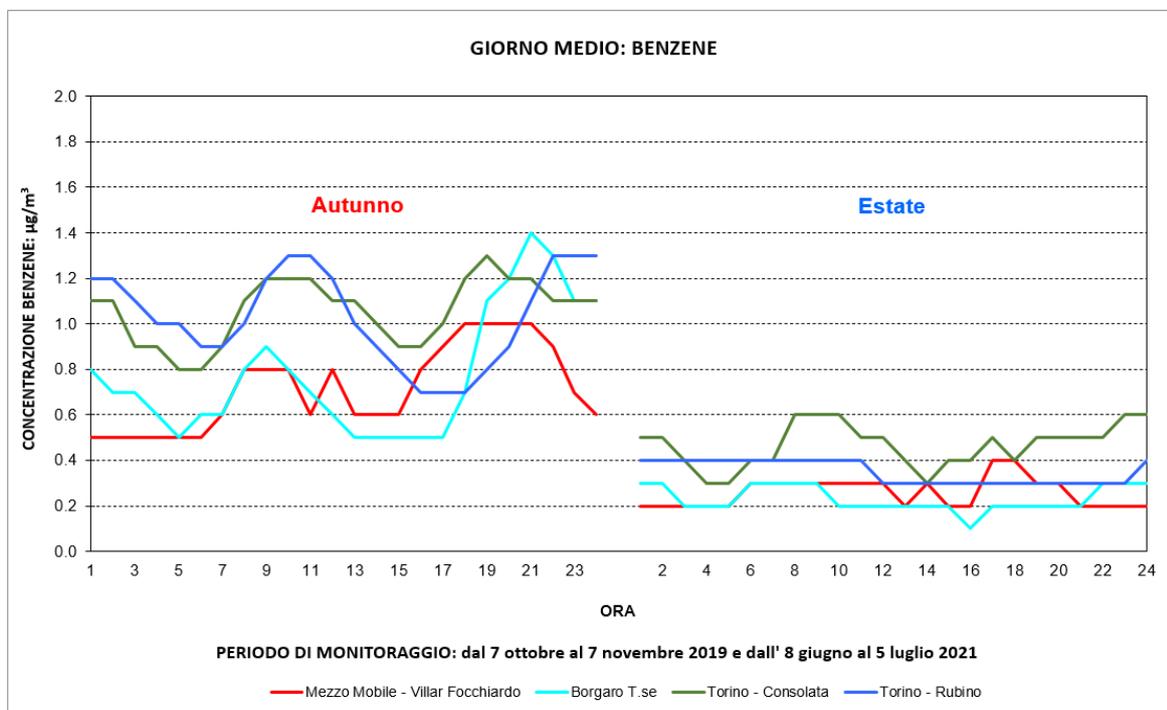


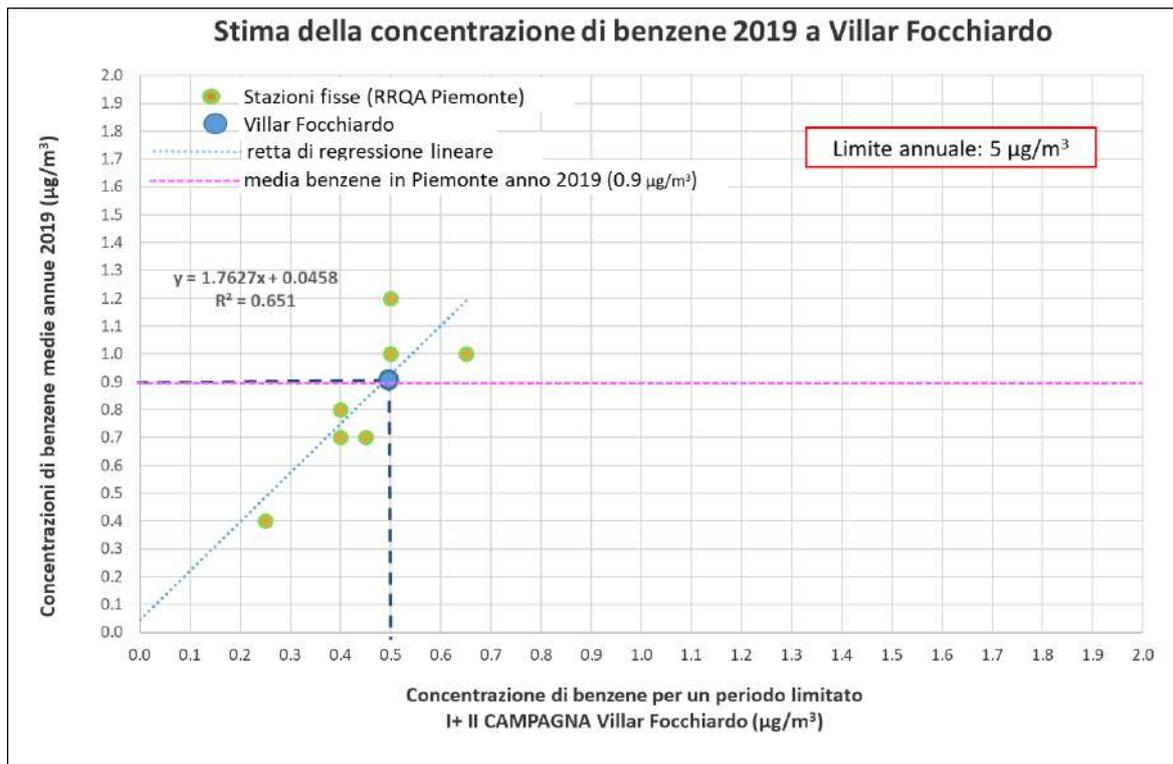
Figura 25: Benzene - giorno medio e confronto con i dati delle stazioni di Borgaro, Torino – Consolata e Torino – Rubino



La normativa vigente (D.Lgs. 155/2010) prevede per il benzene un valore limite annuale di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$; poiché la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però considerare un valore stimato di media annuale facendo riferimento alle centraline della rete fissa. Utilizzando la stessa metodologia descritta per la stima della media annuale del biossido di azoto, sono state prese

in considerazione tutte le stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria (RRQA) del Piemonte che nel corso del 2019 e durante i periodi delle due campagne hanno raggiunto il 90% dei dati validi. Rapportando per 7 siti della RRQA il valore della concentrazione media del 2019 di benzene, alla concentrazione media calcolata nei giorni delle due campagne svolte a Villar Focchiardo, è stata costruita la retta di interpolazione di Figura 26. Applicando tale procedimento, la media annuale stimata per Villar Focchiardo è pari a $0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valore inferiore al limite.

Figura 26: Benzene - stima della concentrazione annuale a Villar Focchiardo



4.4.5 Particolato Sospeso (PM_{10}) e ($\text{PM}_{2.5}$)

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso in sospensione nell'aria. La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali, il materiale inorganico prodotto da agenti naturali, ecc... Nelle aree urbane il materiale può avere origine da lavorazioni industriali, dall'usura dell'asfalto, dei pneumatici, dei freni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli con motore diesel. Il particolato è costituito anche da una componente secondaria, che si forma in atmosfera a seguito di complessi fenomeni chimico-fisici a carico di precursori originariamente emessi in forma gassosa.

Il rischio sanitario legato a questo tipo di inquinamento dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalle dimensioni delle particelle stesse; infatti le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Diversi studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra la concentrazione di polveri nell'aria e le manifestazioni di malattie croniche alle vie respiratorie, a causa degli inquinanti che queste particelle veicolano e che possono essere rilasciate negli alveoli polmonari.

La legislazione italiana, recependo quella europea, non ha più posto limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma a partire dal D.M. 60/2002 ha previsto dei limiti esclusivamente per il particolato PM_{10} , cioè la frazione con diametro aerodinamico inferiore a $10 \mu\text{m}$, più pericolosa in quanto può

raggiungere facilmente trachea e bronchi e mettere inoltre a contatto l'apparato respiratorio con sostanze ad elevata tossicità adsorbite sul particolato stesso.

Inoltre il D.Lgs. 155/2010 ha introdotto, come descritto nel capitolo relativo alla normativa, un valore limite e un valore obiettivo annuale anche per il PM_{2.5} (particolato con diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 µm).

PM₁₀

Nel monitoraggio eseguito nel comune di Villar Focchiardo tra ottobre e novembre 2019 si sono registrati per il particolato PM₁₀ 2 superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m³, mentre nel periodo primaverile non si sono verificati superamenti di tale limite, come indicato in Tabella 15.

Durante la prima campagna il valore medio del periodo rilevato è stato di 29 µg/m³, con un valore massimo giornaliero di 59 µg/m³ registrato il 29 ottobre.

Nel corso della seconda campagna il valore medio è stato di 18 µg/m³, con un valore massimo di 42 µg/m³ registrato il 21 giugno.

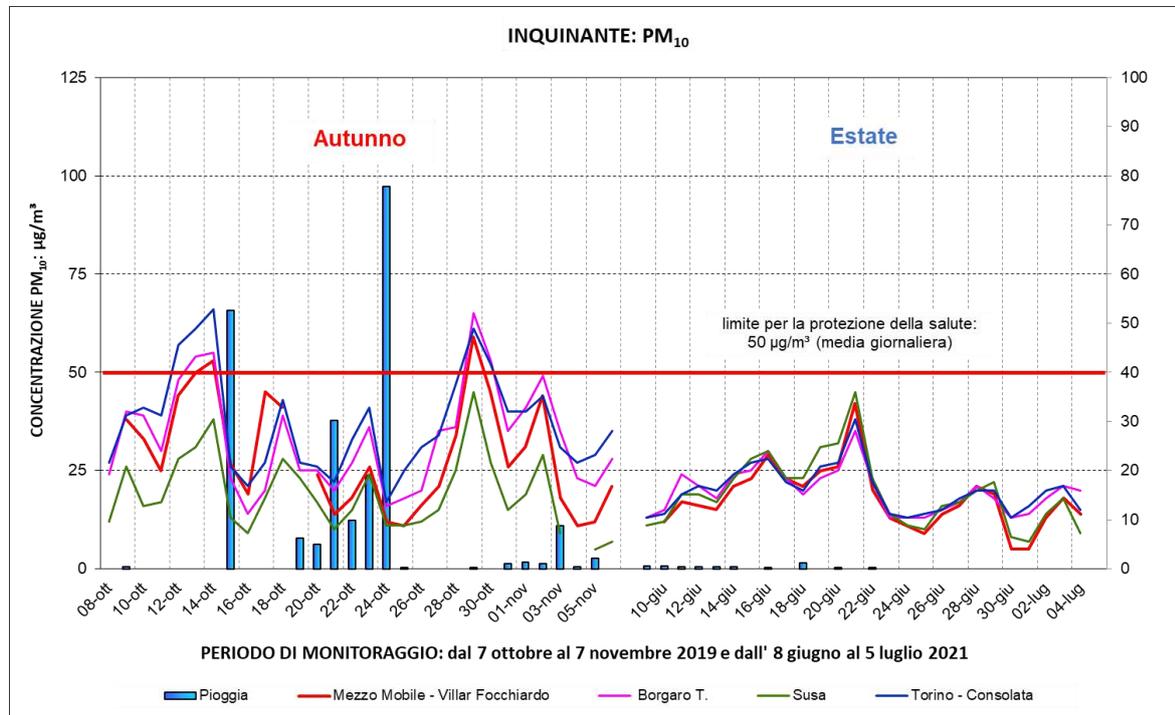
Tabella 15: Dati relativi al particolato sospeso PM₁₀ (µg/m³)

| PM10 (µg/m ³) | Autunno 2019 | Estate 2021 |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|
| Minima media giornaliera | 11 | 5 |
| Massima media giornaliera | 59 | 42 |
| Media delle medie giornaliere | 29 | 18 |
| Giorni validi | 28 | 26 |
| Percentuale giorni validi | 93% | 96% |
| <u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u> | 2 | 0 |

Durante la campagna autunnale si sono verificati diversi eventi piovosi che, come emerge dalla Figura 27, hanno contribuito all'abbattimento del particolato. È interessante notare come, nei giorni successivi a quello di maggiore intensità piovosa (24 ottobre), si siano registrati i valori più bassi di PM₁₀ e PM_{2.5} della campagna di monitoraggio.

Dal confronto con le concentrazioni di alcune cabine della rete di monitoraggio della CMT, rappresentato nella Figura 27, durante la prima campagna emergono concentrazioni generalmente inferiori a quelle di Borgaro (stazione di fondo suburbano), e Torino-Consolata (traffico urbano), mentre risultano superiori a quelle di Susa (fondo suburbano); nella seconda campagna si sono registrate rispetto alla prima differenze meno marcate tra le stazioni, trattandosi di un periodo caratterizzato da concentrazioni mediamente inferiori rispetto a quelle del periodo della prima campagna.

Figura 27: Particolato sospeso PM_{10} - confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute e con i dati di alcune stazioni della rete fissa

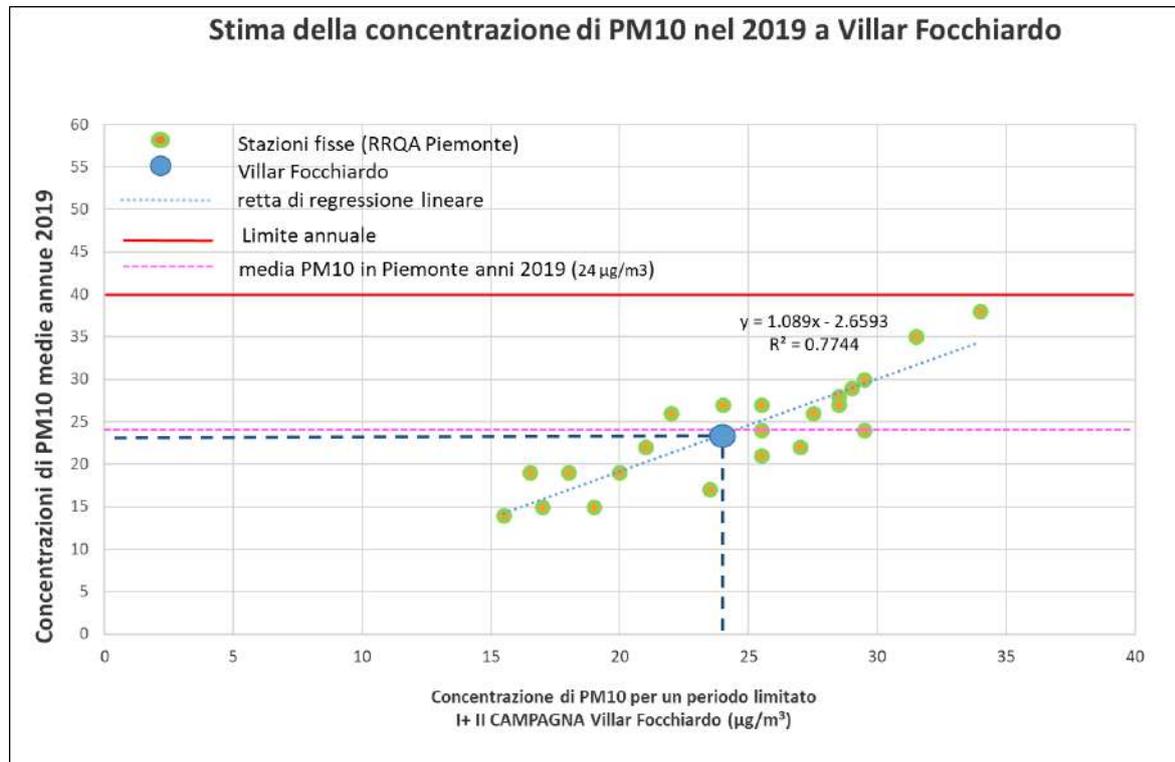


Il D.Lgs 155/2010 prevede per le polveri PM_{10} un valore limite annuale per la protezione della salute umana di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Anche in questo caso la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo e non è possibile quindi un confronto diretto con le misure effettuate. Tuttavia, così come è stato fatto per l' NO_2 , per arrivare a stimare un dato di concentrazione annuale di PM_{10} per il sito di Villar Focchiardo si può fare riferimento ai dati della rete regionale.

Sono state prese in considerazione le stazioni della RRQA presenti sul territorio regionale e sono stati rapportati i valori di concentrazione del PM_{10} , come media del 2019, alla concentrazione media calcolata nei giorni delle due campagne di misura svolte, ed è stata costruita la retta di interpolazione (Figura 28).

È stato così possibile prevedere una concentrazione media annuale per Villar Focchiardo, riferita al 2019, pari a $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$: valore inferiore al limite normativo ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Questo risultato differisce di poco da quanto emerso nella **valutazione modellistica annuale** (§ 4.2.2) dove la stima della media annuale del PM_{10} nel comune di Villar Focchiardo durante il 2019 è risultata compresa tra i 10 e $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 28: Particolato sospeso PM_{10} - stima della concentrazione annuale a Villar Focchiardo



Come già accennato, durante il monitoraggio invernale, vi sono stati 2 superamenti del valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nella Tabella 16 vengono riportati i dati delle cabine della Città Metropolitana relativi alle medie delle concentrazioni ed al numero di superamenti del predetto limite riferiti ai periodi dei monitoraggi ed al 2019.

Rispetto al numero di superamenti nel corso dell'anno non è possibile effettuare stime che abbiano un'approssimazione statistica accettabile, come nel caso dei valori medi; vengono pertanto considerati per analogia le stazioni della rete fissa che, durante il periodo delle campagne, hanno registrato un numero di superamenti uguali o molto vicini. Nel caso in oggetto la stazione più simile come numero di superamenti del livello giornaliero risulta Ivrea (1 superamento), che nel corso del 2019 ha registrato 29 superamenti, al di sotto del limite di 35 stabilito dalla legge; anche la stima della concentrazione annuale di Villar Focchiardo ($23 \mu\text{g}/\text{m}^3$) risulta vicina a quella di Ivrea per il 2019 ($24 \mu\text{g}/\text{m}^3$). È dunque presumibile che, se si fosse effettuato un monitoraggio esteso all'intero anno, anche nel sito di Villar Focchiardo non ci sarebbe stato il superamento del limite preso in esame. Questa ipotesi è inoltre confermata dalla stima della media annuale. La correlazione statistica per il PM_{10} tra media annuale e numero di giorni di superamento del valore limite giornaliero², infatti, evidenzia che sul territorio piemontese il valore limite giornaliero viene rispettato per valori di media annuale inferiori a $24,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

² Bertello et, al Analisi della correlazione fra media annuale e numero di superamenti del valore limite per il PM_{10} – La situazione del Piemonte nel quadro europeo – Atti del VII Convegno Nazionale sul Particolato Atmosferico, Roma 2016

Tabella 16: PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) confronto numero di superamenti limite giornaliero, concentrazioni medie del periodo e anno 2019

| Stazione | periodo I° campagna | | periodo II° campagna | | periodo I° e II° campagna | | anno 2019 | |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| | media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50) | media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50) | media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50) | media anno 2019 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50) |
| Ceresole Reale - Diga | 10 | 0 | 13 | 0 | 12 | 0 | 9 | 1 |
| Oulx - Roma | 13 | 0 | 21 | 0 | 17 | 0 | 15 | 0 |
| Susa - Repubblica | 19 | 0 | 19 | 0 | 19 | 0 | 15 | 1 |
| Pinerolo - Alpini | 21 | 0 | 16 | 0 | 19 | 0 | 19 | 5 |
| Druento - La Mandria | 22 | 0 | 27 | 0 | 25 | 0 | 19 | 10 |
| Villar Focchiardo - Mezzo Mobile (*) | 29 | 2 | 18 | 0 | 24 | 2 | 23 | |
| Ivrea - Liberazione | 25 | 1 | 16 | 0 | 21 | 1 | 24 | 29 |
| Beinasco (TRM) - Aldo Mei | 31 | 5 | 18 | 0 | 25 | 5 | 26 | 28 |
| Borgaro T. - Caduti | 33 | 4 | 20 | 0 | 27 | 4 | 26 | 28 |
| Torino - Lingotto | 31 | 4 | 17 | 0 | 24 | 4 | 27 | 48 |
| Torino - Rubino | 35 | 5 | 20 | 0 | 28 | 5 | 28 | 42 |
| Torino - Consolata | 37 | 5 | 20 | 0 | 29 | 5 | 28 | 45 |
| Collegno - Francia | 35 | 5 | 24 | 0 | 30 | 5 | 30 | 50 |
| Settimo T. - Vivaldi | 33 | 1 | 19 | 0 | 26 | 1 | 34 | 63 |
| Torino - Rebaudengo | 39 | 4 | 22 | 0 | 31 | 4 | 34 | 71 |
| Carmagnola - I Maggio | 39 | 5 | 24 | 0 | 32 | 5 | 35 | 69 |
| Torino - Grassi | 43 | 9 | 25 | 0 | 34 | 9 | 38 | 83 |

* = media annuale stimata

PM_{2.5}

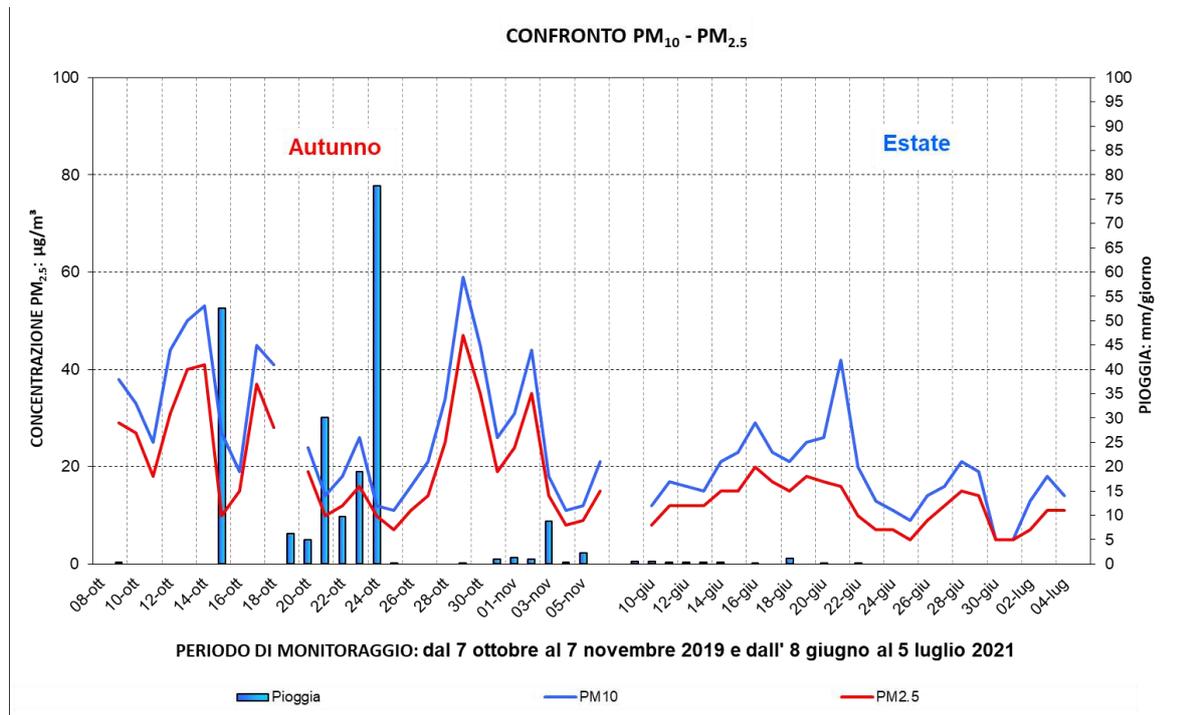
Il parametro $PM_{2.5}$ segue, come andamento temporale e valori medi di concentrazione giornaliera, il PM_{10} (vedi Figura 29).

Il valore medio del periodo invernale è stato di $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$, che corrisponde al 73% della media del PM_{10} , una percentuale in linea con il periodo indagato; il valore massimo è stato di $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Durante la seconda campagna, la media registrata è stata di $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (69% della media del PM_{10}) con un valore massimo di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 17).

Tabella 17: Dati relativi al particolato sospeso $PM_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

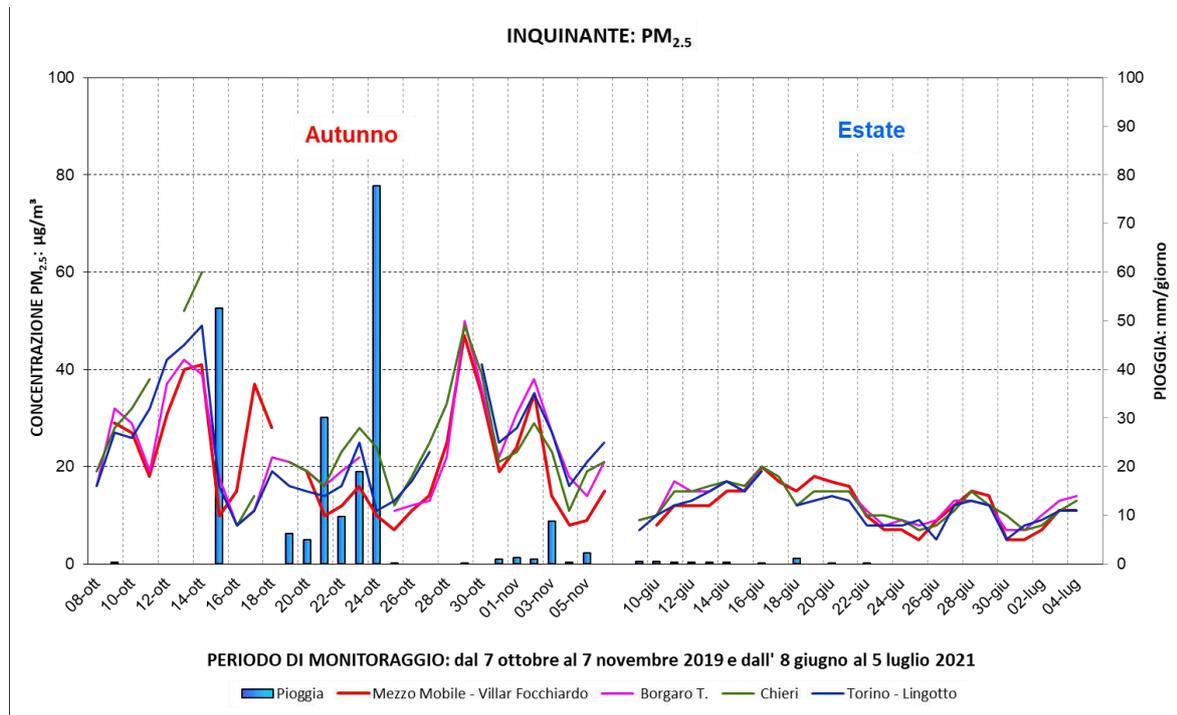
| PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Autunno 2019 | Estate 2021 |
|------------------------------------------------|--------------|-------------|
| Minima media giornaliera | 7 | 5 |
| Massima media giornaliera | 47 | 20 |
| Media delle medie giornaliere | 22 | 12 |
| Giorni validi | 28 | 26 |
| Percentuale giorni validi | 93% | 96% |

Figura 29: Particolato sospeso PM_{10} e $PM_{2.5}$: confronto



Dalla Figura 30 si nota che, in termini relativi, i valori di $PM_{2.5}$ nel sito di Villar Focchiardo sono risultati durante la prima campagna mediamente più bassi, ad eccezione di qualche giornata, rispetto alle stazioni di confronto (Borgaro, Chieri e Torino-Lingotto). Nella seconda campagna le concentrazioni e gli andamenti hanno registrato differenze meno marcate rispetto alla prima, essendo un periodo di valori bassi dovuti alla maggiore instabilità atmosferica che contribuisce ad una maggiore dispersione degli inquinanti atmosferici ed alla mancanza del contributo del riscaldamento domestico.

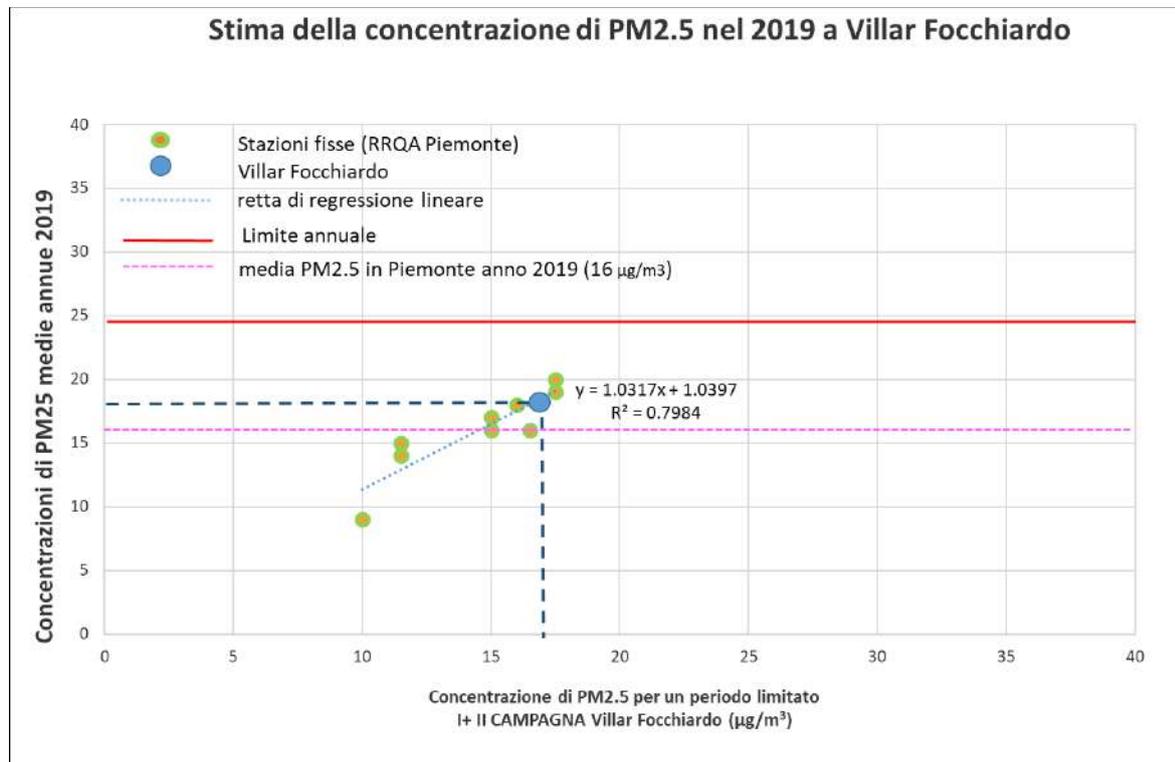
Figura 30: Particolato sospeso $PM_{2.5}$ - confronto con i dati di alcune stazioni della rete fissa



La normativa italiana prevede per il $PM_{2.5}$ solamente il rispetto di un limite annuale, pari a $25 \mu g/m^3$. In termini assoluti la media dei due periodi di monitoraggio, pari a $17 \mu g/m^3$, è inferiore al limite annuale che però va calcolato su base annuale. Visto che la durata del monitoraggio a Villar Focchiardo è pari a 56 giorni distribuiti nel corso di due stagioni diverse, la media dei valori non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo; non è quindi possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso.

Si può però considerare un valore stimato di media annuale utilizzando lo stesso metodo impiegato per stimare le medie annuali del biossido di azoto, benzene e PM_{10} . Applicando tale procedimento la concentrazione media annuale stimata a Villar Focchiardo, per il 2019, è pari a $19 \mu g/m^3$: valore inferiore al limite normativo ($25 \mu g/m^3$).

Figura 31: Particolato sospeso PM_{2.5} - stima della concentrazione annuale a Villar Focchiardo

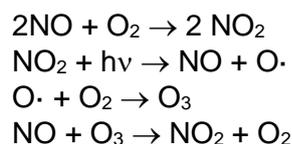


In termini generali per PM_{2.5} e PM₁₀, che sono due tra gli inquinanti più critici nell'intero bacino padano, sono necessari interventi strutturali a livello di territorio metropolitano e regionale per la riduzione delle fonti primarie di polveri e dei precursori della componente secondaria del particolato. Tuttavia, anche interventi a livello locale in armonia con tale strategia possono dare un contributo importante per ottenere gli obiettivi indicati.

4.4.6 Ozono

L'ozono è un gas con elevato potere ossidante, di odore pungente. L'ozono presente nella troposfera, lo strato più basso dell'atmosfera, è un inquinante non direttamente emesso da fonti antropiche, che si genera in atmosfera grazie all'instaurarsi di un ciclo di reazioni fotochimiche (favorite da un intenso irraggiamento solare) che coinvolgono principalmente gli ossidi di azoto (NO_x) e i composti organici volatili (VOC).

In forma semplificata, si possono riassumere nel modo seguente le reazioni coinvolte nella formazione di questo inquinante:



L'elevato potere ossidante dell'ozono è in grado di produrre infiammazioni e danni all'apparato respiratorio più o meno gravi, in funzione della concentrazione cui si è esposti, della durata dell'esposizione e della ventilazione polmonare, in particolar modo nei soggetti sensibili (asmatici, bambini, anziani, soggetti aventi patologie respiratorie).

Come riassunto nella Tabella 18 nel corso della prima campagna la media dei valori orari di ozono è stata di 31 µg/m³, con una massima media oraria di 82 µg/m³; nella seconda campagna la media

dei valori orari è stata di $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con una massima media oraria di $170 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nelle due campagne non si sono quindi registrati superamenti su base oraria del livello di informazione pari a $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabella 18: Dati relativi all'ozono (O_3) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Autunno 2019 | Estate 2021 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|
| Minima media giornaliera | 11 | 58 |
| Massima media giornaliera | 50 | 117 |
| Media delle medie giornaliere | 31 | 91 |
| Giorni validi | 30 | 25 |
| Percentuale giorni validi | 100% | 93% |
| Media dei valori orari | 31 | 90 |
| Massima media oraria | 82 | 170 |
| Ore valide | 717 | 615 |
| Percentuale ore valide | 100% | 95% |
| Minimo medie 8 ore | 5 | 33 |
| Media delle medie 8 ore | 31 | 90 |
| Massimo medie 8 ore | 76 | 156 |
| Percentuale medie 8 ore valide | 99% | 94% |
| <u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u> | 0 | 100 |
| <u>N. di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u> | 0 | 16 |
| <u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u> | 0 | 0 |
| <u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u> | 0 | 0 |
| <u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u> | 0 | 0 |
| <u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u> | 0 | 0 |
| <u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u> | 0 | 0 |

Questo parametro presenta quindi una certa criticità solo nel periodo caldo dell'anno. Dal grafico di Figura 32 si nota come, nella campagna di estiva, i valori siano stati 16 volte superiori al livello di protezione della salute su medie di 8 ore ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) per il quale la norma consente al massimo 25 giorni di superamento per anno civile come media di 3 anni. Nella Figura 34 vengono rappresentati graficamente il numero di superamenti registrato durante il periodo della seconda campagna e quelli registrati nelle cabine del territorio della Città Metropolitana durante il 2020, mentre nella Figura 35 viene data evidenza del numero dei superamenti delle stazioni della CMT degli ultimi 3 anni e della loro media. Il numero di superamenti registrati a Villar Focchiardo (16) durante la seconda campagna è uguale a quelli di Torino-Rubino e molto vicino a quelli di Ivrea e Susa (15). Inoltre, il grafico della Figura 33, in cui vengono rappresentate le medie dell'ozono durante il periodo della seconda campagna, evidenzia che la media di Villar Focchiardo ($91 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è quasi uguale a quella di Susa ($90 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La similitudine tra il sito di Villar Focchiardo e Susa in relazione a questo inquinante è confermata dal grafico del giorno medio di Figura 37. Presso la stazione di Susa il limite di 25 superamenti annuali è stato superato nel 2018 ma non nel 2019 e nel 2020 con una media degli ultimi tre anni considerati di 25. Ad eccezione di Ceresole, tutte le stazioni della rete della CMT hanno superato il numero massimo di 25 consentito dalla norma come media degli ultimi 3 anni. Si può pertanto presumere che, nel Comune di Villar Focchiardo, tale obiettivo sia molto vicino al superamento come per Susa. L'ozono infatti, data l'origine secondaria, è di fatto un inquinante

ubiquitario: nei siti più periferici e remoti sono possibili fenomeni di trasporto e accumulo sia dell'ozono sia dei precursori emessi nelle aree antropizzate.

Figura 32: O₃ - superamenti protezione della salute umana

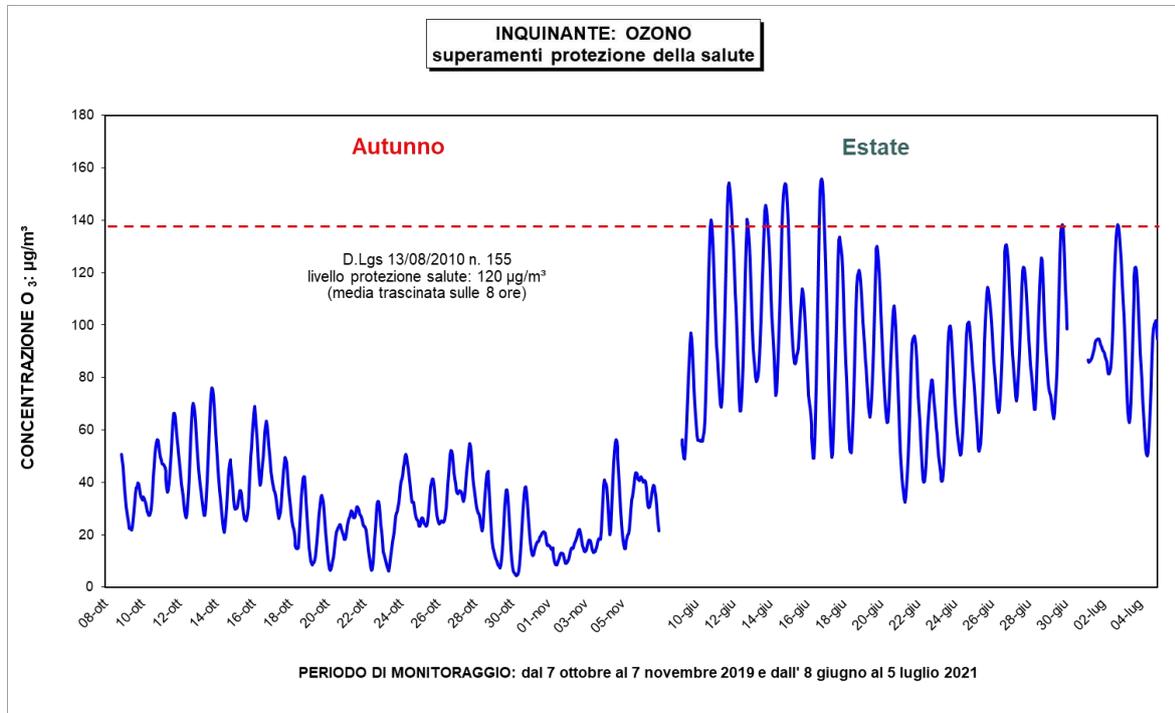


Figura 33: O₃ - confronto medie del periodo nelle stazioni della rete Città Metropolitana – 2^a campagna

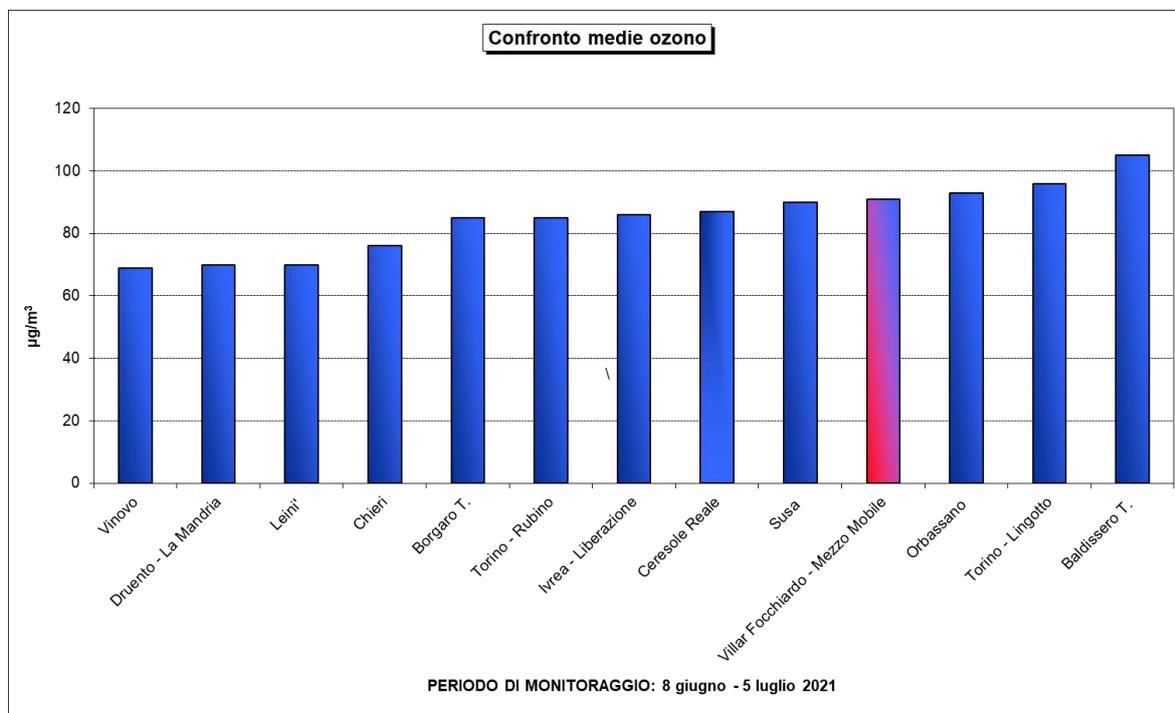


Figura 34: confronto superamenti livelli protezione della salute umana – periodo 2^a campagna e 2020

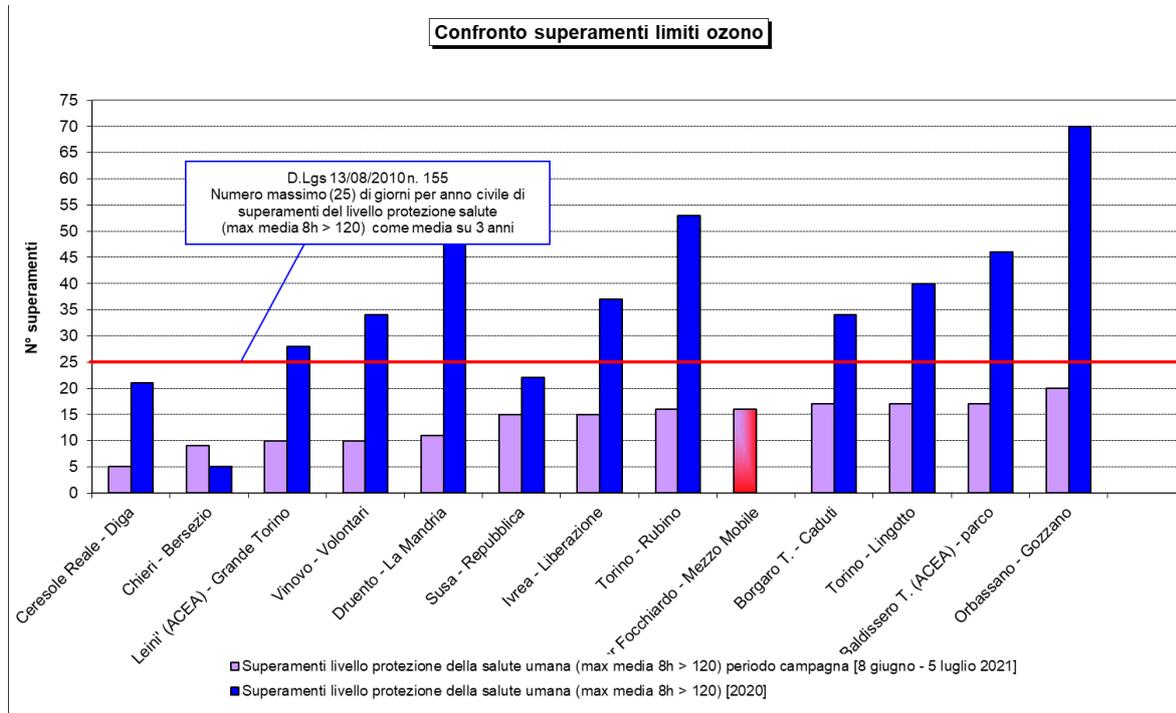
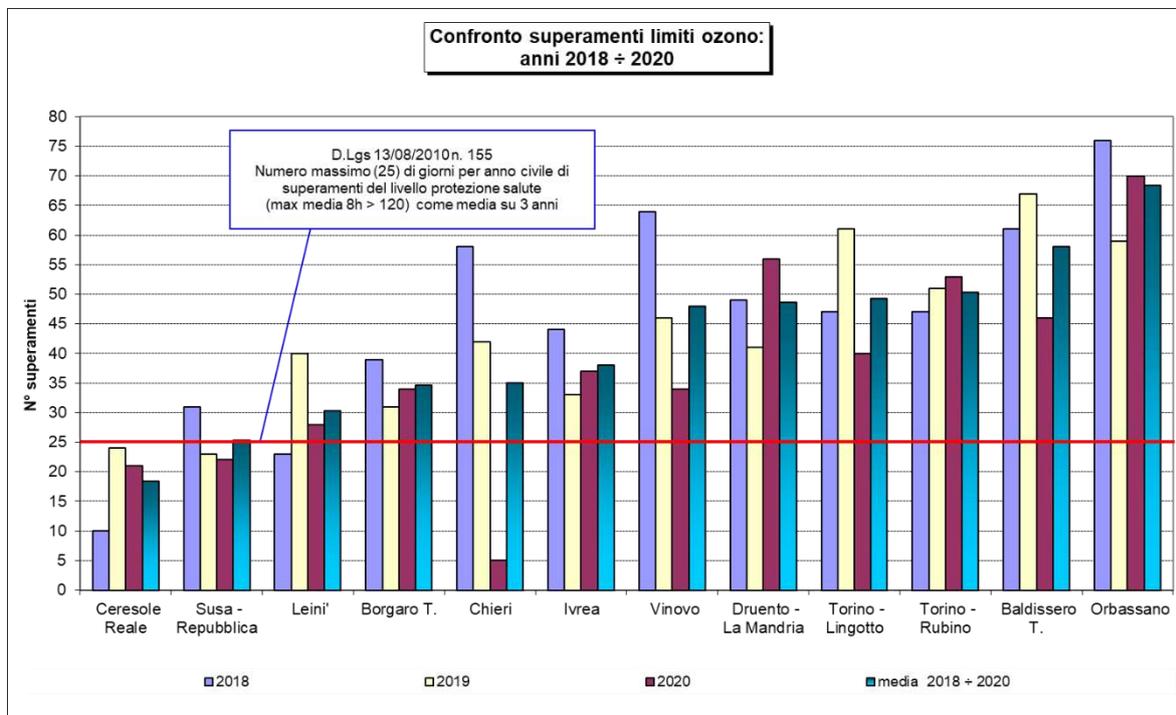


Figura 35: confronto superamenti livelli protezione della salute umana rete CMT anni 2018 ÷ 2020



Nella Figura 36 e nella Figura 37 in cui le concentrazioni orarie ed il giorno medio dell'ozono vengono confrontate con le stazioni fisse di Druento (fondo rurale), Susa (fondo suburbano) e Torino-Rubino (fondo urbano) si osserva che i valori registrati a Villar Focchiardo nel periodo estivo sono molto simili a quelli di Susa; in modo particolare emerge che i valori minimi, anche nelle ore di minore irraggiamento solare e di minore temperatura, non scendono ai livelli delle altre due cabine ubicate in pianura. Questo elemento fa supporre fenomeni di accumulo di ozono che, anche nel caso di Villar Focchiardo, si verificano nelle aree in quota delle zone vallive.

Figura 36: O₃ - confronto con i limiti di legge

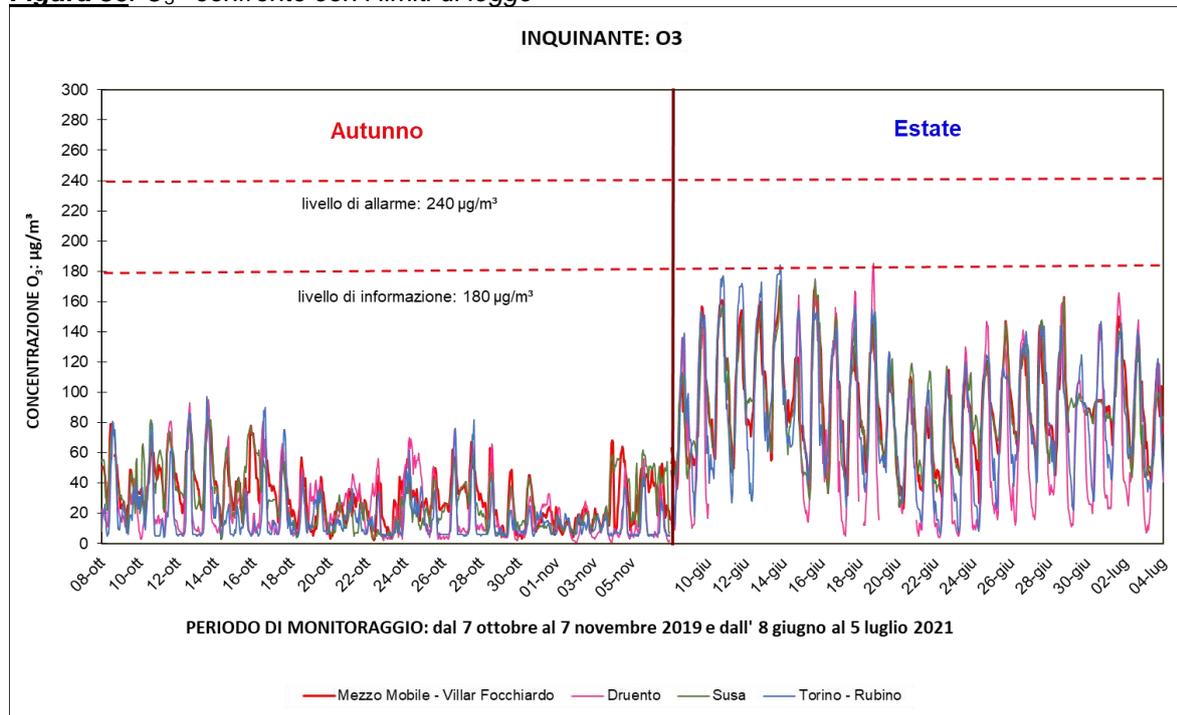
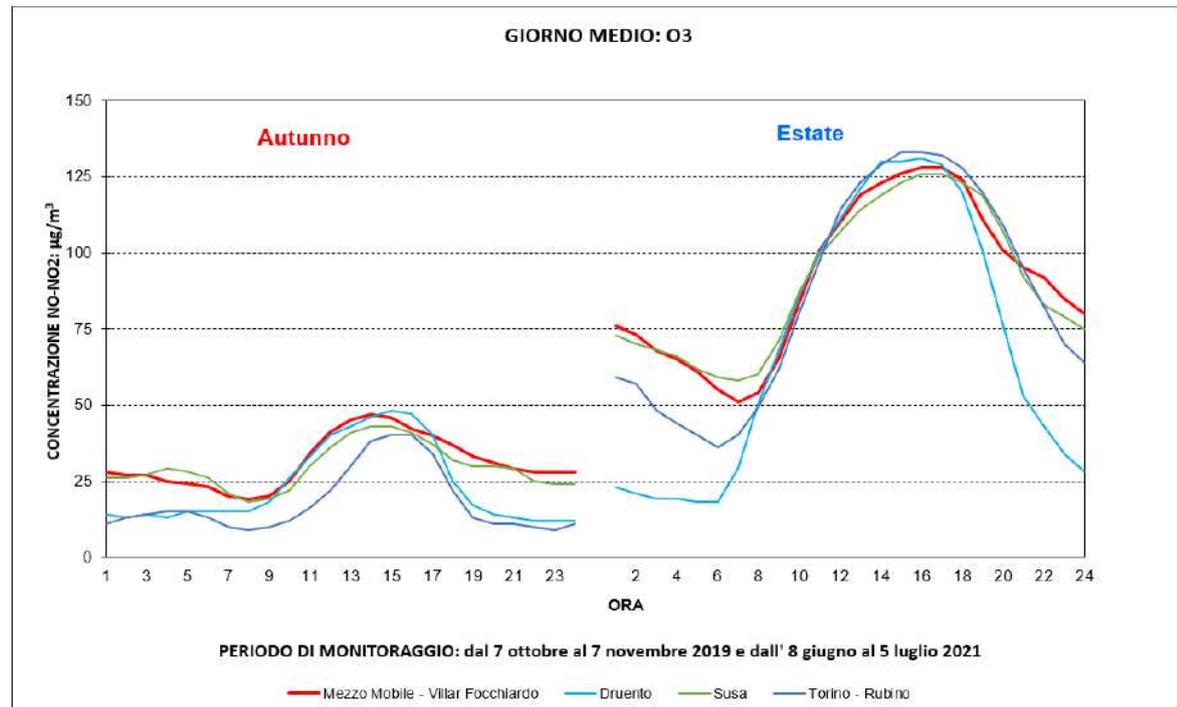


Figura 37: Ozono giorno medio



I grafici riportati in Figura 38 e Figura 39 mostrano la stretta correlazione degli andamenti di ozono con i parametri meteo relativi a radiazione solare e temperatura: infatti elevate temperature ed irraggiamento solare favoriscono la formazione di ozono a partire dai suoi precursori quali ossidi di azoto e composti organici volatili.

Figura 38: O₃ - andamento della concentrazione oraria e confronto con radiazione solare globale

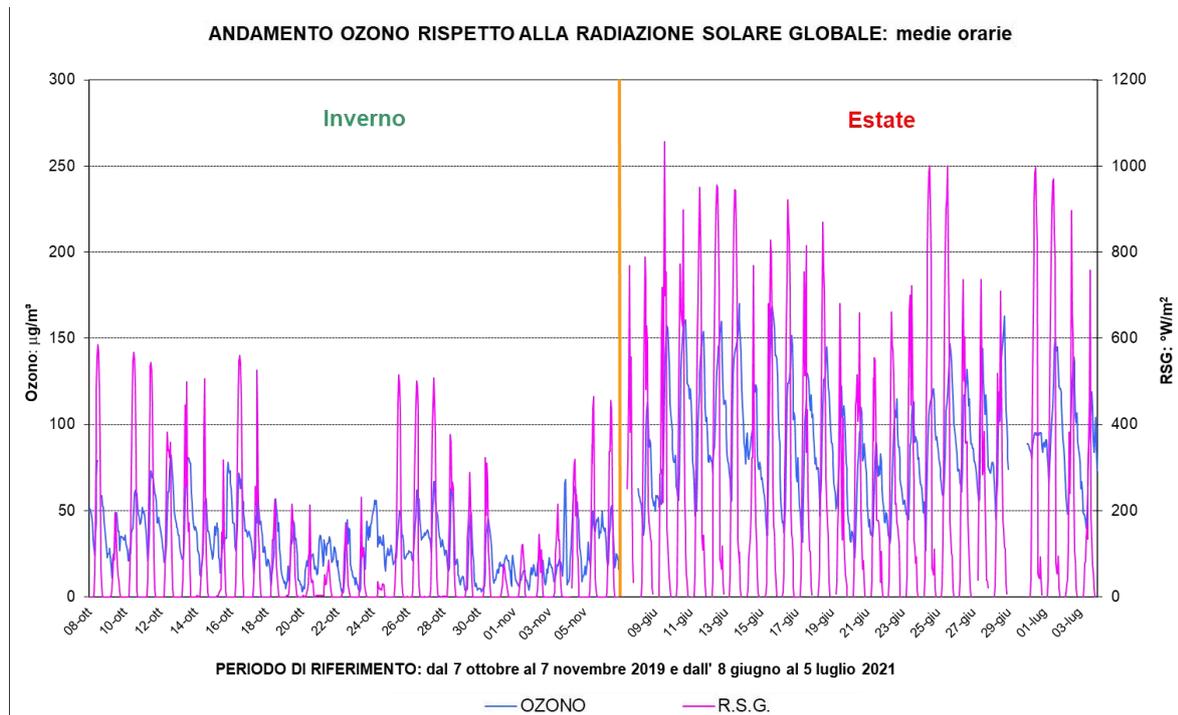
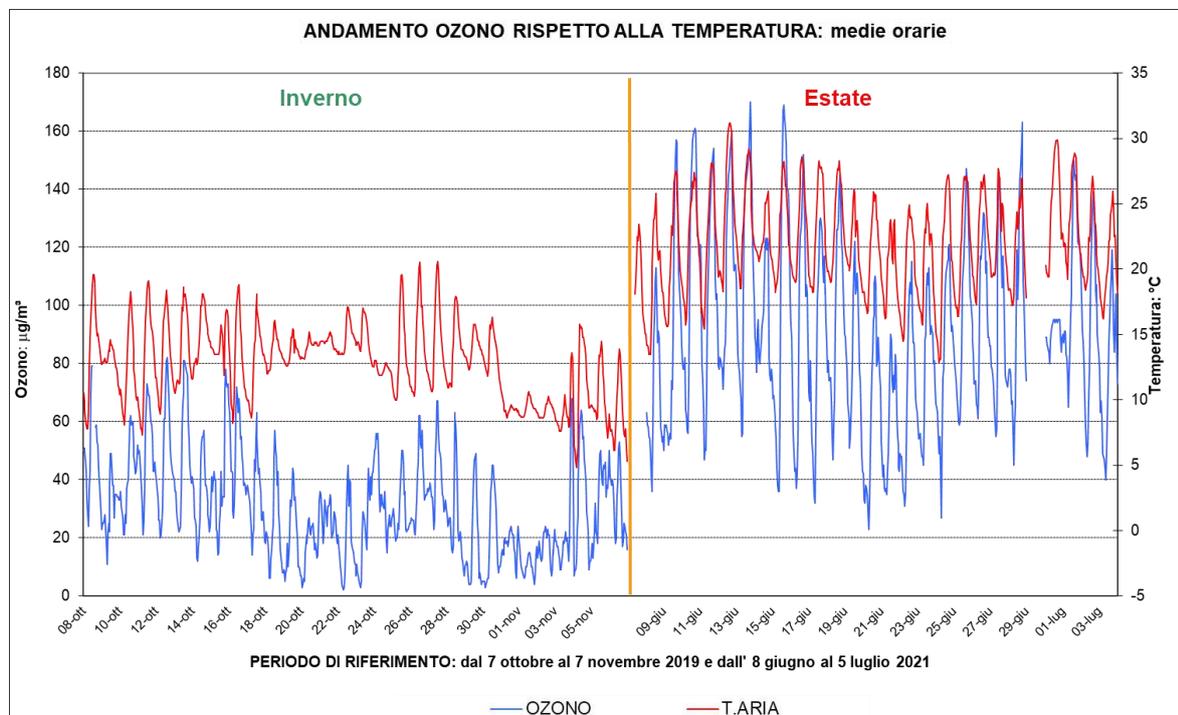


Figura 39: O₃ - andamento della concentrazione oraria e confronto con temperatura



La formazione e la degradazione dell'ozono coinvolgono un numero notevole di composti e di fenomeni chimico-fisici e interessano aree molto vaste, per cui per la risoluzione di questo problema sono fondamentali le politiche a livello regionale o sovraregionale miranti alla complessiva riduzione dei precursori.

5 CONCLUSIONI

Le criticità evidenziate nel territorio di Villar Focchiardo a seguito delle campagne di monitoraggio condotte con l'utilizzo del mezzo mobile rispecchiano quelle osservate in siti di valle della Città Metropolitana di Torino. Le soglie di allarme non sono mai state superate per gli inquinanti per i quali la normativa prevede tale tipo di limite (biossido di azoto e ozono); sono inoltre rispettati i valori limite per la protezione della salute umana per biossido di zolfo e monossido di carbonio.

Per il biossido d'azoto non si sono verificati superamenti del valore limite giornaliero; le elaborazioni statistiche, in entrambe le campagne, hanno evidenziato una situazione molto simile a quella di Baldissero, stazione di fondo rurale con concentrazioni inferiori alle altre stazioni della CMT.

Per quanto riguarda i limiti su base annuale previsti dalla normativa per NO₂ e PM₁₀, visto che la durata del monitoraggio con il laboratorio mobile nel comune di Villar Focchiardo non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con il limite stesso. È stato comunque stimato un valore medio annuale sulla base dei valori registrati dalle centraline della rete fissa di monitoraggio ARPA nel 2019. Da tale procedimento, la media annuale di NO₂ stimata per Villar Focchiardo è pari a 16 µg/m³, valore che rispetta ampiamente il limite (40 µg/m³).

Lo stesso procedimento di stima del valore annuale è stato utilizzato per il parametro PM₁₀ a partire dai dati delle due campagne, ottenendo una media annuale stimata di 23 µg/m³ e quindi inferiore al valore limite (40 µg/m³).

Durante il monitoraggio di dicembre/gennaio, per il PM₁₀ si sono verificati 2 superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m³, mentre nella seconda campagna non si sono avuti superamenti.

Per quanto riguarda al numero di superamenti nel corso dell'anno non è possibile effettuare stime che abbiano un'approssimazione statistica accettabile, come nel caso dei valori medi; vengono pertanto considerati per analogia le stazioni della rete fissa che, durante il periodo delle campagne, hanno registrato un numero di superamenti uguali o molto vicini. Nel caso in oggetto la stazione più simile come numero di superamenti del livello giornaliero risulta Ivrea (1 superamento), che nel corso del 2019 ha registrato 29 superamenti, al di sotto del limite di 35 stabilito dalla legge; anche la stima della concentrazione annuale di Villar Focchiardo (23 µg/m³) risulta vicina a quella di Ivrea per il 2019 (24 µg/m³). È dunque presumibile che, se si fosse effettuato un monitoraggio esteso all'intero anno, anche nel sito di Villar Focchiardo non ci sarebbe stato il superamento del limite preso in esame. Ciò è confermato anche dalla correlazione statistica per il PM₁₀ tra media annuale e numero di giorni di superamento del valore limite giornaliero, la quale evidenzia che sul territorio piemontese il valore limite giornaliero viene rispettato per valori di media annuale inferiori a 24,7 µg/m³ (si veda la nota 2).

I profili del periodo della prima campagna (Figura 27), quando sia il contributo degli impianti termici che le condizioni atmosferiche favorevoli all'accumulo del particolato in atmosfera ne determinano livelli di concentrazione più elevati, hanno mostrato concentrazioni generalmente inferiori a quelle di Borgaro (stazione di fondo suburbano), e Torino-Consolata (traffico urbano), mentre risultano superiori a quelle di Susa (fondo suburbano).

Il parametro PM_{2.5} segue, come andamento temporale e valori medi di concentrazione giornaliera, il PM₁₀ (vedi Figura 29). Dai profili delle concentrazioni rilevate durante i monitoraggi (Figura 30), si può notare che, in termini relativi, i valori di PM_{2.5} nel sito di Villar Focchiardo sono risultati mediamente più bassi, ad eccezione di qualche giornata, rispetto alle stazioni di confronto (Borgaro, Chieri e Torino-Lingotto).

La normativa italiana prevede per il PM_{2.5} solamente il rispetto di un limite annuale, pari a 25 µg/m³. La stima della concentrazione media annuale per Villar Focchiardo, riferita al 2019 ed ottenuta utilizzando la metodologia impiegata per stimare le medie annuali del biossido di azoto e PM₁₀, è risultata di 19 µg/m³.

Le stime della media annuale di benzene è pari a 0.9 µg/m³, valore inferiore al limite di 5 µg/m³.

L'ozono, a differenza degli altri inquinanti, presenta i valori più elevati nel periodo caldo dell'anno. Durante la campagna di monitoraggio di giugno-luglio 2021 si sono verificati 16 superamenti del livello di protezione della salute ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ calcolato come massimo giornaliero della media trascinata sulle 8 ore). Nel corso della prima campagna non si sono registrati superamenti.

Per quanto riguarda il livello di protezione della salute su medie di 8 ore ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$), la norma consente al massimo 25 giorni di superamento per anno civile come media di 3 anni. Durante la seconda campagna, sia la media del periodo che i profili delle concentrazioni orarie e del giorno medio (Figure 33, 36 e 37) sono risultati molto simili a quelli di Susa, che nel periodo del monitoraggio ha registrato 15 superamenti. Presso la stazione di Susa il limite di 25 superamenti annuali è stato superato nel 2018, ma non nel 2019 e nel 2020 con una media degli ultimi tre anni considerati di 25. Ad eccezione di Ceresole, tutte le stazioni della rete della CMT hanno superato il numero massimo di 25 consentito dalla norma come media degli ultimi 3 anni (Figure 34 e 35). Si può pertanto presumere che, nel Comune di Villar Focchiardo, tale obiettivo sia molto vicino al superamento come per Susa. L'ozono infatti, data l'origine secondaria, è di fatto un inquinante ubiquitario: nei siti più periferici e remoti sono possibili fenomeni di trasporto e accumulo sia dell'ozono sia dei precursori emessi nelle aree antropizzate.

La formazione e la degradazione dell'ozono coinvolgono un numero notevole di composti e di fenomeni chimico-fisici e interessano aree molto vaste, per cui per la risoluzione di questo problema sono fondamentali le politiche a livello regionale o sovraregionale miranti alla complessiva riduzione dei precursori.

Per quanto riguarda l'indagine di IPA e metalli sul particolato aerodisperso, durante la prima campagna problemi tecnici del laboratorio non hanno consentito una corretta determinazione analitica di questi inquinanti. I valori riscontrati nel corso della seconda campagna sono risultati, come in tutte le stazioni della rete della CMT e come caratteristica del periodo, molto bassi e vicini al limite di rilevabilità e pertanto non significativi ai fini della caratterizzazione del sito. Per ovviare a tali inconvenienti si è provveduto ad effettuare una campagna di monitoraggio del PM_{10} nel mese di ottobre 2021 che verrà ripetuta durante il mese di aprile 2022, mese indicato dall'amministrazione comunale come più sensibile a causa degli abbruciamenti legati all'attività agricola. Queste campagne hanno l'obiettivo di valutare le concentrazioni di IPA e metalli e di procedere ad un'approfondita speciazione del particolato che consenta di determinare con una maggiore approssimazione le fonti di questo inquinante.

Le criticità evidenziate nel territorio di Villar Focchiardo a seguito della campagna di monitoraggio condotta con l'utilizzo del mezzo mobile rispecchiano quelle osservate in siti della Città Metropolitana di Torino caratterizzati da fonti emissive e conformazione territoriale simili.

6 APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI

- **Ossidi di azoto**

TELEDYNE API 200 E

Analizzatore reazione di chemiluminescenza classificato da EPA quale metodo di riferimento per la misura della concentrazione di NO/NO_x.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20000 ppb;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità : 0.5 ppb.

- **Ozono**

THERMO SCIENTIFIC 49i

Analizzatore ad assorbimento ultravioletto classificato da EPA per la misura delle concentrazioni di O₃ nell'aria ambiente.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20 ppm;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità: 0.001 ppm.

- **Monossido di carbonio**

TELEDYNE API 300 E

Analizzatore a filtro a correzione di gas classificato da EPA quale metodo di riferimento per la misura della concentrazione di CO nell'aria ambiente.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 200 ppm;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità: 0.1 ppm.

- **Particolato sospeso PM10 e PM2.5**

TECORA CHARLIE AIR GUARD PM

Campionatore di particolato sospeso PM10; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm in aria ambiente, con testa di prelievo a norma europea .

Analisi gravimetrica su filtri in fibra di vetro di diametro 47 mm.

- **Stazione meteorologica**

LSI LASTEM

Stazione completa per la misura dei seguenti parametri: velocità e direzione vento, temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, irraggiamento solare.

- **Benzene, Toluene, Xileni**

CHROMATOTEC

AIR TOXIC GC 866

Gasromatografo con doppia colonna, rivelatore PID (fotoionizzazione)

- ✓ Campo di misura benzene: 0 ÷ 324 µg/m³;
- ✓ Campo di misura toluene: 0 ÷ 766 µg/m³;
- ✓ Campo di misura xileni : 0 ÷ 442 µg/m³;
- ✓ Campo di misura etilbenzene : 0 ÷ 441 µg/m³;