

# RELAZIONE SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

## PRESSO LA CONURBAZIONE DI

### PORDENONE-PORCIA

- - -

**ANNO 2020**



## Sommario

<b>1. INTRODUZIONE</b> .....	1
<b>2. PROGETTO POR-FESR 2014-2020 "AGENDA URBANA"</b> .....	3
<b>2.1 Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria a Pordenone (via Piave)</b> .....	3
<b>3. PARAMETRI MONITORATI</b> .....	5
<b>3.1 Monossido di carbonio</b> .....	6
<b>3.2 Ossidi di azoto</b> .....	7
<b>3.3 Ozono</b> .....	12
<b>3.4 Materiale particolato</b> .....	16
<b>4. CONCLUSIONI</b> .....	19
<b>5. BIBLIOGRAFIA</b> .....	21

## Indice delle figure

Figura 1: Attuale zonizzazione della regione Friuli Venezia Giulia.....	1
Figura 2: Collocazione geografica dell'area del pordenonese. Nella mappa con dettaglio maggiore vengono riportati i Comuni inclusi nel progetto POR-FESR 2014-2020 (punti bianchi) e i Comuni in cui sono dislocate le stazioni fisse di Arpa FVG (punti azzurri).....	4
Figura 3: Collocazione geografica dell'area monitorata nel 2020 con dettaglio sui punti di prelievo della conurbazione di Pordenone-Porcia. ....	4
Figura 4: Ossidi di azoto – concentrazioni orarie di NO <sub>x</sub> , NO ed NO <sub>2</sub> rilevate nei tre siti durante il 2020.....	9
Figura 5: NO <sub>2</sub> – concentrazioni medie annue, medie e massime mensili rilevate nei tre siti durante il 2020; cfr con riferimenti di legge. ....	10
Figura 6: NO <sub>2</sub> - settimana tipo delle concentrazioni rilevate nel 2020 nei tre siti indagati. ....	11
Figura 7: NO <sub>2</sub> - giorno tipo delle concentrazioni rilevate nel 2020 nei tre siti indagati. Le ore mancanti sono state invalidate in quanto la strumentazione di cabina effettua dei controlli notturni automatici.....	11
Figura 8: Ozono – concentrazioni orarie nei due siti nel corso del 2020. ....	13
Figura 9: Ozono – medie trascinate sulle 8 ore nei due siti nel corso del 2020.....	14
Figura 10: Ozono – andamento delle medie mensili nel 2020 presso le stazioni di Pordenone (via Piave) e Porcia (via Correr).....	15
Figura 11: Ozono – settimana tipo nel 2020 presso le stazioni di Pordenone (via Piave) e Porcia (via Correr). ....	15
Figura 12: Ozono – giorno tipo nel 2020 presso le stazioni di Pordenone (via Piave) e Porcia (via Correr).....	15
Figura 13: PM <sub>10</sub> - concentrazioni medie giornaliere nei tre siti nel 2020.....	17
Figura 14: PM <sub>10</sub> - <i>boxplot</i> realizzati a partire dalle concentrazioni giornaliere registrate nei tre siti nel 2020 e cfr con limite annuo di legge. ....	18
Figura 15: PM <sub>10</sub> - concentrazioni medie mensili nei tre siti nel 2020. ....	18
Figura 16: PM <sub>10</sub> – settimana tipo nel 2020 presso i tre siti indagati.....	18

## Indice delle tabelle

Tabella 1: Macroinquinanti indicati nel D.Lgs. 155/2010 con le relative soglie di legge; parametri monitorati (✓) nei tre siti indagati.....	5
Tabella 2: CO – confronto fra i dati rilevati dal mezzo rilocabile di via Piave a Pordenone e il riferimento normativo. ....	6
Tabella 3: Ossidi di azoto - valori misurati nei tre siti durante il 2020 e confronto con i riferimenti normativi. ....	7
Tabella 4: Ozono - valori misurati nei due siti durante il 2020 e confronto con i riferimenti normativi. ....	12
Tabella 5: Materiale particolato - valori misurati nei tre siti durante il 2020 e confronto con i riferimenti normativi .....	16

## 1. INTRODUZIONE

La valutazione e la gestione della qualità dell'aria ambiente in Italia sono attualmente regolamentate dal D.Lgs. 155/2010, recepimento della Direttiva Europea 2008/50/CE. Questo Decreto dà indicazioni rispetto alla zonizzazione del territorio da monitorare, catalogando i vari siti di monitoraggio in base alla loro collocazione e in base a quali sono i principali impatti che essi subiscono, elenca gli inquinanti da monitorare e i rispettivi limiti di legge e specifica quali devono essere le strategie da adottare per eseguirne il monitoraggio (non solo misurazioni ma anche modelli).

La regione Friuli Venezia Giulia è stata ripartita in tre zone (di montagna, di pianura e triestina) sulla base di aspetti come il carico emissivo, le caratteristiche orografiche, le caratteristiche meteo-climatiche e il grado di urbanizzazione (Figura 1).

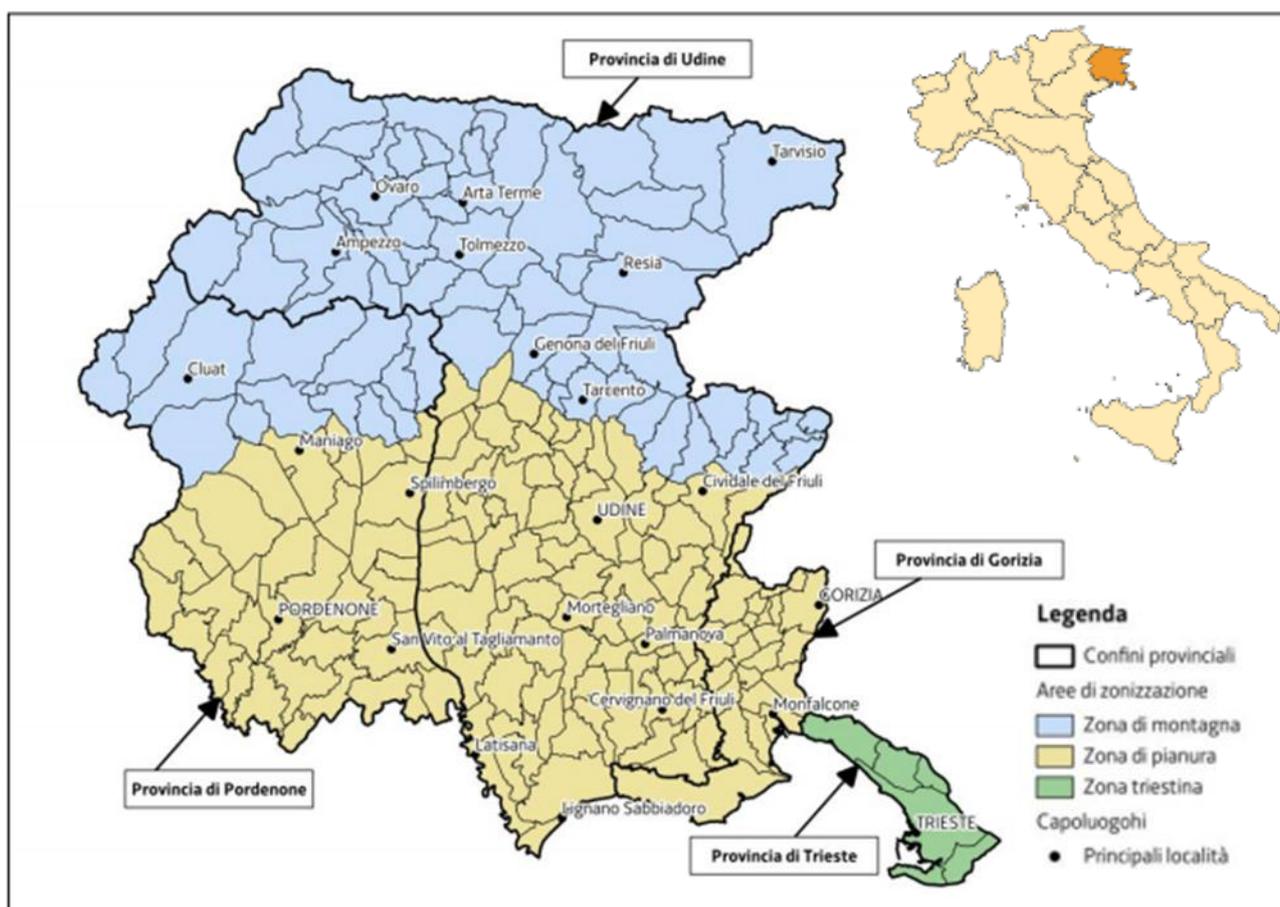


Figura 1: Attuale zonizzazione della regione Friuli Venezia Giulia.

Sull'intero territorio regionale sono dislocate più di trenta stazioni fisse di monitoraggio della qualità dell'aria che costituiscono la Rete Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria (RRQA). Tali stazioni, in base al loro posizionamento, vengono classificate come stazioni urbane, suburbane o rurali. Si definisce urbano un sito inserito in un'area edificata in continuo o almeno in modo predominante (è questo il caso delle città), suburbano è invece un sito inserito in un'area largamente edificata in cui sono presenti sia zone edificate, sia zone non

urbanizzate (è questo il caso della maggior parte delle realtà locali della nostra regione). Tutti gli altri siti sono considerati rurali e si definiscono rurali remoti quelli posti a più di 50 km dalle fonti di emissione.

In base al principale impatto che le diverse stazioni subiscono, esse vengono distinte in industriali, da traffico o di fondo. Le stazioni di maggior interesse ai fini del D.Lgs. 155/2010, quindi ai fini della tutela della salute umana, sono le stazioni di fondo, ovvero quelle stazioni che non sono impattate direttamente da una fonte ben specifica (come il traffico veicolare, il riscaldamento residenziale o specifiche attività industriali) ma dal contributo integrato di tutte le fonti. Esse dunque si prestano a descrivere la qualità dell'aria che mediamente si respira in un dato contesto territoriale.

Il D.Lgs. 155/2010 fa un elenco ben preciso di quelli che sono i parametri da monitorare ai fini della tutela della salute umana e degli ecosistemi. Gli inquinanti attualmente normati si distinguono in due famiglie: quella dei macroinquinanti, fra cui si annoverano il materiale particolato ( $PM_{10}$  e  $PM_{2,5}$ ), il biossido di azoto ( $NO_2$ ), l'ozono ( $O_3$ ), il monossido di carbonio (CO), il biossido di zolfo ( $SO_2$ ) e il benzene ( $C_6H_6$ ), e quella dei microinquinanti, fra cui compaiono gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (dei quali IPA il solo normato risulta essere il benzo(a)pirene) e alcuni metalli pesanti (Cadmio Cd, Nichel Ni, Arsenico As, piombo Pb).

Non tutti i siti di monitoraggio misurano tutti i parametri sopraelencati; questi ultimi vengono indagati in base alle reali esigenze del territorio nel rispetto dei canoni di efficienza, efficacia ed economicità propugnati dalla normativa stessa.

Il Decreto indica per tali sostanze i "valori limite" e i "valori obiettivo". I primi, nello specifico, sono delle soglie che non debbono essere superate per alcun motivo onde tutelare la salute pubblica; i secondi, invece, sono delle soglie che si deve cercare di raggiungere, ma solo se è possibile in base alle attuali tecnologie e conoscenze. I valori obiettivo, pertanto, sono delle soglie di fatto meno vincolanti per gli amministratori locali, dato che il loro mancato rispetto non comporta delle particolari responsabilità qualora siano state messe in campo le tecnologie e conoscenze disponibili per rispettarli.

Qualora per taluni inquinanti venga superato il limite di legge (o se ne preveda il superamento tramite appositi modelli matematici) l'ente preposto al controllo, ovvero ARPA, informa gli enti locali i quali procedono a loro volta ad informare la popolazione e/o attuare i piani di azione comunali la cui funzione è quella di agire sul contenimento delle fonti emissive (es. blocco del traffico in ambito urbano).

Non da ultimo, i dati relativi alla qualità dell'aria vengono annualmente trasmessi all'UE e, in caso di reiterati superamenti dei limiti, uno Stato membro può anche essere sottoposto a regime sanzionatorio.

Così come ampiamente descritto nella "Relazione sulla qualità dell'aria nella Regione Friuli Venezia Giulia" del 2020 [1], la nostra regione è caratterizzata nel complesso da una buona qualità dell'aria. Alcuni parametri come CO ed  $SO_2$  presentano oggi concentrazioni ambientali così esigue che ne è stato interrotto il monitoraggio presso la maggior parte delle stazioni. L'emissione di tali sostanze si è drasticamente ridotta negli ultimi decenni con l'introduzione delle marmitte catalitiche e il bando di combustibili fossili ad alto tenore di zolfo. Anche per  $NO_2$  e benzene, entrambi legati al traffico veicolare e al riscaldamento residenziale, non emergono criticità. Le concentrazioni di  $PM_{10}$  e  $PM_{2,5}$  sono sotto controllo su quasi tutta la regione ma tendono ad aumentare risultando più problematiche spostandosi verso la parte sud-occidentale della regione in prossimità del confine con il Veneto. Le concentrazioni di ozono nel periodo estivo presentano delle criticità su tutta la regione fatta salva la zona montana. Riguardo ai microinquinanti, se per i metalli non sussistono criticità, per gli IPA si osservano su tutta la zona di pianura valori non trascurabili; questi composti derivano soprattutto dalla combustione delle biomasse, quindi da una fonte che è diffusa su tutto il territorio, e raggiungono valori prossimi al limite in quelle zone dove la densità abitativa, l'orografia e le condizioni meteo-climatiche lo consentono.

## 2. PROGETTO POR-FESR 2014-2020 "AGENDA URBANA"

Nell'ambito del Programma Operativo Regionale - Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (POR-FESR) 2014-2020 la Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia ha coinvolto e delegato i Comuni di Gorizia, Pordenone, Trieste e Udine per la gestione e il controllo delle Azioni finanziate nell'Asse IV - Sviluppo Urbano (art. 7 del Reg. (UE) 1301/2013). Il progetto sviluppato dal Comune di Pordenone (approvato e finanziato con Deliberazione della Giunta Regionale del Friuli Venezia Giulia n. 1288 del 7 luglio 2017) è in corso di realizzazione al fine di perseguire alcuni degli obiettivi di sviluppo urbano sostenibile per il miglioramento della qualità della vita (delibera della Giunta comunale n.43 del 18 marzo 2016). Gli interventi attuativi del progetto sono volti alla riduzione del traffico automobilistico (creazione di piste ciclabili e isole ambientali) e allo sviluppo di servizi di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico (con conseguente informazione e sensibilizzazione della cittadinanza rispetto al tema della mobilità sostenibile). Riguardo a quest'ultimo punto, è stata stipulata una convenzione fra il Comune di Pordenone ed Arpa FVG alla quale è stata affidata la gestione e manutenzione della stazione rilocabile di rilevamento della qualità dell'aria di proprietà dell'Ente, sia che il mezzo mobile sia localizzato presso siti del territorio del Comune di Pordenone sia presso altri siti del pordenonese aderenti al PAC condiviso.

La "convenzione per il comodato della stazione mobile di rilevamento della qualità dell'aria" all'allegato 2 indica tutti i siti prescelti per il monitoraggio e le relative tempistiche eventualmente modificabili in base alle esigenze contingenti: via Piave in Comune di Pordenone (gennaio-dicembre 2020), Porcia (gennaio-giugno 2021), Fiume Veneto (luglio-dicembre 2021), Azzano Decimo (gennaio-giugno 2022), Cordenons (luglio-dicembre 2022), Zoppola (gennaio-giugno 2023), San Quirino (luglio-dicembre 2023), Pasiano di Pordenone (gennaio-giugno 2024), Roveredo in Piano (luglio-dicembre 2024) e Prata di Pordenone (gennaio-giugno 2025).

I punti individuati nell'ambito del POR-FESR 2014-2020 costituiscono una rete di monitoraggio della qualità dell'aria che si compenetra con quella di Arpa-FVG (Figura 2) che, in provincia di Pordenone, consta di cinque stazioni fisse collocate presso Pordenone - viale Marconi (stazione da traffico urbana), Porcia - via Correr (stazione di fondo suburbano), Sacile - via ponte Lacchin (stazione da traffico urbana), Brugnera - via Villa Varda (stazione di fondo suburbano) e Morsano al Tagliamento - via Dietro Chiesa (stazione di fondo suburbano).

Il mezzo rilocabile è allestito per monitorare vari parametri di qualità dell'aria fra cui polveri sottili (PM<sub>10</sub>), ozono, ossido di carbonio ed ossidi di azoto. I dati rilevati dal mezzo vengono di volta in volta confrontati con quelli raccolti dalle limitrofe stazioni fisse di Arpa FVG.

### 2.1 Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria a Pordenone (via Piave)

Nell'ambito della convenzione i monitoraggi sono iniziati nel mese di aprile 2019 nella zona di via Piave in prossimità della scuola primaria Beato Odorico. In questa zona, inoltre, fra novembre e dicembre 2020, è stata effettuata un'opera di riqualificazione viaria con la costruzione di una pista ciclabile.

Nella presente relazione sono considerati solo i dati da inizio gennaio 2020 a fine dicembre 2020 in modo da poter riferire ad un anno solare completo al fine di poter calcolare gli indicatori stabiliti per la qualità dell'aria così come previsto dalla vigente normativa (D.lgs 155/2010 e smi).

I dati rilevati dal mezzo rilocabile sono stati messi a confronti con i dati misurati dalle stazioni fisse di Pordenone - viale Marconi e Porcia - via Correr (Figura 3). Si segnala che a dicembre la stazione di viale Marconi è rimasta spenta per diversi giorni a causa di un guasto nella linea elettrica dovuto a dei lavori stradali effettuati nelle immediate vicinanze.

Si rammenta infine l'evento del *lockdown* di marzo-aprile 2020 che ha avuto degli impatti in particolar modo sul traffico veicolare e sugli inquinanti ad esso strettamente correlati.



Figura 2: Collocazione geografica dell'area del pordenonese. Nella mappa con dettaglio maggiore vengono riportati i Comuni inclusi nel progetto POR-FESR 2014-2020 (punti bianchi) e i Comuni in cui sono dislocate le stazioni fisse di Arpa FVG (punti azzurri).

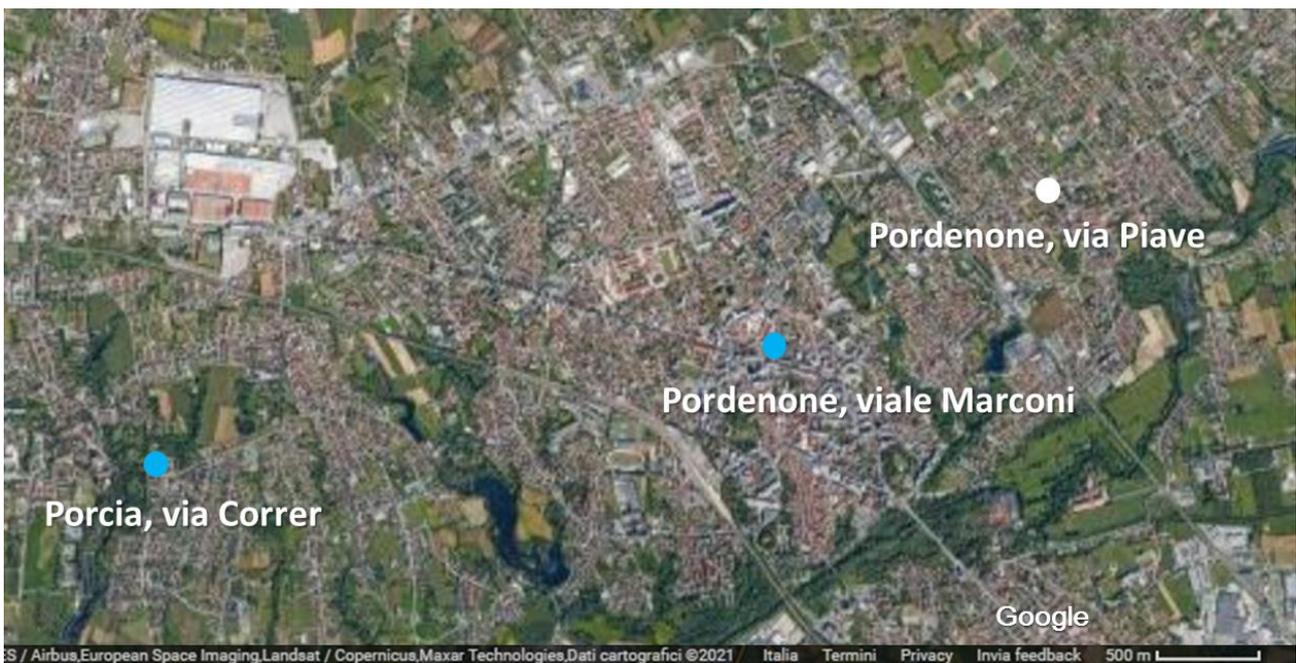


Figura 3: Collocazione geografica dell'area monitorata nel 2020 con dettaglio sui punti di prelievo della conurbazione di Pordenone-Porcia.

### 3. PARAMETRI MONITORATI

In Tabella 1 vengono riportati i parametri indicati dal D.Lgs. 155/2010 e le rispettive soglie di legge. Inoltre vengono indicati quali fra essi sono monitorati in continuo nei tre siti indagati. Nei prossimi paragrafi verranno illustrati gli andamenti delle concentrazioni rilevate nella conurbazione Pordenone-Porcia durante il 2020 per i parametri normati CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>.

Tabella 1: Macroinquinanti indicati nel D.Lgs. 155/2010 con le relative soglie di legge; parametri monitorati (✓) nei tre siti indagati. MRC = mezzo rilocabile del Comune di Pordenone (via Piave); PNC = Pordenone Centro (via Marconi); POR = Porcia (via Correr).

Parametro (DLgs 155/2010)	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di riferimento	Siti indagati		
				MRC	PNC	POR
<b>CO</b>	Valore limite	Come massima media mobile giornaliera su 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>	✓		
<b>NO<sub>2</sub></b>	Valore limite orario per la protezione della salute umana	Media oraria da non superare più di 18 volte per anno civile	200 µg/m <sup>3</sup>			
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Media annua	40 µg/m <sup>3</sup>	✓	✓	✓
	soglia di allarme	Misura su 3 ore consecutive	400 µg/m <sup>3</sup>			
<b>NO<sub>x</sub></b>	Livello critico per la protezione della vegetazione	Media annua	30 µg/m <sup>3</sup>	✓	✓	✓
<b>NO</b>	---	---	---	✓	✓	✓
<b>Ozono</b>	Soglia di informazione	Media oraria	180 µg/m <sup>3</sup>			
	Soglia di allarme	Media oraria	240 µg/m <sup>3</sup>			
	Valore bersaglio	Come massima media giornaliera su 8 ore da non superare più di 25 giorni per anno civile	120 µg/m <sup>3</sup>	✓		✓
<b>SO<sub>2</sub></b>	Valore limite	Come media giornaliera da non superare più di 3 volte per anno civile	125 µg/m <sup>3</sup>			
	Valore limite	Come media oraria da non superare più di 24 volte per anno civile	350 µg/m <sup>3</sup>			
	Soglia di allarme	Misurati su tre ore consecutive su tutto il territorio comunale	500 µg/m <sup>3</sup>			
<b>Benzene</b>	Valore limite	Come media annua	5 µg/m <sup>3</sup>			
<b>PM<sub>10</sub></b>	Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	Media giornaliera da non superare più di 35 volte per anno civile	50 µg/m <sup>3</sup>	✓	✓	✓
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	40 µg/m <sup>3</sup>			
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	25 µg/m <sup>3</sup>		✓	

### 3.1 Monossido di carbonio

Il monossido di carbonio (CO) è un gas tossico, incolore, inodore e insapore che viene prodotto ogni volta che una sostanza contenente carbonio brucia in maniera incompleta. È definito inquinante primario in quanto la sua presenza origina direttamente da processi di combustione. In ambito urbano la sorgente principale è rappresentata dal traffico veicolare; il principale apporto di questo gas (fino al 90% della produzione complessiva) è determinato dagli scarichi dei veicoli a benzina in condizioni tipiche di traffico urbano rallentato (motore al minimo, fasi di decelerazione, ecc.) mentre i motori Diesel ne emettono quantità minime in quanto la combustione del gasolio avviene in eccesso di aria. Scarso è anche il contributo delle emissioni delle centrali termoelettriche, degli impianti di riscaldamento domestico e degli inceneritori di rifiuti, dove la combustione avviene in condizioni migliori con formazione di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>).

Mentre gli effetti sull'ambiente sono da ritenersi sostanzialmente trascurabili, relativamente agli aspetti igienico-sanitari è da rimarcare la sua elevata affinità (circa 240 volte superiore a quella per l'ossigeno) verso l'emoglobina con formazione di un complesso estremamente stabile (carbossi-emoglobina). Considerando che l'emoglobina è la molecola organica deputata nell'uomo al trasporto dell'ossigeno ai vari organi e tessuti, è evidente come, in presenza di elevate concentrazioni ambientali di CO, alcune fasce di popolazione (neonati, cardiopatici, asmatici e più in generale le persone anziane) possano incorrere in alterazioni delle funzioni polmonari, cardiache e nervose. Nei decenni passati questo inquinante era largamente diffuso in ambito urbano e rappresentava effettivamente un problema sanitario che è stato arginato in maniera estremamente efficace con l'implementazione della marmitta catalitica negli autoveicoli. Il monossido di carbonio oggi non è più un inquinante prioritario rispetto alla qualità dell'aria tanto che nella maggior parte delle stazioni della RRQA non viene più monitorato [1]. Un misuratore in continuo di CO è installato sul mezzo rilocabile del Comune di Pordenone; i dati registrati con frequenza oraria nel corso del 2020 presso via Piave, come atteso, sono risultati di un ordine di grandezza al di sotto dei limiti di legge (Tabella 2).

Tabella 2: CO – confronto fra i dati rilevati dal mezzo rilocabile di via Piave a Pordenone e il riferimento normativo.  
 MRC = mezzo rilocabile del Comune di Pordenone (via Piave); PNC = Pordenone Centro (viale Marconi); POR = Porcia (via Correr).

Parametro (DLgs 155/2010)	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di riferimento	Misure (mg/m <sup>3</sup> )		
				MRC	PNC	POR
CO	Valore limite	Come massima media mobile giornaliera su 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>	2	---	---

### 3.2 Ossidi di azoto

Fra i diversi ossidi che l'azoto può formare, per quanto attiene alle problematiche dell'inquinamento atmosferico si considerano solamente il monossido (NO), il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) e la somma di questi due composti (NO<sub>x</sub>); questi ossidi si formano per reazione ad alta temperatura fra l'azoto e l'ossigeno che sono i principali costituenti dell'aria atmosferica (azoto circa 78% e ossigeno circa 21%) e di conseguenza, per quanto riguarda il contributo antropico, si possono individuare come principali sorgenti tutti i processi di combustione (motori a scoppio, impianti termici civili e industriali, alcuni processi produttivi che necessitano di elevate temperature).

I gas prodotti dalla combustione contengono soprattutto monossido di azoto, che allo scarico non si decompone di nuovo ad ossigeno ed azoto a causa del brusco raffreddamento; in atmosfera, grazie a successivi processi fotochimici, il monossido viene quindi trasformato in biossido di azoto con velocità che dipendono principalmente dall'intensità dell'irraggiamento solare e dalla temperatura.

Gli ossidi di azoto sono gas irritanti per occhi, naso e vie respiratorie ed in particolare l'NO<sub>2</sub> può combinarsi con l'emoglobina del sangue (per formare metaemoglobina) impedendo così il trasporto dell'ossigeno. In considerazione del fatto che la tossicità del biossido di azoto è notevolmente superiore a quella del monossido, la normativa vigente prevede dei limiti per la protezione della salute umana solamente per il biossido di azoto mentre non esistono valori soglia per il monossido di azoto. Infine la norma prevede un valore limite per la protezione della vegetazione e degli ecosistemi naturali che riguarda il parametro NO<sub>x</sub> ma va detto che i punti di misura presenti nell'area studiata non sono conformi alle indicazioni di legge. Infatti, il D. Lgs. 155/2010 (Allegato III, punto 3.2.1) stabilisce che, per essere idoneo a tale scopo, un sito debba essere collocato "... a più di 20 km dalle aree urbane e ad oltre 5 km da altre zone edificate, impianti industriali, autostrade o strade principali ...".

Oltre ad avere effetti negativi sulla salute umana gli ossidi di azoto presenti nell'atmosfera contribuiscono al fenomeno delle piogge acide per trasformazione in acido nitrico; inoltre l'acido nitrico che si forma può salificare a nitrato d'ammonio, composto che rappresenta uno dei principali costituenti del particolato fine secondario.

Strumentalmente questi inquinanti vengono misurati da un unico analizzatore in grado di fornire simultaneamente le concentrazioni orarie di NO, NO<sub>2</sub> ed NO<sub>x</sub>. Questi gas sono a tutt'oggi molto rappresentativi del traffico veicolare, in quanto l'evoluzione tecnologica in ambito motoristico non ha ancora condotto all'azzeramento delle loro emissioni (come invece accaduto per il CO) quindi sono monitorati da buona parte delle stazioni della RRQA anche se va detto che le loro concentrazioni si attestano mediamente a circa la metà dei valori di legge. Ciò vale per l'NO<sub>2</sub> su tutta la regione e non fanno differenza i tre siti qui presi in esame (Tabella 3). Per completezza vengono anche riportate le medie annue di NO (seppur in assenza di un riferimento normativo) e di NO<sub>x</sub> (ancorché questi siti non siano volti al monitoraggio per la protezione della vegetazione).

Tabella 3: Ossidi di azoto - valori misurati nei tre siti durante il 2020 e confronto con i riferimenti normativi.

MRC = mezzo rilocabile del Comune di Pordenone (via Piave); PNC = Pordenone Centro (viale Marconi); POR = Porcia (via Correr).

Parametro (DLgs 155/2010)	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di riferimento	Misure (µg/m <sup>3</sup> )		
				MRC	PNC	POR
<b>NO</b>	---	media annua	---	<b>11</b>	13	13
<b>NO<sub>x</sub></b>	livello critico per la protezione della vegetazione	media annua	30 µg/m <sup>3</sup>	<b>35</b>	44	39
<b>NO<sub>2</sub></b>	valore limite annuale per la protezione della salute umana	media annua	40 µg/m <sup>3</sup>	<b>18</b>	23	20
	valore limite orario per la protezione della salute umana	massima oraria da non superare più di 18 volte per anno civile	<b>max oraria</b> →	<b>106</b>	116	98
			200 µg/m <sup>3</sup>	soglia mai superata		
	soglia di allarme	misura su 3 ore consecutive	400 µg/m <sup>3</sup>	soglia mai superata		

Nella Figura 4 sono riportate le concentrazioni orarie di NO<sub>x</sub>, NO ed NO<sub>2</sub> registrate nel 2020 presso i siti di monitoraggio di viale Marconi e via Piave a Pordenone e di via Correr a Porcia. Si può osservare un andamento fortemente dipendente dalla stagionalità; le maggiori concentrazioni invernali dipendono sia dal sommarsi di più fonti emissive (il contributo del riscaldamento domestico si aggiunge a quello più costante del traffico veicolare), sia dalla maggior probabilità di eventi meteorologici che favoriscono il ristagno delle masse d'aria, sia dal verificarsi, per le basse temperature, della cosiddetta contrazione dello strato di rimescolamento dell'atmosfera adiacente al suolo (chiamato strato limite planetario, in inglese *Planetary Boundary Layer* (PBL) [2]); ciò fa sì che tutti gli inquinanti ivi immessi si disperdano, di fatto, in una massa d'aria inferiore a quella disponibile nel periodo estivo. Si può inoltre notare che nel periodo estivo quasi tutto l'NO è convertito ad NO<sub>2</sub> mentre durante l'inverno la reazione di ossidazione del monossido a biossido risulta molto più lenta a causa delle basse temperature e dello scarso irraggiamento solare.

Nella Figura 5 sono riportate le concentrazioni medie annue, le medie mensili e i massimi mensili di NO<sub>2</sub> registrati nei tre siti durante il 2020. La linea della media mensile è ombreggiata da un'area compresa fra il 25° e il 75° percentile calcolato mensilmente e presenta una barra verticale che indica la massima oraria rilevata mese per mese. Nei rispettivi grafici sono anche riportati i limiti di legge orario (200 µg/m<sup>3</sup>) ed annuo (40 µg/m<sup>3</sup>). Come già anticipato, le concentrazioni misurate si attestano a circa la metà rispetto ai limiti imposti dal D.Lgs 155/2010 (cfr. la barra verticale più alta delle dodici – ovvero la massima oraria del 2020 – rispetto al limite di 200 µg/m<sup>3</sup> e la linea orizzontale tratteggiata – ovvero la media annua del 2020 – rispetto al limite di 40 µg/m<sup>3</sup>). Nel grafico relativo alla stazione di viale Marconi si può osservare un calo anomalo a fine anno determinato dalla mancanza di dati per alcuni giorni di dicembre caratterizzati da alte concentrazioni di inquinanti (cfr. Figura 4).

Osservando con maggior attenzione i tre grafici di Figura 5 si può notare una leggera asimmetria della curva delle medie mensili: il fisiologico calo del periodo primaverile che è solitamente speculare rispetto alla risalita autunnale, nel 2020 è stato anticipato ed accelerato dall'evento del *lockdown* dovuto all'emergenza sanitaria legata alla diffusione di Covid-19. Altre evidenze di questo fenomeno sono riportate in varie pubblicazioni [3] [4].

Il grafico della settimana tipo (Figura 6) e del giorno tipo (Figura 7) mettono meglio in evidenza il maggior impatto del traffico veicolare presso la stazione di viale Marconi. L'andamento che si osserva nel grafico della settimana tipo dimostra chiaramente quanto questo inquinante sia legato all'utilizzo degli automezzi, infatti, si osserva una evidente riduzione delle concentrazioni nel weekend. Anche il grafico del giorno tipo suggerisce lo stesso impatto che si acuisce durante le ore di punta del mattino e del tardo pomeriggio-sera; a tal proposito si sottolinea però che nel periodo diurno si verifica l'aumento dello strato atmosferico più prossimo al terreno (PBL) e quindi gli inquinanti immessi in atmosfera durante il giorno subiscono una maggior diluizione.

In generale non si osservano grosse differenze fra le tre stazioni. Quella che registra i valori più elevati (cfr. massime orarie) è quella più direttamente impattata dal traffico veicolare cioè la stazione di viale Marconi che infatti è classificata come stazione da traffico urbana. Riguardo a via Piave, essa sembra subire un maggiore impatto del traffico nei primi mesi dell'anno mentre poi tali impatti sembrano più contenuti; ciò potrebbe essere connesso agli effetti delle restrizioni legate alla pandemia (didattica a distanza negli istituti scolastici) ovvero alla modificazione del traffico veicolare durante i lavori stradali di novembre e dicembre. Riguardo a Porcia, qui i dati sono confrontabili a quelli di via Piave anche se nel periodo estivo le medie sono leggermente più alte e si osservano valori tendenti a quelli di viale Marconi nelle ore preserali quasi ad indicare un impatto del traffico diverso da quello strettamente urbano.

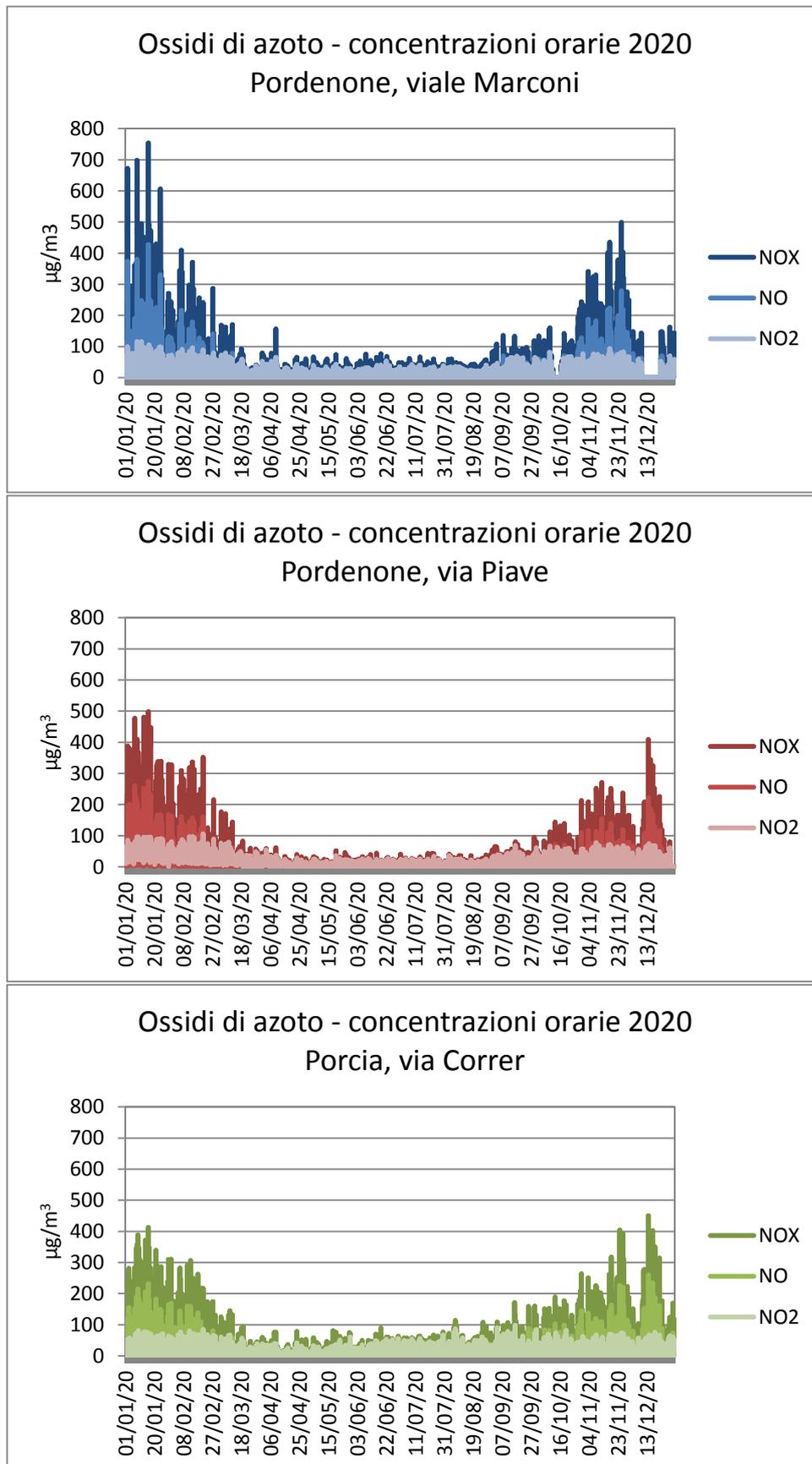


Figura 4: Ossidi di azoto – concentrazioni orarie di NO<sub>x</sub>, NO ed NO<sub>2</sub> rilevate nei tre siti durante il 2020.

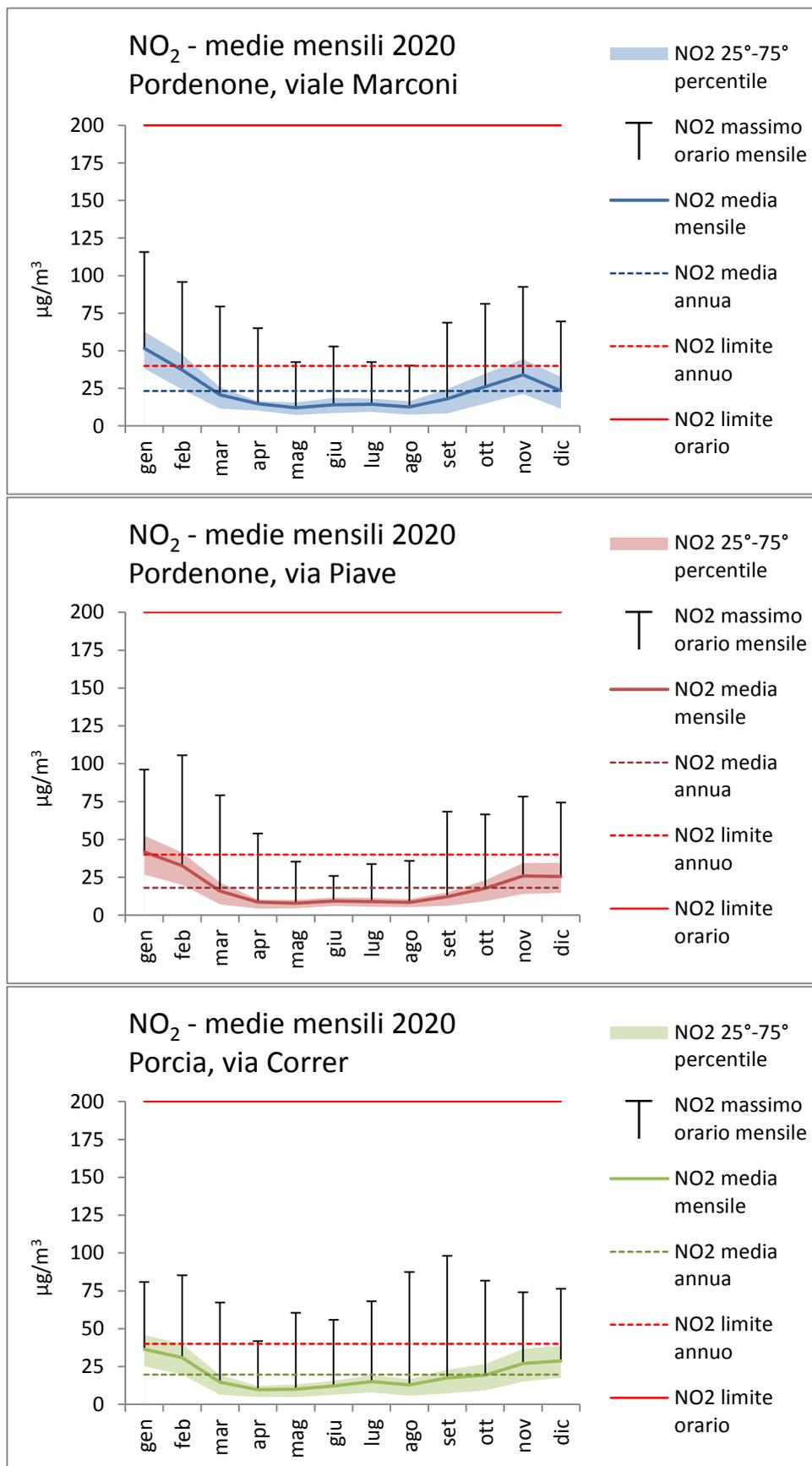


Figura 5: NO<sub>2</sub> – concentrazioni medie annue, medie e massime mensili rilevate nei tre siti durante il 2020; cfr con riferimenti di legge.

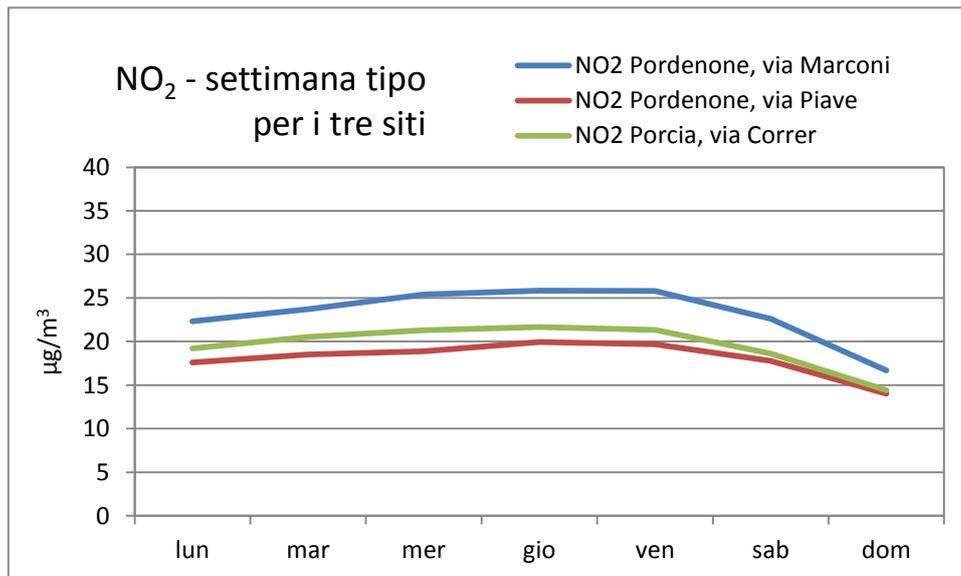


Figura 6: NO<sub>2</sub> - settimana tipo delle concentrazioni rilevate nel 2020 nei tre siti indagati.

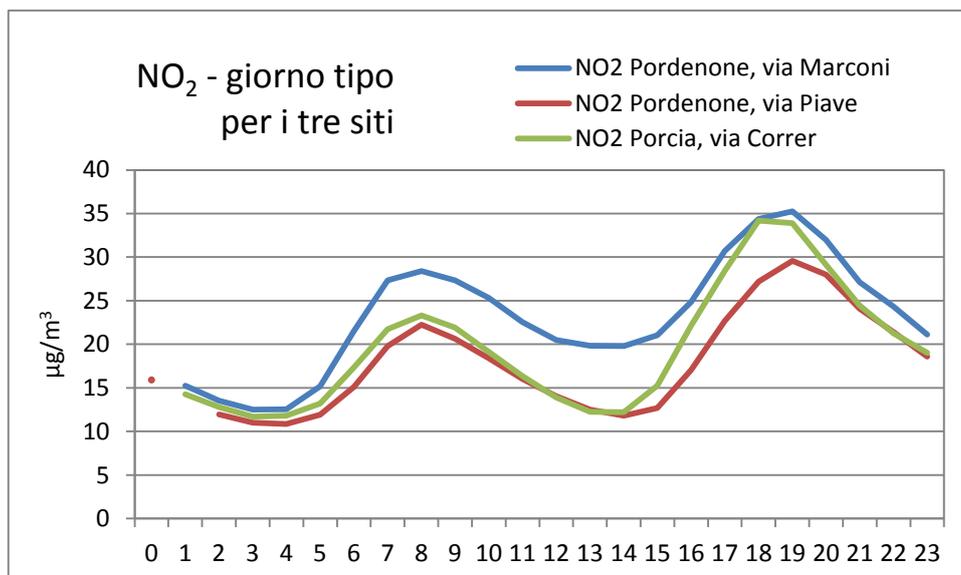


Figura 7: NO<sub>2</sub> - giorno tipo delle concentrazioni rilevate nel 2020 nei tre siti indagati. Le ore mancanti sono state invalidate in quanto la strumentazione di cabina effettua dei controlli notturni automatici.

### 3.3 Ozono

L'ozono a livello del suolo - da non confondere con lo strato di ozono nell'atmosfera superiore - è uno dei principali componenti dello smog fotochimico. E' formato dalla reazione con la luce solare (reazione fotochimica) di inquinanti come gli ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ) nelle emissioni da veicoli e industria e di composti organici volatili (COV) sia di origine antropica (emessi dai veicoli, solventi e l'industria) che di origine naturale (ecosistemi terrestri e marini). I più alti livelli di inquinamento da ozono si verificano durante i periodi di tempo soleggiato. Un'eccessiva quantità di ozono nell'aria può avere un profondo effetto sulla salute umana. Può causare problemi respiratori, asma, ridurre la funzione polmonare e causare malattie polmonari. In Europa è attualmente uno degli inquinanti atmosferici più problematici. Diversi studi europei hanno riferito che la mortalità giornaliera aumenta dello 0,3% e quella per malattie di cuore dello 0,4%, per l'aumento di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dell'esposizione all'ozono. Per questo motivo la normativa vigente in materia di qualità dell'aria richiede il monitoraggio di tale inquinante. Come si evince dalla Tabella 4 esistono diversi limiti previsti dal D.Lgs. 155/2010. Se si verificano o si prevedono superamenti delle soglie di informazione ed allarme, gli enti pubblici vengono tempestivamente informati per poter a loro volta dare comunicazione alla cittadinanza, invitando quantomeno le fasce della popolazione più a rischio a rimanere in casa. Il valore bersaglio è invece il livello fissato al fine di evitare a lungo termine effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente nel suo complesso, da conseguirsi per quanto possibile entro un dato periodo di tempo.

Nell'area in esame durante il 2020 questo parametro è stato monitorato dal mezzo rilocabile del comune di Pordenone e dalla stazione di Porcia ma non da quella di viale Marconi; le stazioni da traffico, infatti, non si prestano alla determinazione di ozono in quanto fornirebbero un dato sottostimato visto che il monossido di azoto (NO), non appena emesso dagli automezzi, reagisce con l'ozono presente ( $\text{O}_3$ ) per formare biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ) ed ossigeno biatomico ( $\text{O}_2$ ).

Tabella 4: Ozono - valori misurati nei due siti durante il 2020 e confronto con i riferimenti normativi.  
 MRC = mezzo rilocabile del Comune di Pordenone (via Piave); POR = Porcia (via Correr); PNC = Pordenone Centro (viale Marconi).

Parametro (DLgs 155/2010)	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di riferimento	Misure ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
				MRC	POR	PNC
Ozono	Soglia di informazione	massimo dato orario →		178	165	---
		massimo dato orario	$180 \mu\text{g}/\text{m}^3$	mai superata		---
	Soglia di allarme	massimo dato orario	$240 \mu\text{g}/\text{m}^3$	mai superata		---
	Valore bersaglio	massima media giornaliera su 8 ore da non superare più di <b>25 giorni</b> per anno civile	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	<b>N. superamenti</b>		
				37	14	---

Nei grafici di Figura 8 sono riportate le concentrazioni orarie rilevate nei due siti durante il 2020. In questi grafici sono anche riportate le soglie di informazione ed allarme che, come si vede, non sono mai state superate. Confrontando i due grafici si può notare che le concentrazioni maggiori si sono riscontrate presso via Piave a Pordenone, infatti, la concentrazione media annua per questa stazione è risultata pari a  $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (media invernale [1/1-31/3; 1/10-31/12] =  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; media estiva [1/4-30/9] =  $73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) mentre a Porcia la media annua si è attestata a  $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (media invernale =  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; media estiva =  $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Questo scostamento fra i due punti di misura dipende probabilmente dal fatto che la stazione di Porcia subisce un maggior impatto del traffico rispetto al sito di via Piave e ciò accade specialmente nel periodo estivo, ovvero a scuole chiuse. Infatti, le concentrazioni medie di NO (emissione diretta degli scarichi degli automezzi) riscontrate a Porcia sono state

dell'ordine dei  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nei 6 mesi freddi e  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nel periodo estivo; il mezzo mobile collocato in via Piave ha invece registrato una media invernale di NO pari a  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ed una estiva pari a  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

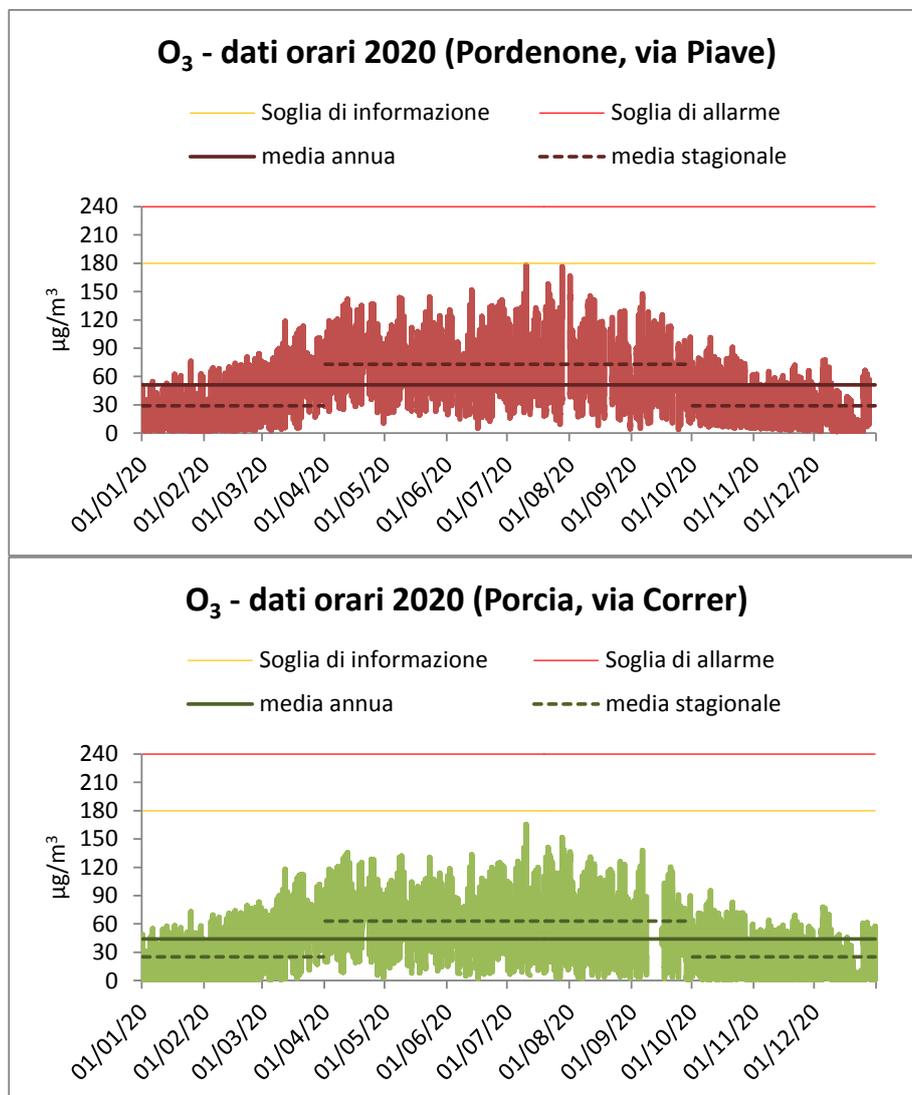


Figura 8: Ozono – concentrazioni orarie nei due siti nel corso del 2020.

In Figura 9 sono riportati i grafici relativi alle medie trascinate su 8 ore per l'ozono rilevato nei due siti durante tutto il 2020; nella fattispecie, per ogni giorno dell'anno sono riportate l'escursione fra valore minimo e massimo e quest'ultimo è evidenziato da una linea più scura. Come si vede, nel periodo aprile-settembre alcuni giorni hanno superato il valore bersaglio che la norma colloca a  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Mentre in via Piave il numero di superamenti ha raggiunto quota 37 (superando abbondantemente la soglia di 25 giorni indicata dalla norma) a Porcia sono stati solo 14 i giorni oltre il limite. Questa sostanziale differenza dipende dal fatto che, per quanto l'andamento nel tempo delle concentrazioni di ozono riguardo ai due siti sia assolutamente sovrapponibile, lo scarto medio di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  fra i due siti nel periodo estivo ha fatto sì che molte più volte il valore bersaglio sia stato superato in via Piave rispetto che a Porcia.

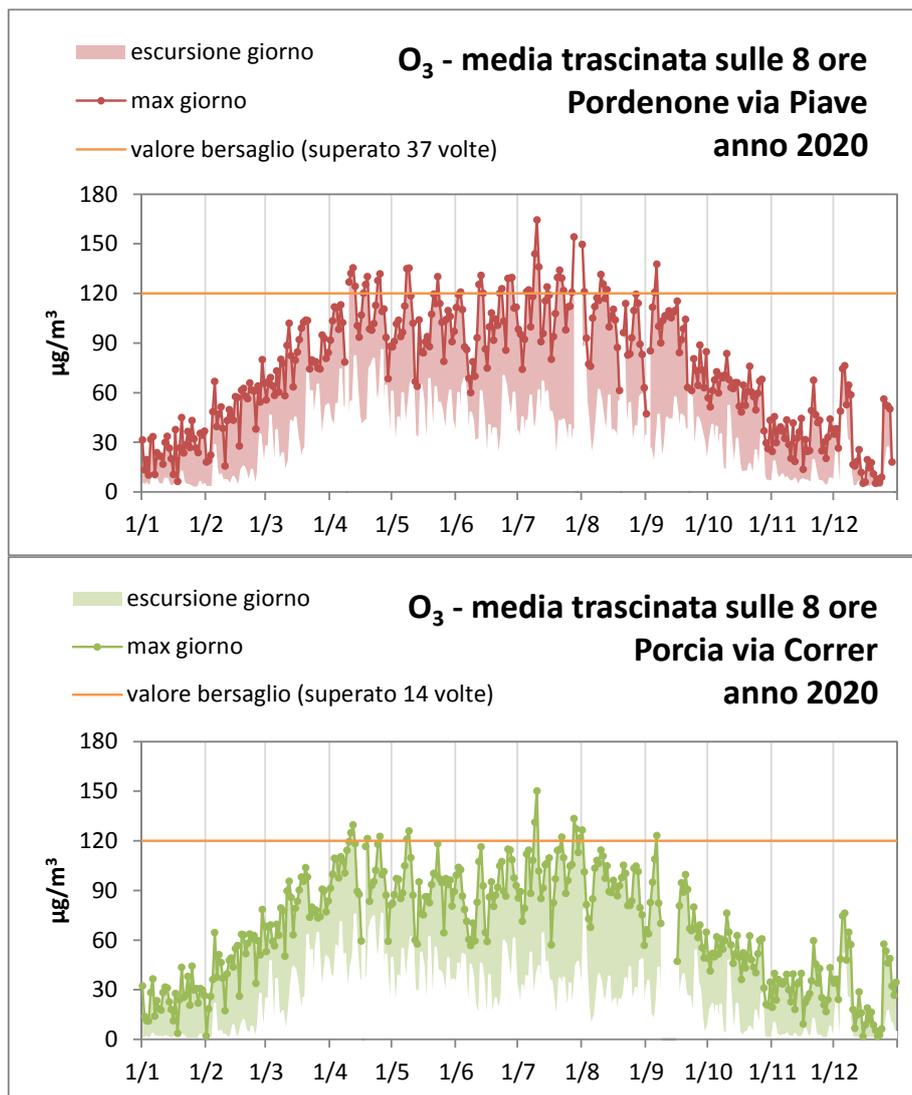


Figura 9: Ozono – medie trascinata sulle 8 ore nei due siti nel corso del 2020.

Di seguito si riporta l'andamento mensile (Figura 10), l'andamento della settimana tipo (Figura 11) e l'andamento del giorno tipo (Figura 12) di ozono per l'anno 2020 nei due siti indagati. Le concentrazioni maggiori si riscontrano nei periodi (dell'anno o della giornata) più soleggiati. Riguardo alla settimana tipo, si osserva un leggero incremento nel weekend e riguardo al giorno tipo si hanno le minori concentrazioni nelle prime ore della giornata, contrariamente a quanto si osserva per gli ossidi di azoto. Come già detto, infatti, un aumento della presenza di NO (emissione diretta degli scarichi degli autoveicoli in particolare durante i giorni feriali e le ore di punta) determina un consumo di O<sub>3</sub>.

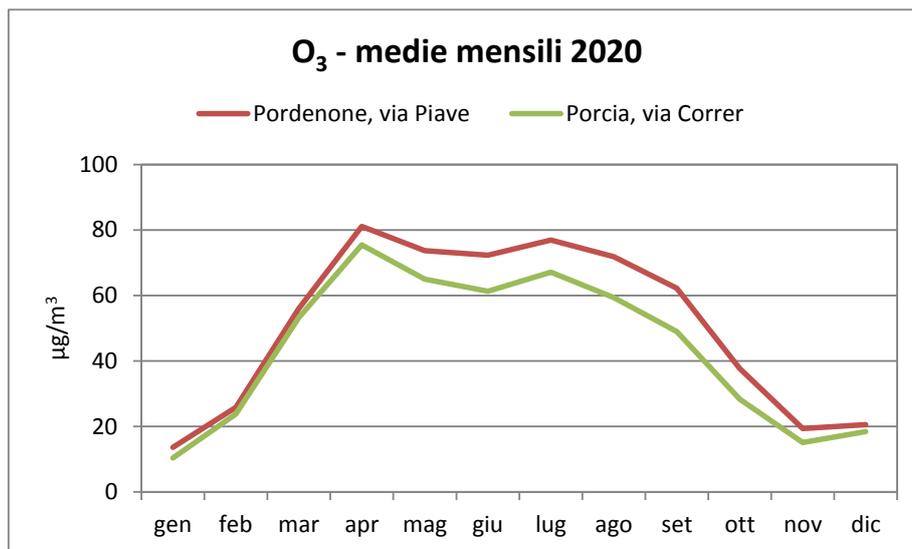


Figura 10: Ozono – andamento delle medie mensili nel 2020 presso le stazioni di Pordenone (via Piave) e Porcia (via Correr).

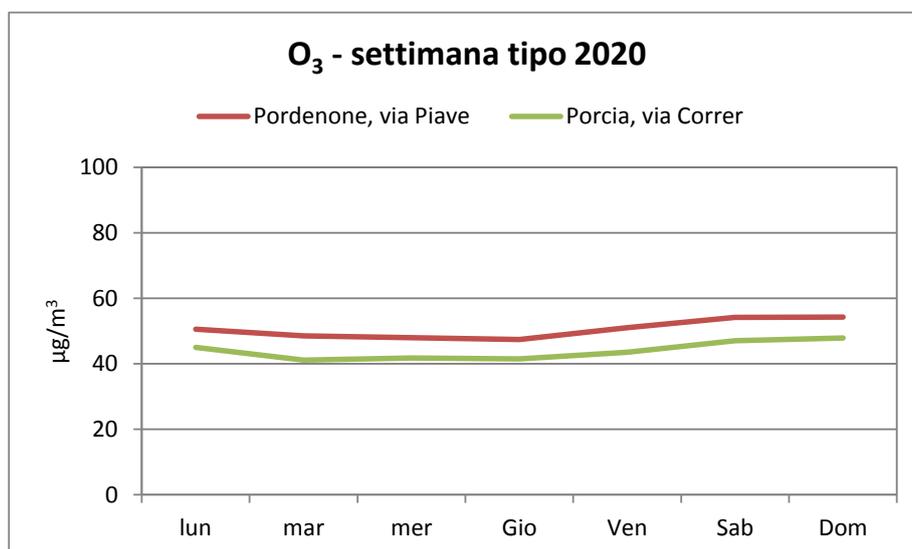


Figura 11: Ozono – settimana tipo nel 2020 presso le stazioni di Pordenone (via Piave) e Porcia (via Correr).

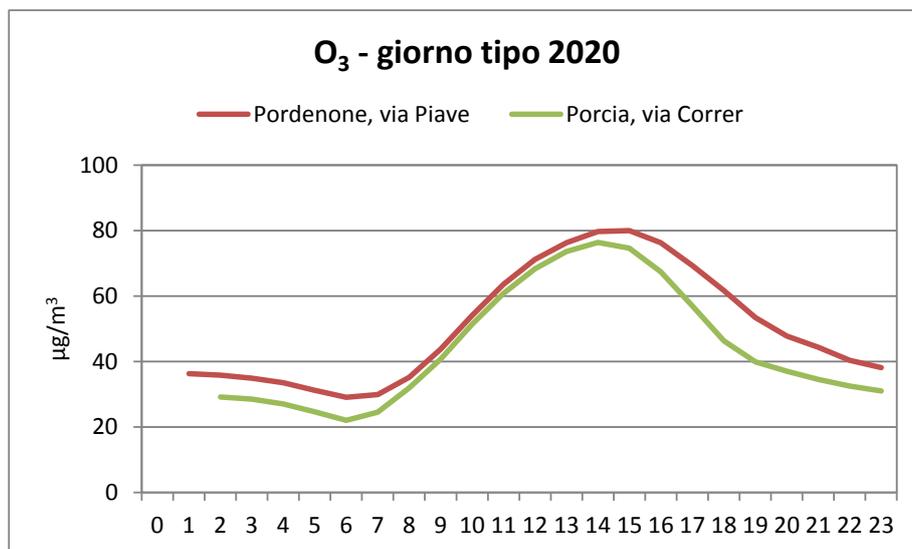


Figura 12: Ozono – giorno tipo nel 2020 presso le stazioni di Pordenone (via Piave) e Porcia (via Correr).

### 3.4 Materiale particolato

Il materiale particolato è rappresentato dalle sostanze solide o liquide in forma di aerosol disperse nell'atmosfera che, a causa delle ridotte dimensioni, hanno un comportamento paragonabile a quello dei gas sia in termini di diffusione che di penetrazione all'interno dell'apparato respiratorio.

Il materiale particolato aerodisperso viene in parte emesso direttamente in atmosfera (ad esempio dal traffico, dal riscaldamento domestico e dalle realtà produttive ma anche da fonti naturali) e in parte si forma in aria (particolato secondario) a seguito di complesse reazioni chimiche fra alcuni precursori (biogenici ed antropogenici). Uno di questi precursori, che richiederà particolare attenzione sia dal punto di vista del monitoraggio che delle politiche di contenimento, è l'ammoniaca, rilasciata in atmosfera in particolare dal settore agricolo e zootecnico. Essa può reagire con gli ossidi di zolfo e di azoto a formare i rispettivi sali d'ammonio.

Il materiale particolato è monitorato sia nella frazione più grossolana (il  $PM_{10}$ , cioè con diametro inferiore ai 10  $\mu m$ ), che nella frazione più fina ( $PM_{2,5}$ , cioè con diametro inferiore ai 2,5  $\mu m$ ). Questo inquinante è stato classificato come cancerogeno del gruppo 1 (certamente cancerogeno per l'uomo) dalla IARC (agenzia internazionale per la ricerca sul cancro) in quanto le piccole particelle che lo costituiscono possono determinare stati infiammatori cronici dei tessuti delle vie respiratorie e conseguenti neoformazioni; la sua tossicità è ulteriormente accentuata qualora nelle polveri vi siano contenuti microinquinanti a loro volta tossici e/o cancerogeni quali idrocarburi policiclici aromatici e metalli pesanti.

Per questo motivo le concentrazioni in aria ambiente del materiale particolato sono attualmente regolamentate dal D.Lgs. 155/2010, il quale fissa i limiti per protezione della salute umana.

In Tabella 5 viene riportato il confronto fra i limiti di legge e i valori riscontrati nel 2020 presso i tre siti indagati dove gli strumenti di misura in dotazione registrano i dati medi sulle 24 ore.

L'unica delle tre stazioni che monitora anche il  $PM_{2,5}$  è quella di viale Marconi a Pordenone dove il dato medio per l'anno 2020 è risultato pari a 18  $\mu g/m^3$ . Questo dato è inferiore sia al limite attualmente in vigore di 25  $\mu g/m^3$  che al limite più restrittivo di 20  $\mu g/m^3$  che sarebbe dovuto entrare in vigore nel 2020 ma ancora non è stato ufficialmente adottato.

Riguardo al  $PM_{10}$  non si osservano criticità in merito alla media annua che in tutti i siti è risultata abbondantemente al di sotto della soglia di 40  $\mu g/m^3$ ; invece per tutti i tre siti nel 2020 è stata superata più di 35 volte la soglia di 50  $\mu g/m^3$  relativa alla media giornaliera. Come evidenziato anche nella relazione del 2020 sulla qualità dell'aria in FVG [1] questa situazione è tipica proprio dell'area sud-occidentale della regione.

Tabella 5: Materiale particolato - valori misurati nei tre siti durante il 2020 e confronto con i riferimenti normativi  
 MRC = mezzo rilocabile del Comune di Pordenone (via Piave); PNC = Pordenone Centro (viale Marconi); POR = Porcia (via Correr).

Parametro (DLgs 155/2010)	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di riferimento	Misure ( $\mu g/m^3$ )		
				MRC	PNC	POR
$PM_{2,5}$	valore limite annuale per la protezione della salute umana	media annuale	25 $\mu g/m^3$	---	18	---
$PM_{10}$	valore limite annuale per la protezione della salute umana	media annuale	40 $\mu g/m^3$	<b>28</b>	26	23
	valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	media giornaliera da non superare più di <b>35 giorni</b> per anno civile	50 $\mu g/m^3$	<b>N. superamenti</b>		
				<b>49</b>	38	36

Nel grafico di Figura 13 si osserva l'andamento delle concentrazioni medie giornaliere nell'anno 2020 presso i tre siti. Come si può osservare, le fluttuazioni sono sincrone a dimostrazione del fatto che la presenza delle polveri

aerodisperse è diffusa e si evolve in maniera omogenea ovvero non si tratta di un fenomeno localizzato. Nello stesso grafico si osservano molti sforamenti al limite giornaliero nei primi due mesi dell'anno e poi a fine marzo si osserva un picco molto intenso legato all'arrivo di polveri desertiche provenienti dal Caucaso che ha interessato diverse regioni italiane. Da aprile a settembre si riscontrano concentrazioni sempre inferiori ai  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per poi osservare nuovamente degli sforamenti nell'ultimo trimestre dell'anno. I picchi massimi registrati fra ottobre e marzo si verificano in genere a causa delle più rigide temperature che implicano l'uso del riscaldamento domestico e l'abbassamento dello strato di rimescolamento dell'aria.

Da notare a fine anno l'assenza dei dati della stazione di viale Marconi proprio durante un periodo caratterizzato da alte concentrazioni di inquinanti. Si osserva inoltre un certo scostamento del profilo relativo al mezzo mobile di via Piave rispetto alle altre due stazioni nell'ultimo bimestre; ciò è dipeso dal fatto che fra novembre e dicembre in quest'area sono state effettuate opere di riqualificazione della viabilità stradale che hanno determinato un ulteriore contributo alle concentrazioni locali delle polveri.

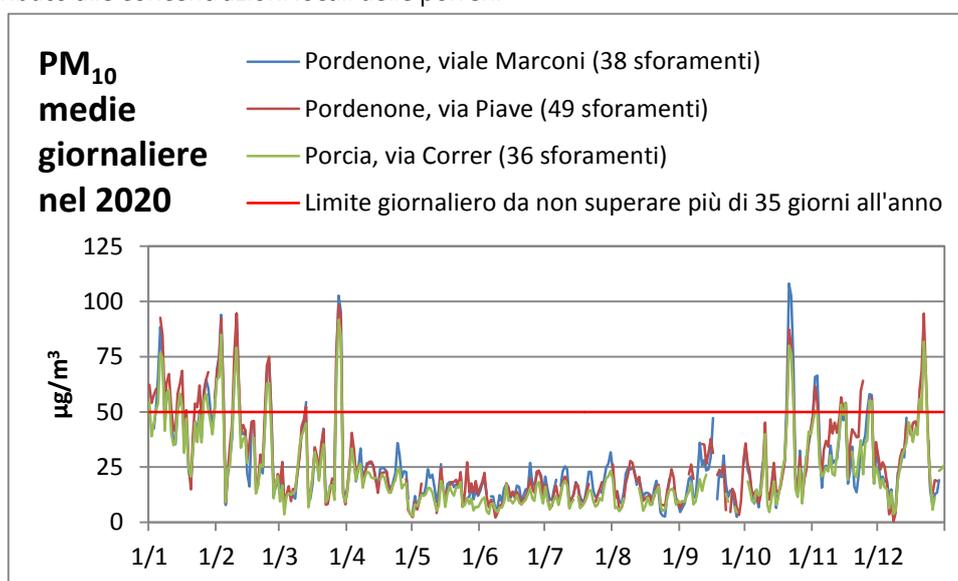


Figura 13: PM<sub>10</sub> - concentrazioni medie giornaliere nei tre siti nel 2020.

Il grafico a *boxplot* di Figura 14 riporta la distribuzione dei dati giornalieri misurati presso i tre siti. I rettangoli contengono il 50% dei dati (dal 25° al 75° percentile) e la linea orizzontale interna ai rettangoli rappresenta la mediana; l'asticella verticale culmina al 90.4° percentile mentre l'asterisco soprastante è il valore massimo registrato nel corso del 2020. La distribuzione meno compatta (cfr. altezza del rettangolo) e shiftata verso le concentrazioni maggiori si osserva presso il punto di misura di via Piave; ciò a causa dei lavori stradali effettuati a fine anno. Si può osservare come il 90.4° percentile presenti valori mediamente doppi rispetto alla media annua mentre i valori massimi registrati ogni anno sono ben più elevati. Questi ultimi infatti sono legati ad eventi rari quali ad esempio condizioni meteorologiche particolarmente favorevoli al ristagno delle masse d'aria e/o alla formazione di aerosol secondario oppure trasporti *long-range* di sabbie desertiche.

Il grafico di Figura 15 riporta gli andamenti delle medie mensili e ben rappresenta la variazione stagionale delle concentrazioni di polveri. Si può inoltre osservare l'impatto dei lavori stradali in via Piave fra novembre e dicembre e la mancanza di parte dei dati di dicembre della stazione di viale Marconi; le medie mensili in questi casi non possono dunque essere considerate rappresentative ancorché vengano riportate nel grafico.

Il grafico di Figura 16 riporta l'andamento della settimana tipo relativamente alle concentrazioni di PM<sub>10i</sub>; non si osservano differenze evidenti fra i giorni feriali e il weekend così come rilevabile per gli ossidi di azoto (Figura 6) a dimostrazione del fatto che le polveri aerodisperse non sono strettamente e prevalentemente legate al traffico veicolare ma dipendono da molteplici fattori per lo più riconducibili a fattori meteorologici ed orografici.

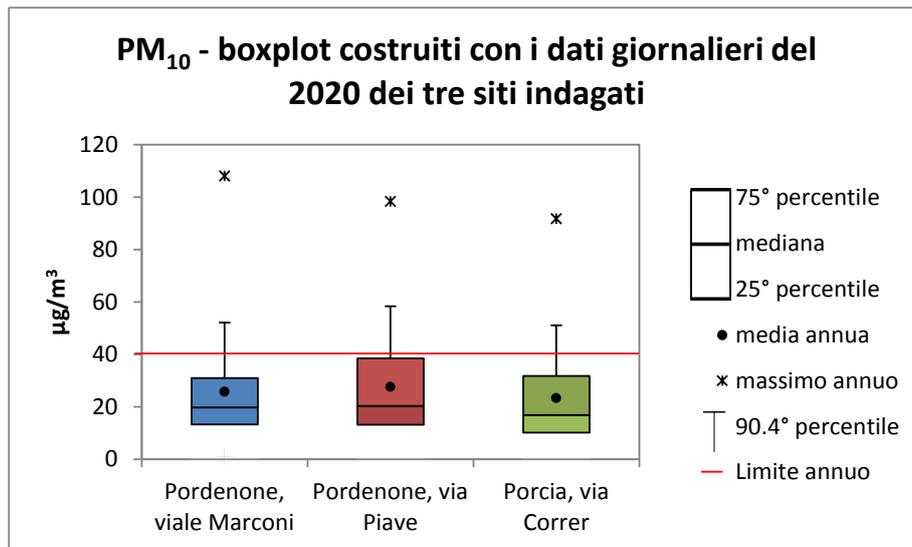


Figura 14: PM<sub>10</sub> - boxplot realizzati a partire dalle concentrazioni giornaliere registrate nei tre siti nel 2020 e cfr con limite annuo di legge.

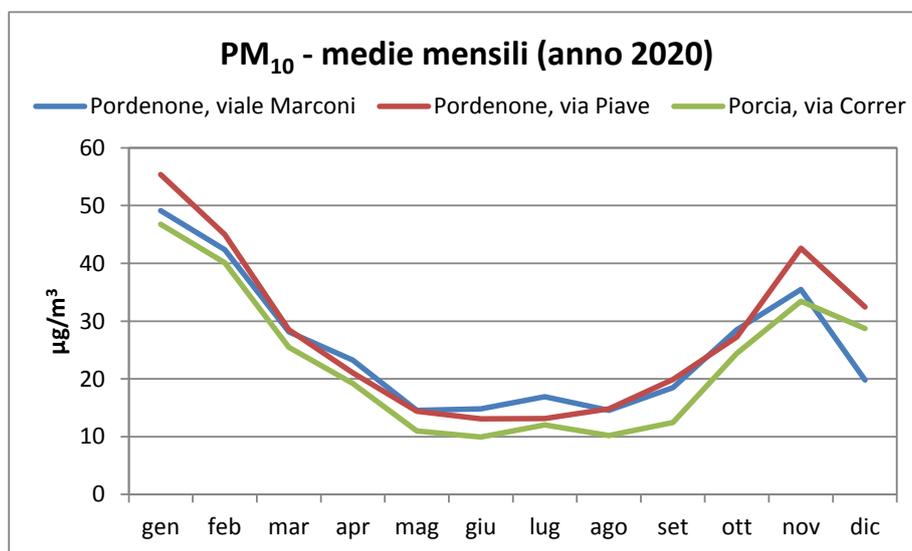


Figura 15: PM<sub>10</sub> - concentrazioni medie mensili nei tre siti nel 2020.

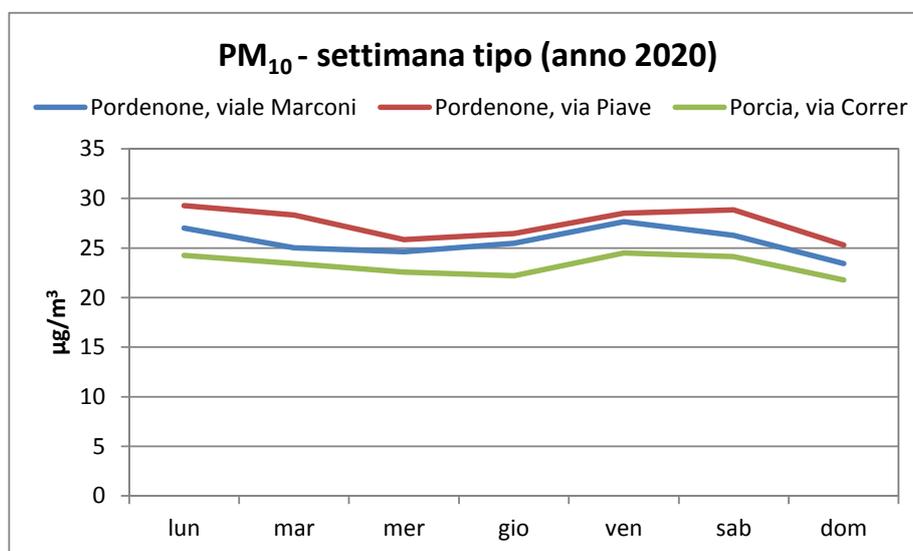


Figura 16: PM<sub>10</sub> - settimana tipo nel 2020 presso i tre siti indagati.

## 4. CONCLUSIONI

Nell'ambito del Programma Operativo Regionale - Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (POR-FESR) 2014-2020 che la Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia ha affidato ai quattro ex-capoluoghi di Provincia, il Comune di Pordenone sta conducendo un programma di riqualificazione ambientale della città con progetti legati al rinnovo del tessuto stradale e potenziamento dei percorsi ciclopeditoni e progetti inerenti al monitoraggio della qualità dell'aria in convenzione con Arpa FVG per il supporto tecnico-ambientale.

La valutazione della qualità dell'aria è stata pianificata per monitorare con cadenza almeno semestrale dieci punti del pordenonese situati nei comuni aderenti al PAC condiviso; tale monitoraggio viene effettuato mediante l'ausilio del mezzo rilocabile di proprietà del Comune di Pordenone i cui dati acquisiti vengono di volta in volta confrontati con le stazioni fisse di qualità dell'aria di Arpa FVG più vicine al singolo punto indagato.

Facendo riferimento alla relazione del 2020 sulla qualità dell'aria in FVG, si riporta innanzitutto che la situazione generale della qualità dell'aria nel pordenonese è tutto sommato buona e confrontabile col resto della regione (quantomeno la zona di pianura), fatta salva la più marcata presenza di polveri aerodisperse tipica di quest'area; qui, infatti, si riscontrano sovente più di 35 giorni l'anno con superamento del limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (cfr. D. Lgs. 155/2010). Perdurano su tutta la zona di pianura e di costa talune criticità rispetto alle concentrazioni estive di ozono.

Ciò premesso, di seguito verranno riassunti i risultati inerenti alla prima campagna di monitoraggio del POR-FESR adottato nella città di Pordenone effettuata nel corso dell'intero 2020 presso via Piave (Pordenone); i dati raccolti dal mezzo rilocabile ("MRC") sono stati messi a confronto con quelli delle stazioni Arpa FVG di viale Marconi (stazione da traffico urbana di Pordenone - "MRC") e di Porcia (fondo suburbano - "POR").

Il CO, monitorato soltanto dal mezzo rilocabile del Comune di Pordenone, è risultato, come atteso, di un ordine di grandezza al di sotto dei limiti di legge. Le emissioni di questo inquinante sono andate drasticamente riducendosi nel corso degli ultimi decenni in ambito urbano a seguito dell'introduzione delle marmitte catalitiche negli automezzi.

L'analisi dei dati relativi agli ossidi di azoto ed in particolare al biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ) ha evidenziato concentrazioni pari a circa la metà dei limiti di legge (media annua: circa  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vs  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; massimo orario: circa  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vs  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), in conformità a quanto rilevato sul resto della regione.

Per questo inquinante si evidenzia una variazione stagionale e giornaliera ben definite secondo cui le concentrazioni maggiori si hanno rispettivamente nei mesi freddi e nelle ore notturne a causa della contrazione dello strato di rimescolamento dell'aria (la porzione di atmosfera più vicina al terreno).

Confrontando le tre stazioni, quella di viale Marconi ha registrato i valori più elevati in quanto più direttamente impattata dal traffico urbano. Riguardo a via Piave, essa sembra aver subito un maggiore impatto del traffico nei primi mesi dell'anno mentre, poi, tali impatti sembrano più contenuti; ciò potrebbe essere connesso agli effetti delle restrizioni legate alla pandemia (didattica a distanza negli istituti scolastici) ovvero alla modificazione del traffico veicolare durante i lavori stradali di novembre e dicembre. Riguardo a Porcia, i dati sono confrontabili a quelli di via Piave anche se nel periodo estivo le medie sono risultate leggermente più alte e si sono osservati valori tendenti a quelli di viale Marconi nelle ore preserali quasi ad indicare un impatto del traffico diverso da quello strettamente urbano.

L'ozono, inquinante secondario la cui formazione è determinata da reazioni fotochimiche, è tipicamente più presente nel periodo estivo. Fra aprile e settembre, infatti, su tutta la regione, con minor incidenza soltanto sulla zona montana, nel 2020 si sono verificati vari sforamenti del valore obiettivo ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Nella conurbazione Pordenone-Porcia questo parametro è stato monitorato dal mezzo rilocabile del comune di Pordenone e dalla stazione di Porcia ma non da quella di viale Marconi in quanto stazione da traffico. In via Piave le concentrazioni di ozono sono risultate inferiori rispetto a quelle di Porcia e ciò ha influito, non tanto sul valore medio (tutto sommato simile nei due casi), quanto piuttosto sul numero di superamenti annui del valore bersaglio di  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; a Porcia questo limite è stato superato 14 volte mentre in via Piave ben 37 volte, superando così la soglia di 25 giorni/anno indicata dal D.Lgs. Questa discrepanza dipende con ogni probabilità dal fatto che nel periodo estivo a Porcia si sono registrati maggiori valori di NO a loro volta probabilmente dovuti ad un maggior impatto del traffico. È noto infatti che il monossido di azoto (NO), non appena emesso dagli automezzi, consuma l'ozono presente ( $\text{O}_3$ ) per formare biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ) ed ossigeno biatomico ( $\text{O}_2$ ).

Riguardo alle polveri aerodisperse va detto che, nell'area indagata, le concentrazioni medie annue sia di  $\text{PM}_{10}$  ( $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) che di  $\text{PM}_{2.5}$  ( $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sono rimaste ben al di sotto dei rispettivi limiti di legge ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Si riporta che comunque nell'ex provincia di Pordenone le medie annue sono leggermente più elevate del resto della regione; è sufficiente confrontare le medie annue del  $\text{PM}_{10}$  nei quattro capoluoghi: Gorizia  $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Pordenone  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Trieste  $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Udine  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Maggior scostamento, su scala regionale, si è evidenziato per il numero di giorni con superamento del limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; posto il tetto annuo consentito di 35 giorni oltre i  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , a Pordenone (viale Marconi) il conteggio nel 2020 si è attestato a 38, mentre ben minore è stato l'ammontare negli altri capoluoghi (Gorizia 10 giorni, Trieste 10 giorni, Udine 13 giorni).

Per le polveri, in generale, si osserva una spiccata stagionalità: fra ottobre e marzo si hanno le concentrazioni più elevate e si conta la quasi totalità degli sforamenti, fatti salvi eventuali fenomeni di trasporto *long-range* o specifiche attività locali (scavi, demolizioni, ecc.). Oltre al fenomeno dell'abbassamento dello strato di rimescolamento dell'aria e altri determinanti climatici od orografici, la maggior quantità di polveri nel periodo invernale è fortemente legata al riscaldamento domestico (soprattutto combustione di biomasse) che, ben più del traffico veicolare, costituisce un'importante fonte di particolato atmosferico primario.

Se si confrontano i dati raccolti nella conurbazione Pordenone-Porcia, si osservano scarsissime differenze riguardo alla media annua di  $\text{PM}_{10}$  (Pordenone, via Piave  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Pordenone, viale Marconi  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Porcia  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e una fluttuazione delle concentrazioni pressoché sincrona nel tempo ad indicare una dipendenza pressoché univoca dai determinanti meteorologici, i quali, a loro volta, possono implicare la necessità o meno di utilizzo del riscaldamento domestico, piuttosto che la probabilità più o meno elevata di accumulo degli inquinanti (stagnazione delle masse d'aria) o di formazione dell'aerosol secondario. Differenze più pronunciate, e in tutti i tre casi con superamento della soglia di legge, hanno riguardato il numero di sforamenti (Pordenone, via Piave 49 giorni; Pordenone, viale Marconi 38 giorni, Porcia 36 giorni). Nell'insieme Porcia risulta per ambo i parametri la meno impattata dei tre siti; riguardo a viale Marconi e via Piave non è facile fare dei confronti visto che il dato rilevato in PNC è verosimilmente sottostimato a causa di un problema elettrico della stazione che ne ha interrotto il funzionamento proprio durante alcuni giorni di dicembre caratterizzati da elevate concentrazioni di inquinanti mentre le misurazioni di  $\text{PM}_{10}$  in via Piave sono state verosimilmente falsate dai lavori stradali eseguiti in loco fra novembre e dicembre che, con ogni probabilità, hanno generato un surplus di polveri aerodisperse nelle immediate vicinanze del cantiere.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] AA. VV. Relazione annuale sulla qualità dell'aria 2020 - ARPA FVG.  
[http://www.arpa.fvg.it/export/sites/default/tema/aria/utilita/Documenti\\_e\\_presentazioni/tecnico\\_scientifiche\\_docs/Relazione\\_qa\\_2020\\_FVG.pdf](http://www.arpa.fvg.it/export/sites/default/tema/aria/utilita/Documenti_e_presentazioni/tecnico_scientifiche_docs/Relazione_qa_2020_FVG.pdf)
- [2] Stull, R. B., An Introduction to Boundary Layer Meteorology. Kluwer Academic Publishers (1988).
- [3] Mistaro, A., Colombi, C., Corbucci, I., Diémoz, H., Dorillo, I., Formenton, G., Galletti, M., Magri, T., Tarricone, C., Tolloi, A., Valutazione degli effetti del lockdown sulla qualità dell'aria: professionalità e creatività analitica nelle Agenzie italiane. BEA, 1-2, 1-28 (2021).
- [4] Tolloi, A., Abatangelo, A., Asquini, T., Baiutti, E., Bellini, M., Mistaro, A., Moimas, F., Montanari, F., Movia, A., Petrini, A., Stel, F., Visintin, M., Bonafè, G., Effetti del lockdown 2020 sulla qualità dell'aria in Friuli Venezia Giulia: rapporti diagnostici e speciazione chimica del particolato atmosferico. BEA, 1-2, 29-41 (2021).