



Agenzia Regionale per la Prevenzione
e Protezione Ambientale del Veneto



REGIONE DEL VENETO

RELAZIONE TECNICA

DI

QUALITÀ DELL'ARIA

PROVINCIA DI PADOVA

10/02/2020 - 03/05/2020

EMERGENZA COVID-19 - FASE1

Progetto e realizzazione
Dipartimento Provinciale di Padova
Responsabile: A. Benassi
Servizio Monitoraggio e Valutazioni
Responsabile: C. Gabrieli
Autori: R.Millini, M. Ravazzolo, S. Rebeschini

Con la collaborazione di:
Servizio Osservatorio Aria
Responsabile: S. Patti

È consentita la riproduzione di testi, tabelle, grafici ed in genere del contenuto del presente rapporto esclusivamente con la citazione della fonte.

22 giugno 2020

Indice

1	Premesse	4
2	Contesto	5
3	Stazioni di riferimento	6
3.1	Stazioni di qualità dell'aria	6
3.2	Stazioni meteorologiche	6
4	Analisi degli inquinanti atmosferici	8
4.1	Polveri fini, PM10	8
4.1.1	Analisi degli scarti percentuali delle mediane	10
4.2	Monossido di carbonio, CO	10
4.3	Ozono troposferico, O ₃	12
4.4	Biossido di zolfo, SO ₂	13
4.5	Ossidi di azoto, NO, NO ₂ , NO _x	14
4.5.1	NO e NO ₂ , giorno tipo	17
4.5.2	NO, boxplot delle concentrazioni	21
4.5.3	Analisi degli scarti percentuali delle mediane per NO e NO ₂	24
5	Approfondimenti	26
5.1	Breve sintesi meteorologica del periodo 10/02-03/05/2020	26
5.1.1	Precipitazioni	26
5.1.2	Vento	26
5.2	Fohen di fine febbraio e diminuzione del particolato PM10	28
5.2.1	Analisi dell'andamento biorario delle polveri	28
5.2.2	Analisi meteorologica	29
5.3	Venti orientali di fine marzo e incremento del particolato in provincia di Padova	33
5.3.1	Analisi delle polveri fini PM10 e ultrafini PM2.5	33
5.3.2	Analisi meteorologica	33
5.4	Volume traffico e concentrazioni di ossidi di azoto a Padova	38
6	Sintesi conclusiva	41

Capitolo 1

Premesse

Il presente lavoro nasce dall'esigenza di interpretare, alla luce delle conoscenze attuali, le possibili ricadute sull'inquinamento atmosferico misurato in provincia di Padova a seguito delle misure di contenimento della pandemia da Covid-19 nella cosiddetta FASE 1, protrattasi dal 10 febbraio al 3 maggio 2020 ed esplosa in Veneto con l'individuazione del focolaio di Vo' Euganeo, un piccolo comune nell'area Ovest dei Colli Euganei, in provincia di Padova. In questo periodo ci sono state prima restrizioni della circolazione e poi anche di parte delle attività produttive del territorio.

Vo' Euganeo dista meno di 3,5 km in linea d'aria dalla stazione ARPAV di monitoraggio Parco Colli, nel territorio comunale di Cinto Euganeo e in direzione SSW rispetto a Vo'. Si tratta della stazione che in provincia di Padova presenta generalmente i migliori dati di qualità dell'aria, con concentrazioni di polveri fini di norma inferiori di un 25% rispetto alla media delle altre stazioni.

Nel presente rapporto si analizzano principalmente gli andamenti degli ossidi di azoto e delle polveri fini e per completezza di informazione anche quelli di monossido di carbonio, biossido di zolfo e ozono, anche se la valenza di questi inquinanti, risulta, per le motivazioni riportate nei paragrafi dedicati, poco significativa per lo scopo di questo studio. I valori misurati vengono confrontati con le concentrazioni medie sessennali del periodo, alla luce dei vari decreti via via emanati dal Governo nel corso della FASE 1.

Al fine di identificare, per quanto possibile, le reali cause delle variazioni eventualmente emerse, ove significativo per la comprensione, è stato specificato il contributo meteorologico e/o si è effettuato il confronto con l'andamento degli inquinanti rilevato in tutte le stazioni ARPAV della provincia di Padova, a partire dal 2014 e nel periodo 10 febbraio - 3 maggio di ogni annualità considerata, esclusa la stazione di Tombolo che è attiva solo da giugno 2019. In altre parole, si è cercato di capire se la variazione della concentrazione degli inquinanti rilevata nella FASE 1 è legata alle misure di contenimento, all'andamento meteorologico, alla stagionalità o, come probabile, alla sovrapposizione di più fattori.

Al termine dell'analisi dei dati di qualità dell'aria, è riportato un capitolo dedicato ad alcuni focus di approfondimento. In particolare vengono analizzati alcuni eventi caratterizzati da intensa ventosità che, a seconda dei casi, hanno forzato l'aumento o la diminuzione anche sensibile delle polveri fini.

Per rendere più snella e fruibile la relazione, non si è entrati nel dettaglio delle strumentazioni utilizzate, dei metadati delle stazioni di misura della qualità dell'aria e meteorologiche e della normativa di riferimento. Per tutte queste informazioni si rimanda alle relazioni tecniche annuali provinciali e regionali periodicamente pubblicate sul sito ARPAV.

Infine si precisa che tutti i dati utilizzati, sia quelli di qualità dell'aria che meteorologici, derivano dalle stazioni ARPAV. Se provenienti da altre fonti, lo si è indicato.

Capitolo 2

Contesto

Le misure per il contenimento dell'emergenza sanitaria in Italia sono state emanate attraverso provvedimenti governativi a partire da febbraio 2020.

Il Consiglio dei ministri ha infatti varato diversi decreti che progressivamente hanno limitato la circolazione di mezzi e persone al fine di ridurre le probabilità di contagio.

Di seguito sono indicati i principali decreti:

- DPCM del 23 febbraio 2020: misure per il divieto di accesso e allontanamento nei comuni veneti e lombardi dove erano presenti focolai e la sospensione di manifestazioni ed eventi;
- DPCM del 25 febbraio 2020: integrazione al precedente con limitazione delle attività sportive, scolastiche e altre;
- DPCM del 01 marzo 2020: proroga, integrazione e sostituzione dei precedenti;
- DPCM del 04 marzo 2020: estensione della sospensione delle attività scolastiche e universitarie fino al 15 marzo;
- DPCM del 08 marzo 2020: misure rafforzate di contenimento con individuazione di macro aree rosse (regione Lombardia e altre 14 province);
- DPCM del 09 marzo: estensione delle misure del precedente decreto a tutto il territorio nazionale, noto come decreto "Iorestoacasa", limita gli spostamenti delle persone, blocca le manifestazioni sportive, sospende in tutto il Paese l'attività didattica nelle Scuole e nelle Università fino al 3 aprile;
- DPCM del 11 marzo: chiusura di tutte le attività commerciali al dettaglio ad eccezione di quelle di prima necessità;
- DPCM del 22 marzo: chiusura delle attività produttive non essenziali o strategiche fino al 3 aprile;
- DPCM del 1 aprile: proroga misure precedenti al 13 aprile;
- DPCM del 10 aprile: proroga misure precedenti al 3 maggio, parziale riapertura di alcuni esercizi commerciali;
- DPCM del 26 aprile: segna il passaggio, a partire dal 4 maggio 2020, alla FASE 2 dell'emergenza.

Capitolo 3

Stazioni di riferimento

L'analisi dei dati di qualità dell'aria è stata svolta su tutte le stazioni attualmente disponibili in provincia di Padova, eccetto la stazione di Tombolo per il motivo indicato nella premessa. Le analisi meteorologiche derivano da un sottinsieme delle stazioni ARPAV disponibili. Di seguito se ne riportano gli elenchi.

3.1 Stazioni di qualità dell'aria

La rete di qualità dell'aria in provincia di Padova attualmente dispone di 10 stazioni di diverse tipologie. In tabella 3.1 se ne riporta la denominazione, la tipologia, l'anno di attivazione e le coordinate geografiche. Le prime cinque stazioni in elenco sono ubicate nel comune di Padova.

STAZIONE	Tipologia	Attivazione	GB_X	GB_Y
MANDRIA	B.U.	1999	1722487	5028105
ARCELLA	T.U.	2002	1726062	5035121
GRANZE	I.U.	2005	1730220	5029119
APS1	I.U.	2004	1727753	5030932
APS2	I.U.	2004	1727511	5033159
ESTE	I.S.	2002	1709338	5011647
MONSELICE	B.U.	2002	1715442	5013076
PARCO COLLI	B.R.	2008	1707237	5018513
ALTA PADOVANA	B.R.	2010	1726452	5053906
TOMBOLO	I.S.	2019	1719571	5057845

Tabella 3.1: Metadati stazioni aria attive

Gli acronimi delle tipologie indicano: I.U. 'Industriale Urbana', T.U. 'Traffico Urbano', I.S. 'Industriale Suburbana', B.U. 'Background Urbano' e B.R. 'Background Rurale' [Alta Padovana (ex Santa Giustina in Colle) e Parco Colli (Cinto Euganeo)].

I parametri considerati per l'analisi delle concentrazioni degli inquinanti e ritenuti significativi in questo contesto sono gli ossidi di azoto, il monossido di carbonio, il biossido di zolfo, l'ozono e le polveri fini PM10.

3.2 Stazioni meteorologiche

Le stazioni meteorologiche presenti in provincia di Padova e considerate nell'analisi successiva sono quelle con anemometro a 10m riportate in tabella 3.2.

Stazione	Quota [m]	X [m]	Y [m]
Galzignano	20	1714466	5020146
Grantorto	31	1714510	5052620
Legnaro	8	1731313	5025746
Ospedaletto	9	1704622	5012334
Teolo	158	1709765	5024498
Tribano	4	1722656	5008679

Tabella 3.2: Metadati delle stazioni meteo utilizzate

I parametri meteorologici considerati per l'analisi sono la precipitazione oraria, il vento medio orario, la raffica di vento giornaliera, la temperatura massima giornaliera, la temperatura media oraria, l'umidità relativa media oraria e, ove utile, la direzione del vento oraria.

Capitolo 4

Analisi degli inquinanti atmosferici

In questa sezione si considera per ciascun inquinante l'andamento complessivo e, ove necessario, specifico di alcune giornate. Il periodo analizzato è quello della FASE 1 dell'emergenza sanitaria Covid-19 dal 10 febbraio al 3 maggio 2020.

Nel corso dell'analisi dei singoli inquinanti vengono indicati in dettaglio anche alcuni possibili contributi legati alle condizioni meteorologiche.

Per relativizzare l'effetto della specifica stagionalità sull'andamento delle concentrazioni nel periodo di interesse, per alcuni inquinanti si è confrontata la media giornaliera 2020 di tutte le stazioni con la corrispondente media 2014-2019.

4.1 Polveri fini, PM10

Le polveri fini sono tra i parametri più critici in pianura Padana specialmente nel semestre invernale (ottobre-marzo). Le loro concentrazioni sono generalmente dipendenti dalla presenza di sorgenti emissive e dalle caratteristiche dispersive dell'atmosfera (caratteristiche meteo-climatologiche), del bacino anemologico in esame.

In figura 4.1 si riporta l'andamento delle concentrazioni giornaliere di PM10 misurato nelle stazioni di qualità dell'aria di Padova e la loro media (linea rossa). Nel grafico sono anche indicate con barre verticali le date corrispondenti ai principali decreti per evidenziare eventuali variazioni degli andamenti nelle concentrazioni di PM10 in relazione ad essi.

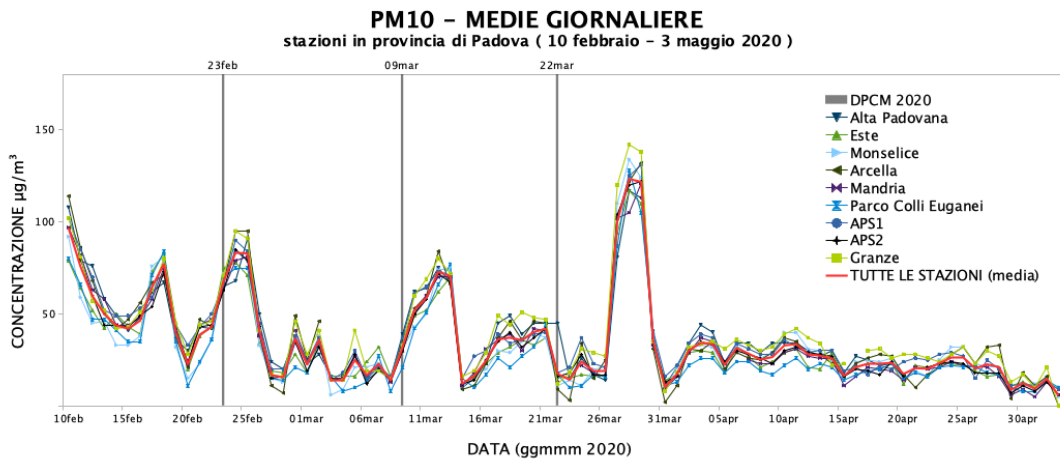


Figura 4.1: PM10 dal 10 febbraio al 3 maggio 2020. Concentrazione giornaliera per stazione e media delle stazioni.

Il grafico in figura 4.1 non evidenzia ad un primo sguardo una diminuzione nelle concentrazioni di PM10 che sia automaticamente correlabile con la diminuzione del traffico veicolare, ma sembra piuttosto una decrescita tipica stagionale, con qualche picco saltuario.

Come evidenziato nella sezione degli approfondimenti, ci sono stati diversi eventi pluviometrici e anemometrici, specie a marzo, che hanno influito sensibilmente sui livelli di concentrazione di PM10. Ciò si riscontra ad esempio nella prima settimana di marzo (bassi livelli di concentrazione di PM10 dovuti alle precipitazioni), nel periodo dal 25 al 29 febbraio (crollo dei livelli di concentrazioni di PM10 dovuto a intenso evento di foehn) e l'evento di fine marzo legato al trasporto di polveri grossolane dal Mar Caspio (sensibile incremento delle concentrazioni di PM10).

L'assenza di correlazione tra PM10 e l'applicazione delle misure sembrerebbe evidenziata anche dall'analisi dei valori medi di concentrazione di PM10 per fasce latitudinali della provincia (qui non riportati per brevità) e da quella dei valori medi di concentrazione per tipologia di stazione della qualità dell'aria. A titolo d'esempio in figura 4.2 si riporta l'andamento delle concentrazioni delle polveri PM10 ad Arcella (stazione di traffico urbano) rispetto alla media delle concentrazioni di tutte le stazioni nel periodo in esame.

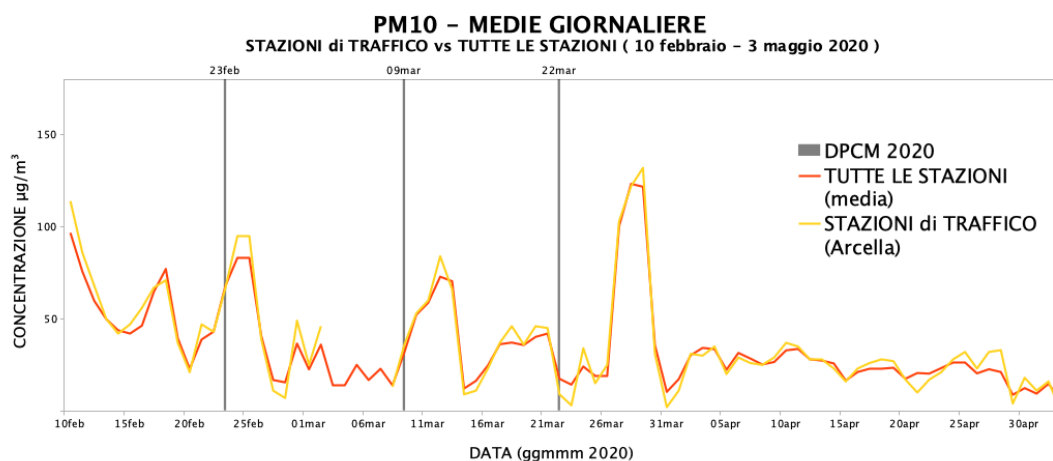


Figura 4.2: PM10 dal 10 febbraio al 3 maggio 2020. Concentrazione giornaliera ad Arcella a confronto con la concentrazione media di tutte le stazioni.

Dal grafico risulta l'allineamento delle due curve di concentrazione, ad indicare che la stazione di traffico ha un comportamento equivalente a quello medio delle stazioni di altre tipologie.

Da uno studio più approfondito si nota tuttavia un comportamento anomalo del PM10 nel periodo in esame, che indica un effettivo calo delle concentrazioni a partire dal 23 febbraio 2020.

Nel dettaglio, analizzando la concentrazione media di PM10 delle stazioni di Mandria, Arcella, Granze, Parco Colli, Este, Alta Padovana, APS1 e APS2 nel periodo 10 febbraio - 3 maggio 2020 e calcolando lo scarto percentuale rispetto alla media 2014-2019 per lo stesso intervallo, si vede che: dal 10 al 22 febbraio lo scarto del 2020 rispetto alla media 2014-2019 è positivo e pari a 8 %, ovvero le concentrazioni sono aumentate; dal 23 febbraio al 22 marzo lo scarto è invece negativo e pari a -13 %; dal 23 marzo al 3 maggio 2020 lo scarto percentuale è ancora negativo e pari a -8 %.

Nel complesso, nel periodo 10 febbraio - 3 maggio 2020 in provincia di Padova si è registrato uno scarto percentuale rispetto alla media 2014-2019 pari al -7 %.

Si precisa che per calcolare lo scarto medio del 2020 non sono state considerate le giornate del 27-31 marzo 2020, caratterizzate da concentrazioni anomale di PM10 dovute al trasporto di polveri dall'Asia centrale sulla nostra regione (per approfondimenti si veda il focus 5.3).

Per quanto riguarda il PM2.5, la frazione presente nel PM10 del periodo 10 febbraio - 3 maggio 2020 è rimasta invariata rispetto al periodo 2014-2019, con percentuali che oscillano tra il 60 e il 75 %.

4.1.1 Analisi degli scarti percentuali delle mediane

Come base per un ulteriore confronto dei dati di PM10 raccolti nel periodo 10 febbraio - 3 maggio 2020 con il periodo 2014-2019, si sono considerati gli scarti percentuali delle mediane registrati complessivamente e nei tre sottointervalli 10 -22 febbraio, 23 febbraio - 22 marzo e 23 marzo - 3 maggio 2020, rispetto a quelli dello storico di riferimento preso in esame.

Nella tabella 4.1 si riportano i risultati delle valutazioni effettuate. Il ricorso all'analisi delle mediane deriva dalla maggior consistenza di questo parametro statistico rispetto alla media per distribuzioni di campioni non gaussiane e quindi maggiormente rappresentativo della reale variazione registrata. Lo scarto percentuale è inteso come rapporto tra la differenza delle due mediane (2020 e pluriennale) e la mediana pluriennale.

Intervallo temporale	Mediana 2014-2019 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Mediana 2020 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Scarto percentuale [%]
10-22 febbraio	45	48	7
23 febbraio-22 marzo	38	30	-21
23 marzo-3 maggio	25	23	-8
10 febbraio-3 maggio	31	28	-10

Tabella 4.1: Scarto percentuale della mediana 2020 rispetto al periodo di riferimento 2014-2019

I valori degli scarti evidenziano complessivamente una diminuzione delle concentrazioni nel 2020 rispetto al 2014-2019. Il maggior contributo alla diminuzione complessiva risulta dovuto al periodo 23 febbraio - 22 marzo 2020.

Il valore della riduzione percentuale della mediana associata al periodo 23 febbraio-22 marzo risulta coerente con quella valutata anche per l'intero territorio regionale nell'ambito del documento realizzato dall'Osservatorio Aria "Effetti del lockdown durante l'emergenza COVID-19 in Veneto - Valutazione dei livelli di inquinanti in aria e delle emissioni in atmosfera" (¹).

4.2 Monossido di carbonio, CO

Le concentrazioni di monossido di carbonio nel corso del periodo non sembrano aver subito significative variazioni per effetto dei decreti. Si tenga comunque presente che i valori tipici di concentrazione per questo parametro risultano al giorno d'oggi prossimi ai valori minimi misurabili; tali valori non sono critici, nemmeno nel semestre invernale, periodo in cui raggiungono i valori relativamente più elevati.

Nelle figure successive (4.3, 4.4, 4.6) si riportano i valori medi dell'andamento giornaliero di concentrazione del monossido di carbonio per le tre tipologie di stazioni a disposizione in provincia di Padova e cioè industriale, di traffico e di background a confronto con la media di tutte le stazioni.

¹Consulta il [link](#)

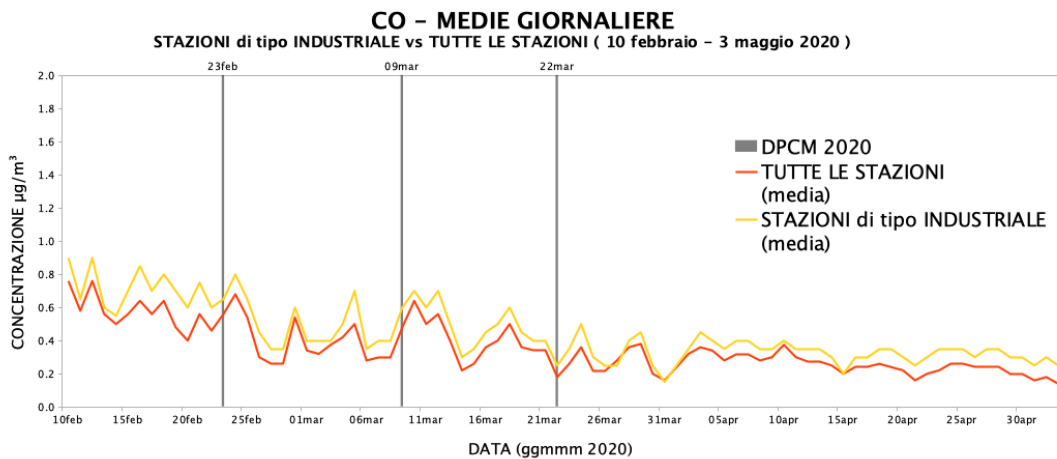


Figura 4.3: Concentrazioni medie di CO nelle stazioni industriali rispetto alla media di tutte le stazioni

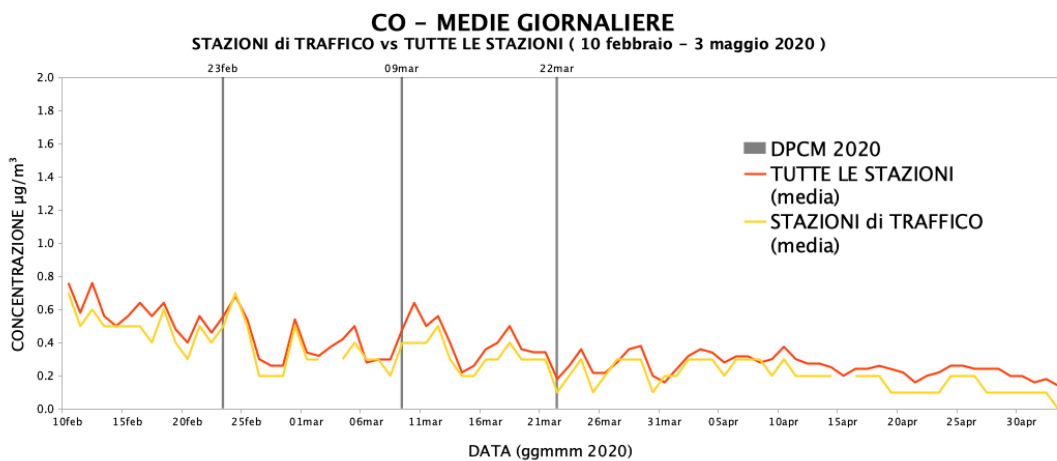


Figura 4.4: Concentrazioni medie di CO nelle stazioni di traffico rispetto alla media di tutte le stazioni

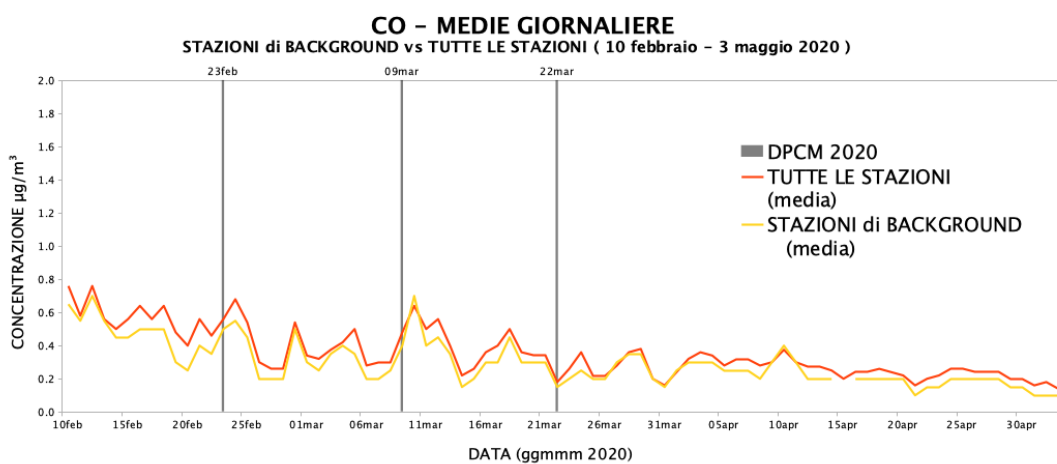


Figura 4.5: Concentrazioni medie di CO nelle stazioni di background rispetto alla media di tutte le stazioni

In figura 4.6 si riporta la concentrazione media di monossido di carbonio misurata nel 2020 rispetto alla media 2014-2019.

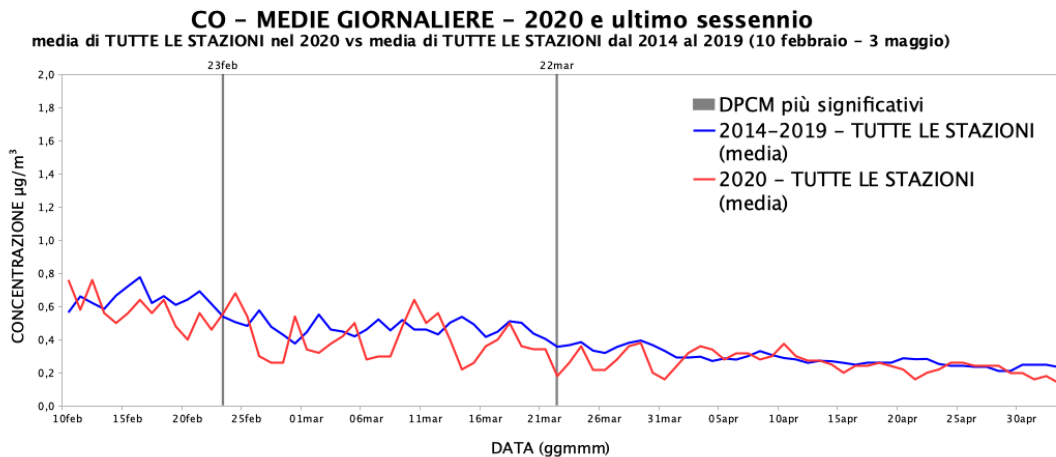


Figura 4.6: Concentrazione media di CO misurata in tutte le stazioni dal 10 febbraio al 3 maggio 2020 a confronto con la concentrazione media dal 2014 al 2019 di tutte le stazioni)

Dall'esame dei tracciati della figura sembra che la causa più probabile dell'andamento decrescente per il parametro CO sia la stagionalità vista la sostanziale coincidenza fra i due.

4.3 Ozono troposferico, O₃

Di seguito si analizza anche il parametro ozono che, malgrado la sua natura stagionale e secondaria (inquinante generato da precursori mediante reazioni fotochimiche), se presente ad elevate concentrazioni, può influire sulla formazione e persistenza degli ossidi di azoto in atmosfera.

Analizzando l'andamento dell'ozono nel periodo in esame, si evidenzia (figura 4.7) un progressivo aumento in linea col suo comportamento stagionale. Ipotesi che trova conferma nel confronto della media delle concentrazioni giornaliere di tutte le stazioni della provincia di Padova per il periodo 2020 con la media 2014-2019 (figura 4.8).

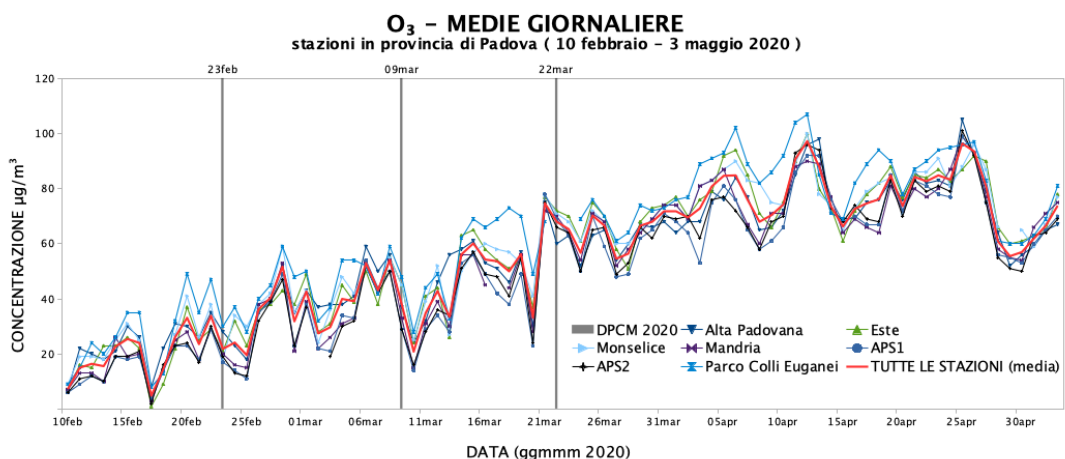


Figura 4.7: Concentrazione media giornaliera di ozono dal 10 febbraio al 3 maggio 2020 misurata nelle stazioni della provincia di Padova e valore medio.

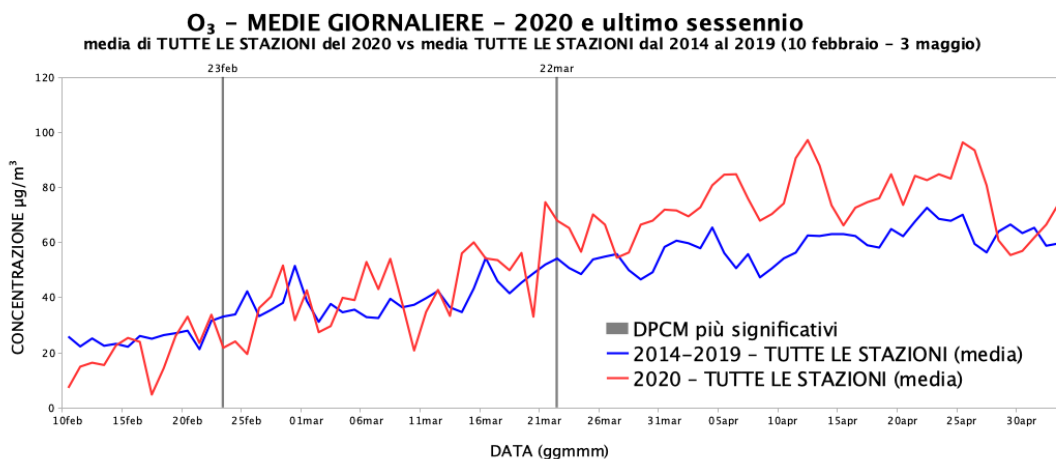


Figura 4.8: Concentrazione media giornaliera di ozono di tutte le stazioni nel 2020 a confronto con la concentrazione media nel periodo 2014-2019.

Nel corso del periodo in esame si sono verificati alcuni eventi meteorologici che, temporaneamente, hanno influenzato l'andamento dell'ozono, anche se di difficile individuazione nel grafico di figura 4.7. Ad esempio la presenza di forte ventosità, in alcune giornate, ha contribuito a mantenere alti i valori dell'ozono anche nelle ore notturne. Anziché seguire un andamento giornaliero a campana simile a quello termico, i valori di ozono si sono mantenuti vicino ai valori massimi giornalieri, contribuendo anche ad una riduzione delle concentrazioni di ossidi di azoto.

La correlazione esistente tra concentrazioni di ozono, NO₂ e l'intensità del vento medio giornaliero è visibile nel grafico successivo (figura 4.9) in cui sono riportati, a titolo esemplificativo, i valori medi dei tre parametri fino al 18 marzo 2020.

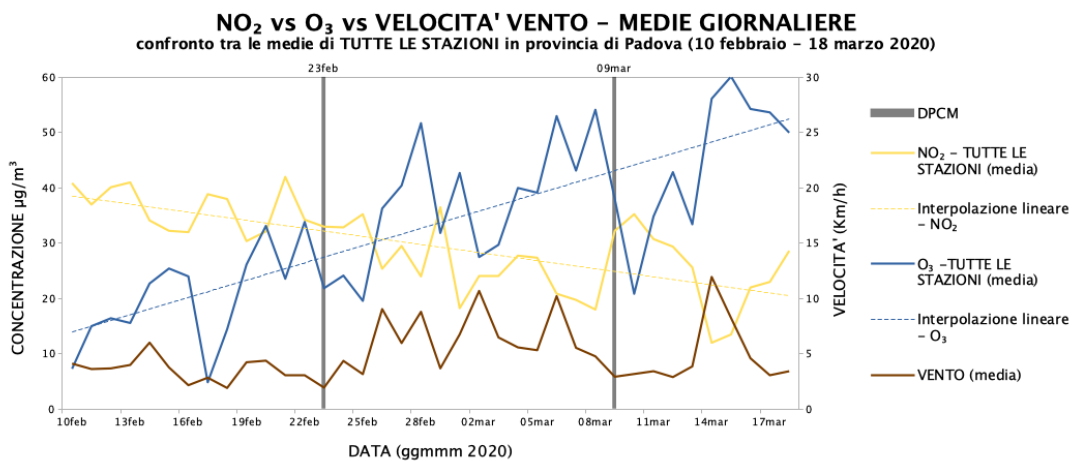


Figura 4.9: Concentrazioni medie di ozono e biossido di azoto e vento medio dal 10 febbraio al 18 marzo 2020

Il grafico indica una buona correlazione (in assenza di precipitazioni) tra il vento medio (linea marrone) e l'ozono (linea azzurra) e una correlazione inversa tra questi due e il biossido di azoto (linea gialla).

4.4 Biossido di zolfo, SO₂

Nella figura 4.10 si è riportato l'andamento delle concentrazioni medie di tutte le stazioni nel periodo in esame a confronto con l'andamento dal 2014. I valori misurati rispecchiano la tendenza di questo

inquinante verso valori minimi mai riscontrati.

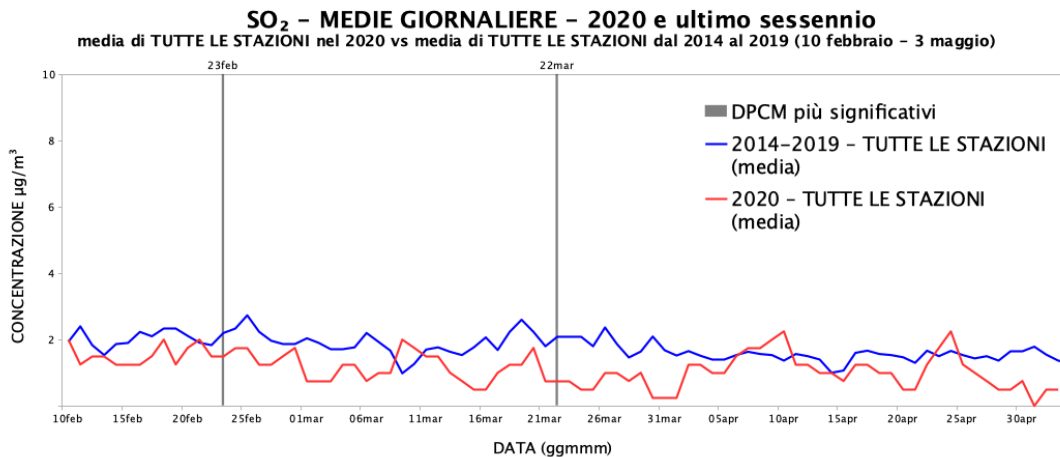


Figura 4.10: Concentrazioni medie di biossido di zolfo in tutte le stazioni dal 10 febbraio al 3 maggio 2020 a confronto con la concentrazione media 2014-2019.

In figura si osservano valori di SO₂ registrati nel 2020 inferiori rispetto alla media 2014-2019. Tale differenza si osserva anche prima delle misure di contenimento attuate a partire dal 23 febbraio, pertanto è probabile che il risultato dipenda dal diverso andamento meteorologico dell'anno in corso. Per esempio l'aumento di concentrazione di SO₂ nel periodo successivo alla perturbazione di inizio marzo o il rialzo seguente all'evento ventoso di metà marzo sembrerebbero indicare tale dipendenza.

Non si intravedono, in ogni caso, aumenti di concentrazione a seguito del presunto incremento della combustione da riscaldamento domestico.

4.5 Ossidi di azoto, NO, NO₂, NO_x

Nei grafici in figura 4.11, 4.12 e 4.13 sono riportate le concentrazioni medie giornaliere rispettivamente del monossido di azoto (NO), del biossido di azoto (NO₂) e degli ossidi di azoto (NO_x) nel periodo dal 10 febbraio al 3 maggio 2020. La linea rossa indica la media dei valori di concentrazione di tutte le stazioni.

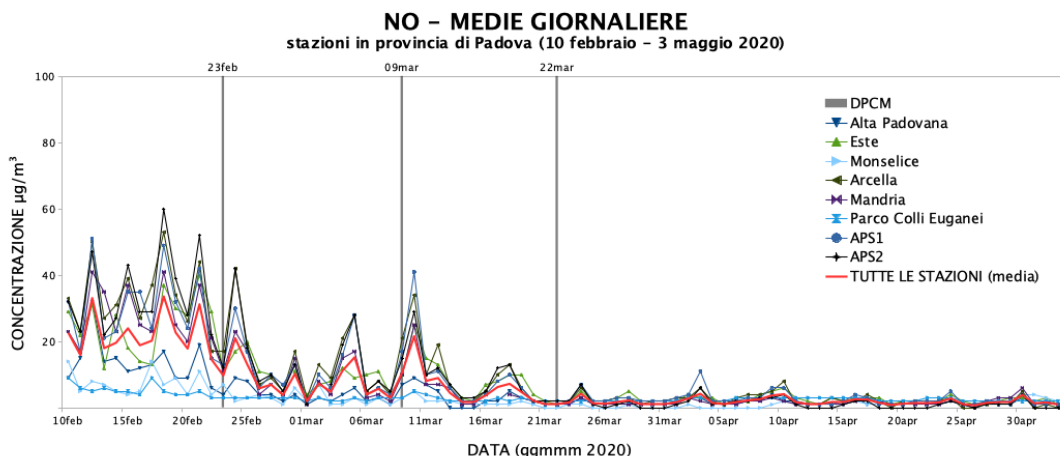


Figura 4.11: Concentrazioni medie giornaliere di NO nel periodo dal 10 febbraio al 3 maggio 2020 a confronto con la concentrazione media.

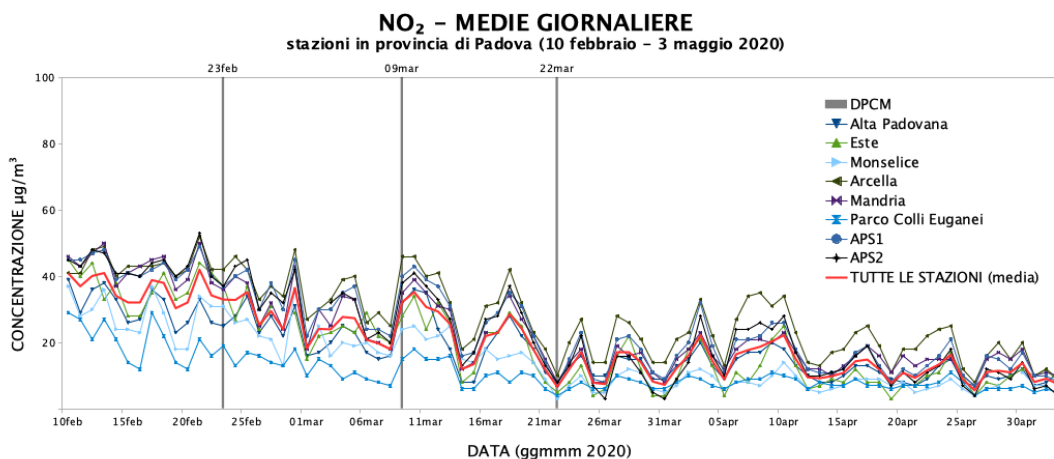


Figura 4.12: Concentrazioni medie giornaliere di NO₂ dal 10 febbraio al 3 maggio 2020 in tutte le stazioni a confronto con la concentrazione media.

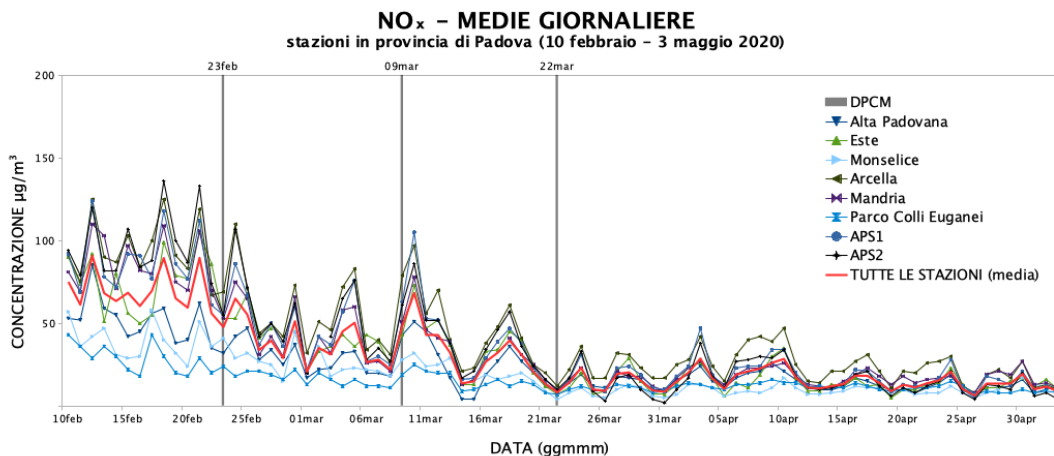


Figura 4.13: Concentrazioni medie giornaliere di NO_x nel periodo dal 10 febbraio al 3 maggio 2020 a confronto con la concentrazione media.

Dalle figure relative ad NO e NO_x (4.11 e 4.13) si osserva un calo della concentrazione dei parametri a seguito dell'attuazione dei provvedimenti di restrizione alla circolazione del 23 febbraio. Tale andamento è meno evidente per il biossido di azoto, anche se per tutti e tre i parametri le massime concentrazioni sono antecedenti a tale data.

Per verificare che l'andamento degli inquinanti esaminati non dipendesse unicamente dalla stagionalità, si è confrontato per tutti i parametri il periodo in esame con quello medio del periodo 2014-2019 (figure 4.14, 4.15 e 4.16). Nelle figure si è evidenziata la media dei valori registrati nei tre diversi periodi: prima delle misure adottate con il DPCM 23 febbraio, tra questo e il DPCM del 22 marzo e successivo a quest'ultimo (linea spezzata nera).

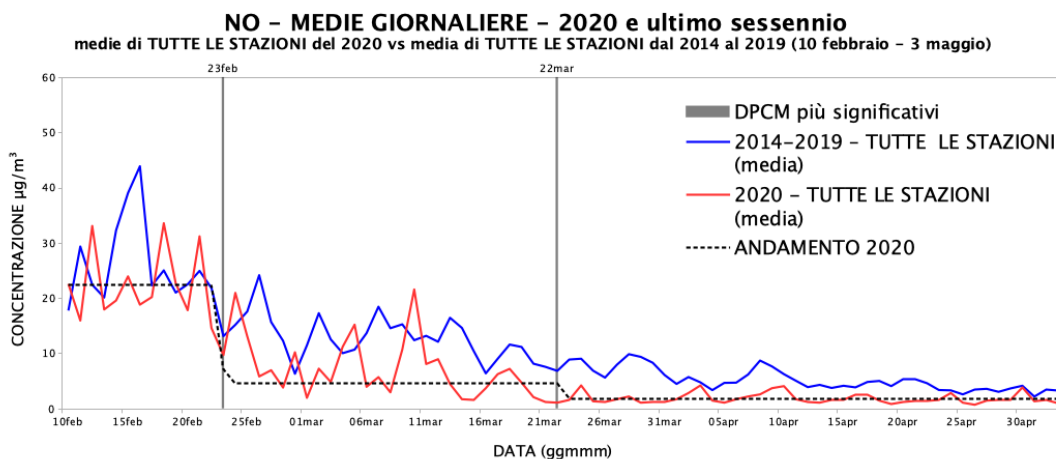


Figura 4.14: Concentrazioni medie giornaliere di NO nel periodo dal 10 febbraio al 3 maggio 2020 a confronto con la media 2014-2019 di tutte le stazioni.

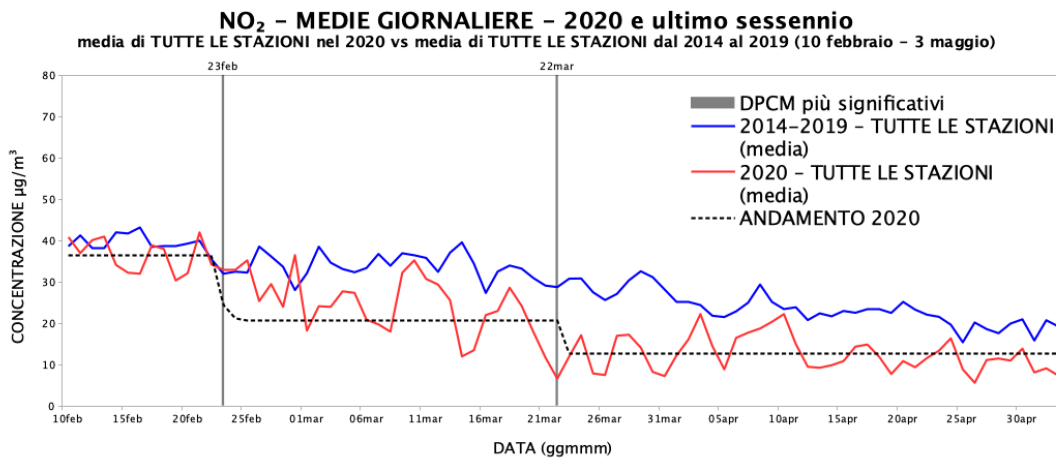


Figura 4.15: Concentrazioni medie di NO₂ nel periodo dal 10 febbraio al 3 maggio 2020 a confronto con la media 2014-2019 di tutte le stazioni.

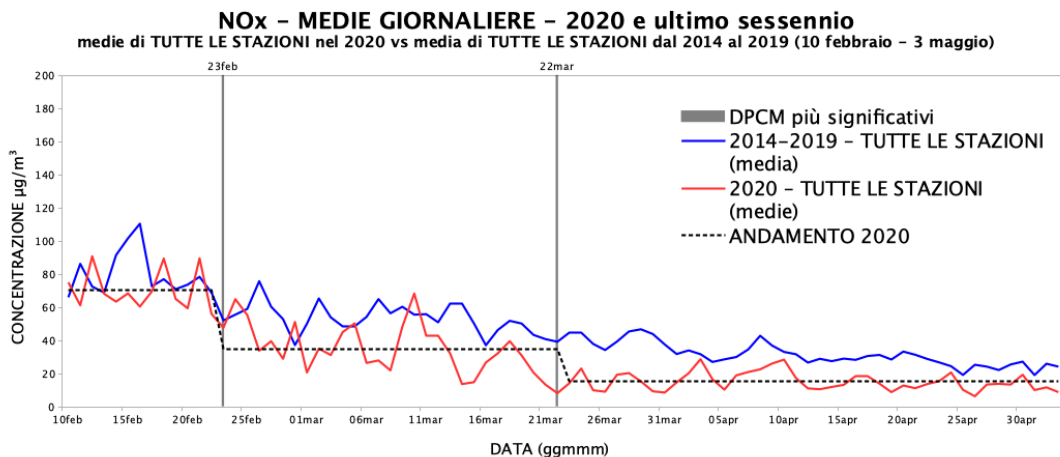


Figura 4.16: Concentrazioni medie giornaliere di NO_x nel periodo dal 10 febbraio al 3 maggio 2020 a confronto con la media 2014-2019 di tutte le stazioni.

Le figure 4.14, 4.15 e 4.16 evidenziano due salti netti (andamento a scalini, linea tratteggiata nera) fra i tre periodi del 2020. E' molto probabile che l'andamento a scalino delle concentrazioni sia direttamente correlato all'attuazione dei vari decreti.

Ci sono però almeno altri due fattori che possono aver indotto diminuzioni nelle concentrazioni, specie di NO₂: l'inizio del semestre estivo per l'ozono, con valori bassi ma non trascurabili di concentrazione, e la presenza di significativi eventi ventosi.

4.5.1 NO e NO₂, giorno tipo

Come ulteriore approfondimento dell'analisi relativa al monossido e biossido di azoto, si è valutato il giorno tipo nei tre intervalli temporali: dal 10 al 22 febbraio, dal 23 febbraio al 22 marzo e dal 23 marzo al 3 maggio del 2020.

Nelle figure 4.17 e 4.18 si riporta il giorno tipo rispettivamente per il monossido e per il biossido di azoto nei tre periodi di interesse come media su tutte le stazioni in provincia di Padova.

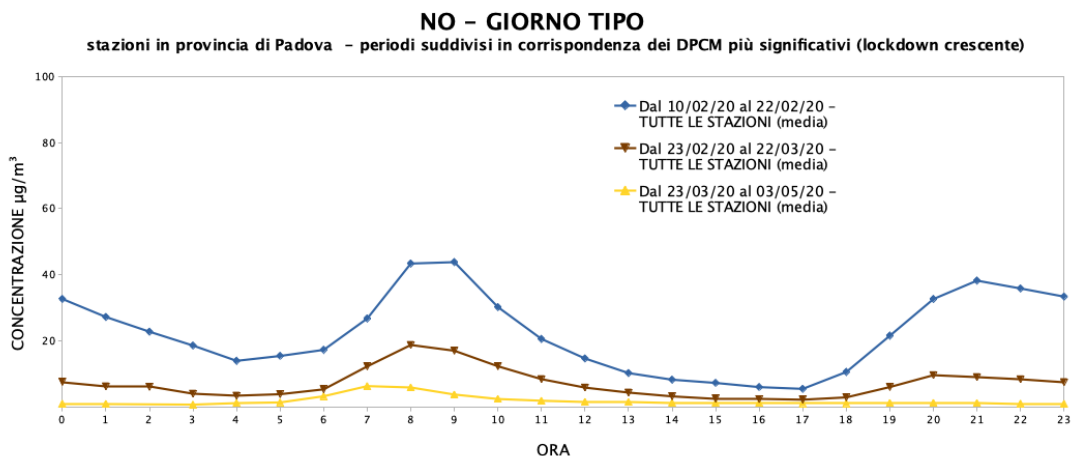


Figura 4.17: Giorno tipo della concentrazione media oraria di NO nel periodo dal 10 febbraio al 3 maggio 2020.

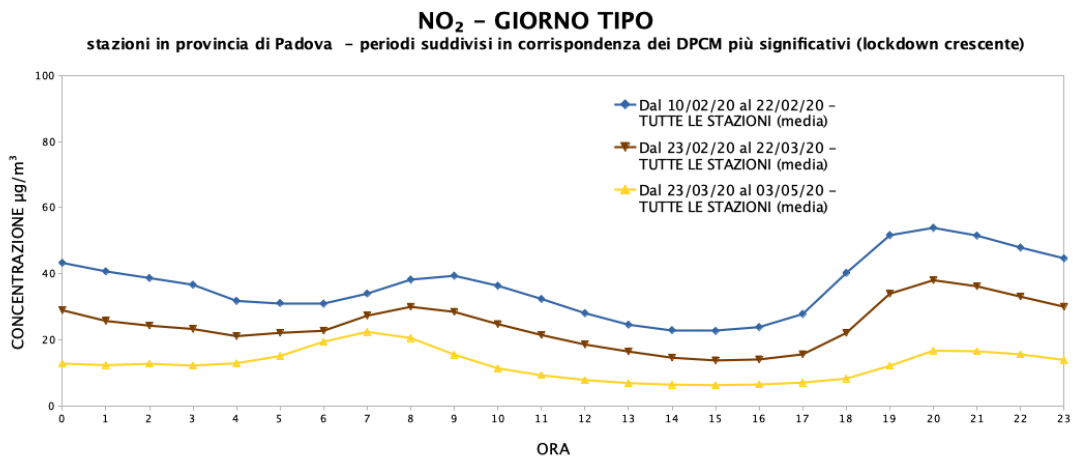


Figura 4.18: Giorno tipo della concentrazione media oraria di NO₂ nel periodo dal 10 febbraio al 3 maggio 2020.

Entrambi i grafici evidenziano il progressivo abbassamento delle concentrazioni medie orarie tra la fase antecedente il primo decreto (linea blu) e quella dopo il DPCM del 22 marzo (linea gialla).

Nelle figure 4.19, 4.20 e 4.21 sono riportate le concentrazioni medie orarie del giorno tipo di NO₂ nei tre periodi individuati sopra, a confronto con i valori medi 2014-2019 relativi a tutte le stazioni. Il confronto dei tre grafici con l'andamento mostrato in figura 4.18 porta ad escludere che la riduzione di NO₂ nei periodi in esame (e per analogia anche del NO i cui dati non sono riportati per brevità) sia dovuta alla componente stagionale.

Si nota infatti, dalla sequenza dei tre grafici, il progressivo distacco verso il basso della curva del 2020 rispetto alla curva media 2014-2019, confermando per il periodo indagato l'effetto dei decreti sulla riduzione delle concentrazioni di questo inquinante.

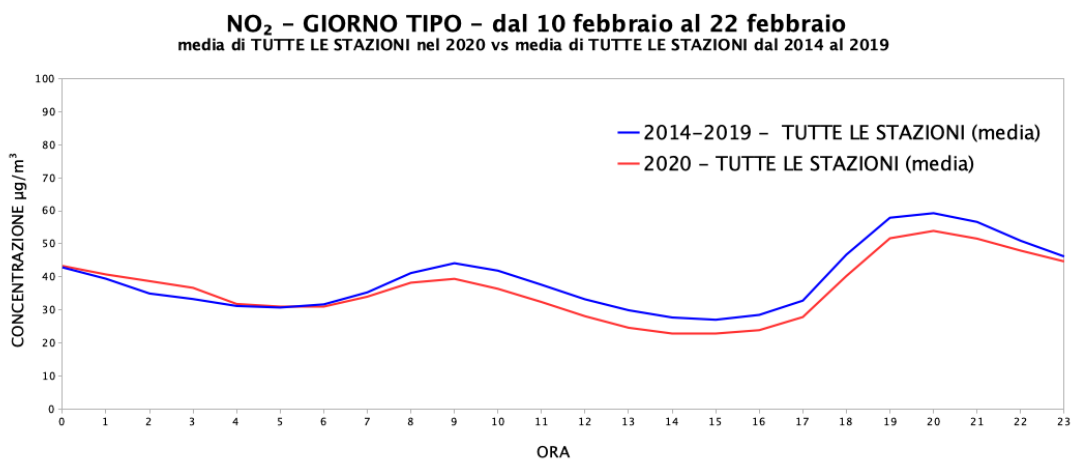


Figura 4.19: Giorno tipo della concentrazione media oraria di NO₂ nel periodo dal 10 febbraio al 22 febbraio 2020 a confronto con la media 2014-2019 di tutte le stazioni.

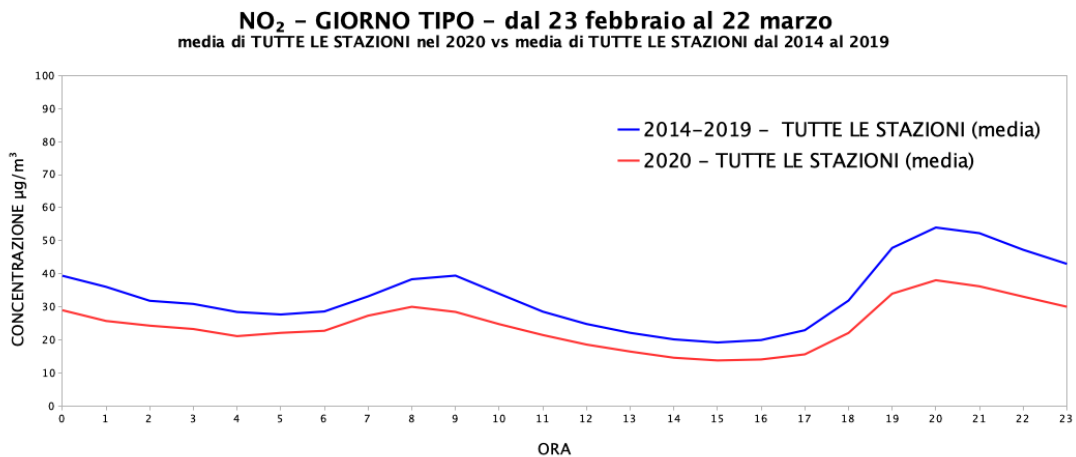


Figura 4.20: Giorno tipo della concentrazione media oraria di NO₂ nel periodo dal 23 febbraio al 22 marzo 2020 a confronto con la media 2014-2019 di tutte le stazioni.

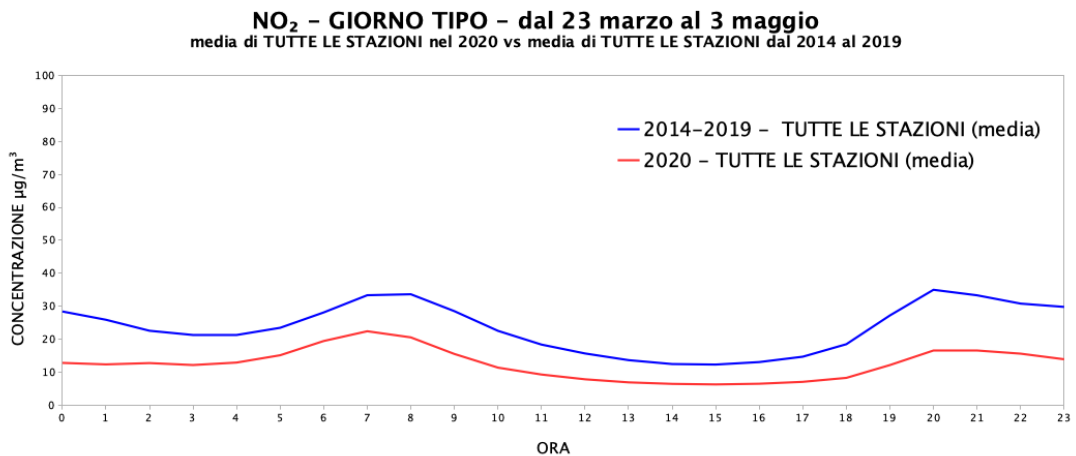


Figura 4.21: Giorno tipo della concentrazione media oraria di NO₂ nel periodo dal 23 marzo al 3 maggio 2020 a confronto con la media 2014-2019 di tutte le stazioni.

E' interessante inoltre osservare un altro aspetto derivante dall'analisi del giorno tipo nei tre intervalli sopra indicati e comune ai tre parametri NO, NO_x, NO₂.

L'analisi dell'andamento medio nei tre intervalli temporali individuati, indica una forte diminuzione della concentrazione degli ossidi di azoto in tutte le stazioni e, per ciascuna classe di composti dell'azoto, un allineamento delle concentrazioni. Nelle figure 4.22, 4.23, 4.24 si riporta ad esempio l'andamento sopra descritto per NO.

NO - GIORNO TIPO - dal 10 febbraio al 22 febbraio 2020
 stazioni in provincia di Padova

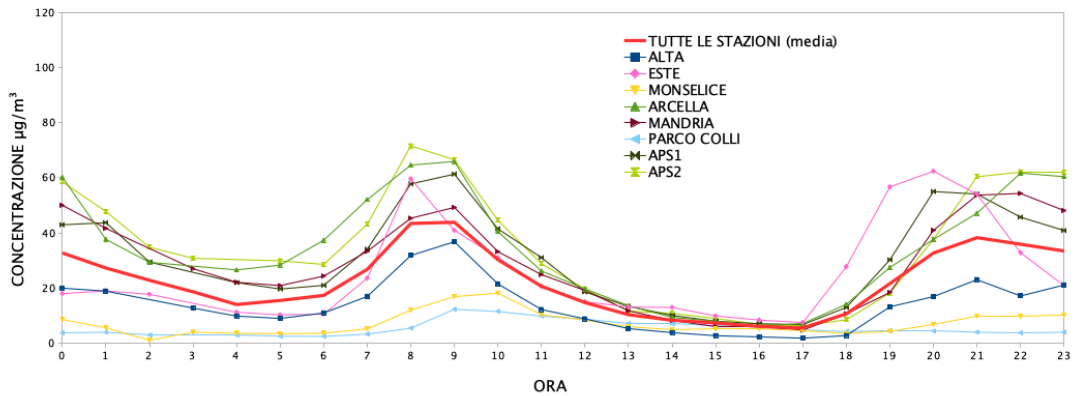


Figura 4.22: Giorno tipo della concentrazione media oraria di NO nel periodo dal 10 febbraio al 22 febbraio 2020 in tutte le stazioni.

NO - GIORNO TIPO - dal 23 febbraio al 22 marzo 2020
 stazioni in provincia di Padova

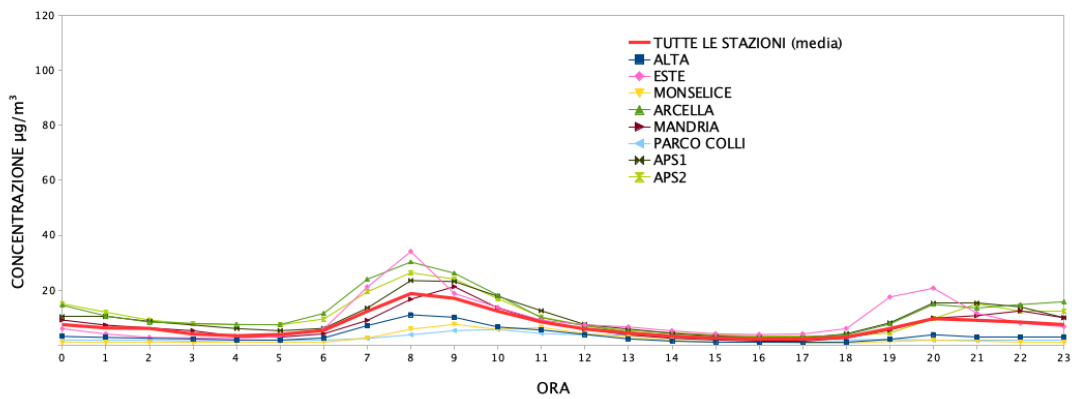


Figura 4.23: Giorno tipo della concentrazione media oraria di NO nel periodo dal 23 febbraio al 22 marzo 2020 in tutte le stazioni.

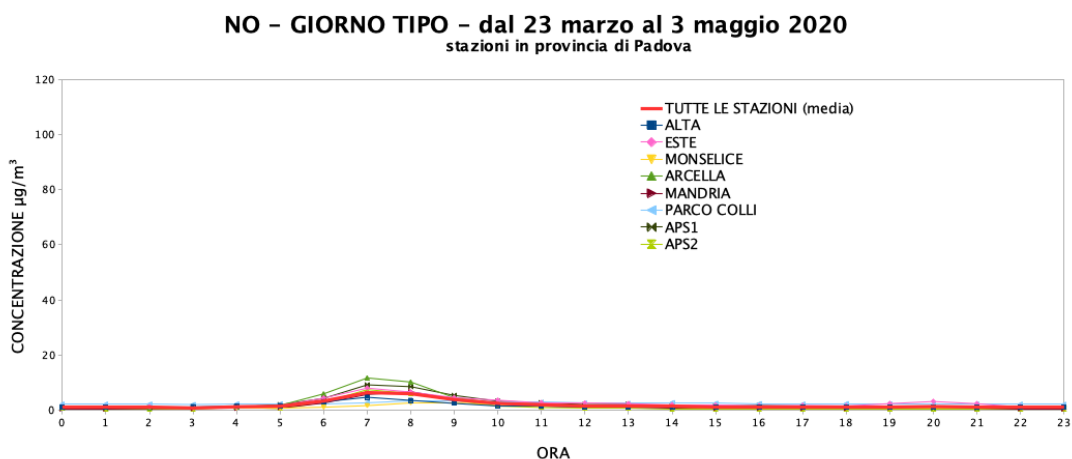


Figura 4.24: Giorno tipo della concentrazione media oraria di NO nel periodo dal 23 marzo al 3 maggio 2020 in tutte le stazioni.

4.5.2 NO, boxplot delle concentrazioni

A completamento dell'analisi degli ossidi di azoto si riporta un ulteriore approfondimento relativo al monossido di azoto e alle sue variazioni medie in tutte le stazioni o in specifiche stazioni nel 2020 rispetto alle annualità dal 2014 al 2019.

A tal fine sono stati analizzati gli andamenti a box plot di tutte le stazioni (figura 4.25) e delle tre stazioni di Arcella (traffico urbano), Mandria (fondo urbano) e Parco Colli (fondo rurale) (4.26, 4.27, 4.28). Nei grafici la 'scatola', delimitata in basso e in alto dal primo e dal terzo quartile (25 % e 75 % rispettivamente) è divisa da una linea più spessa che corrisponde alla mediana, mentre i cosiddetti 'baffi', cioè i segmenti esterni la scatola, indicano il valore minimo e il valore massimo della concentrazione del parametro. Al di fuori dei baffi ci sono dei punti ('outliers') che rappresentano valori estremi dovuti a situazioni particolari.

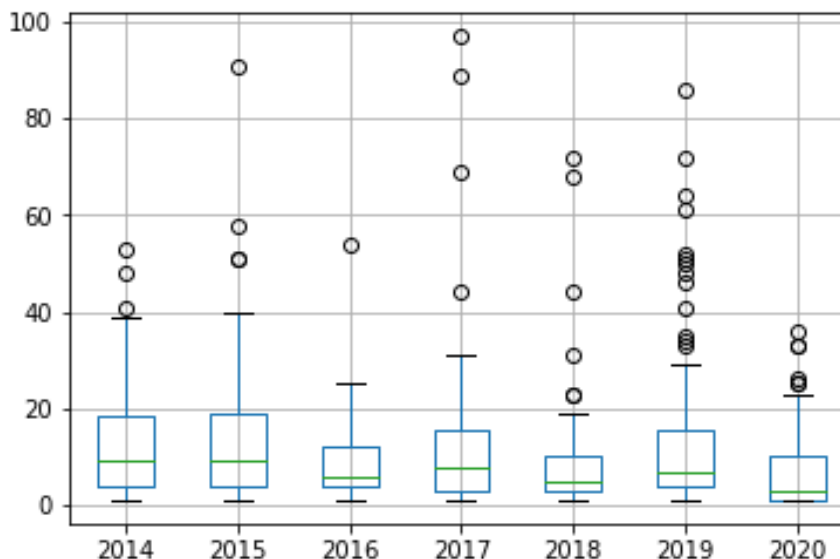


Figura 4.25: Boxplot delle concentrazioni pluriennali di NO per il periodo 10 febbraio - 3 maggio di tutte le stazioni della provincia di Padova.

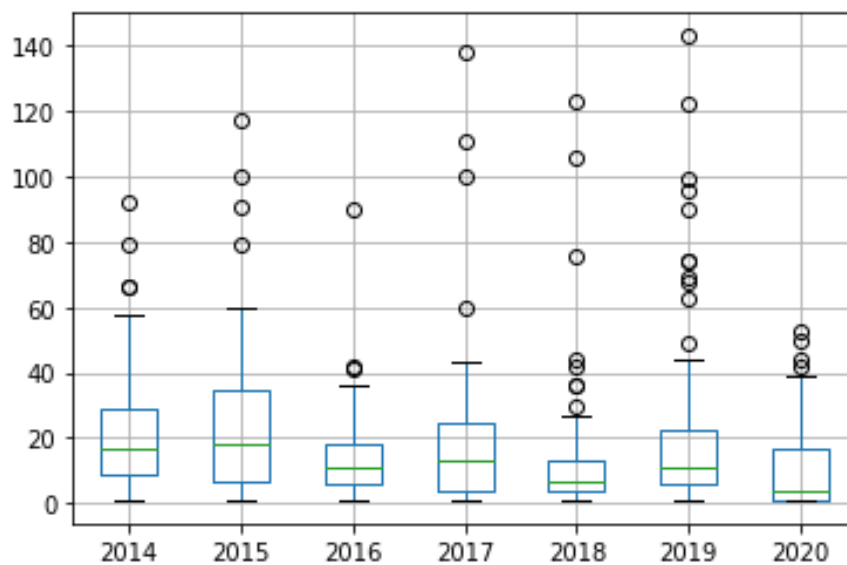


Figura 4.26: Boxplot delle concentrazioni pluriennali di NO per il periodo 10 febbraio - 3 maggio registrate all'Arcella.

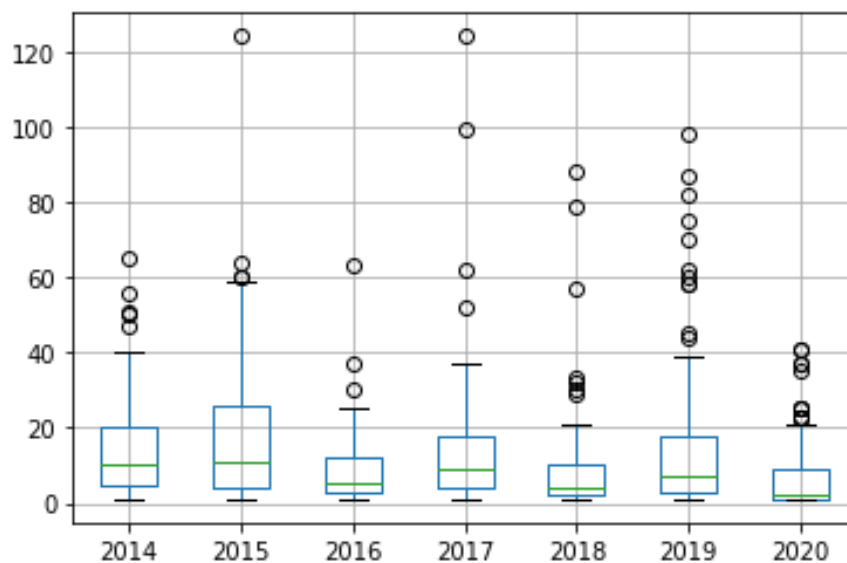


Figura 4.27: Boxplot delle concentrazioni pluriennali di NO per il periodo 10 febbraio - 3 maggio registrate a Mandria.

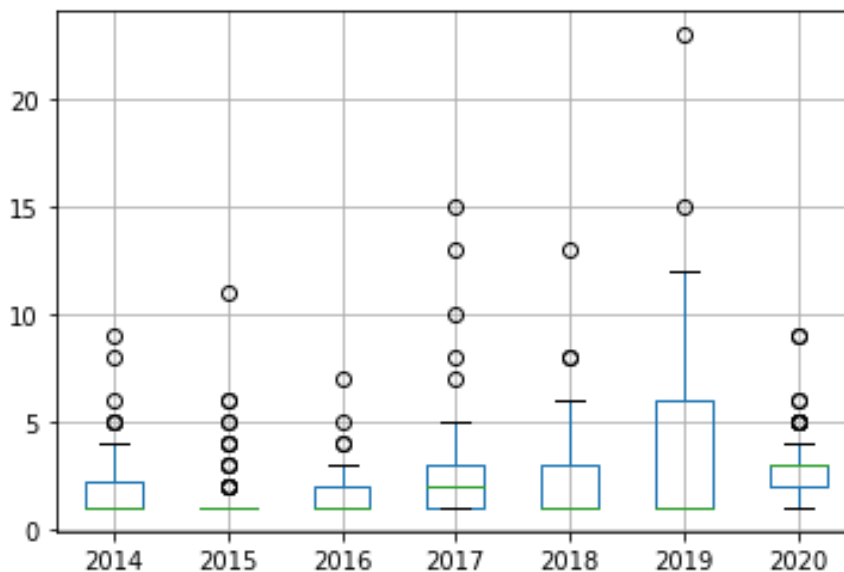


Figura 4.28: Boxplot delle concentrazioni pluriennali di NO per il periodo 10 febbraio - 3 maggio registrate a Parco Colli.

L'unica stazione che mediamente non mostra segni di evidente variazione è Parco Colli, la quale però presenta comunque una banda di oscillazione tra i due quartili e una presenza di outliers (valori anomali) inferiori rispetto agli ultimi tre anni. D'altra parte è la stazione che meno risente in generale dell'inquinamento da fonti emissive dirette per la sua posizione favorevole fra i Colli Euganei. Si noti infatti che a Parco Colli si registrano concentrazioni massime che non superano i $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre le concentrazioni massime di Mandria e Arcella si avvicinano anche a $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per concludere, i tre grafici successivi (4.29, 4.30, 4.31) rappresentano i boxplot delle concentrazioni medie per ogni anno nei tre periodi: dal 10 febbraio al 22 febbraio, dal 23 febbraio al 22 marzo e dal 23 marzo al 3 maggio. In essi è evidente il progressivo calo, più marcato dopo il DPCM del 22 marzo 2020, delle concentrazioni di NO.

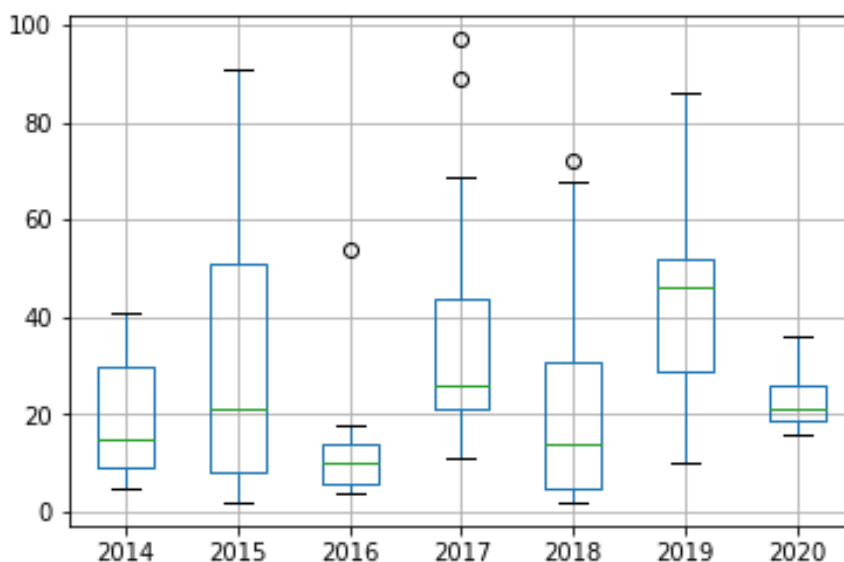


Figura 4.29: Boxplot delle concentrazioni pluriennali di NO per il periodo 10 febbraio - 22 febbraio registrate in provincia di Padova.

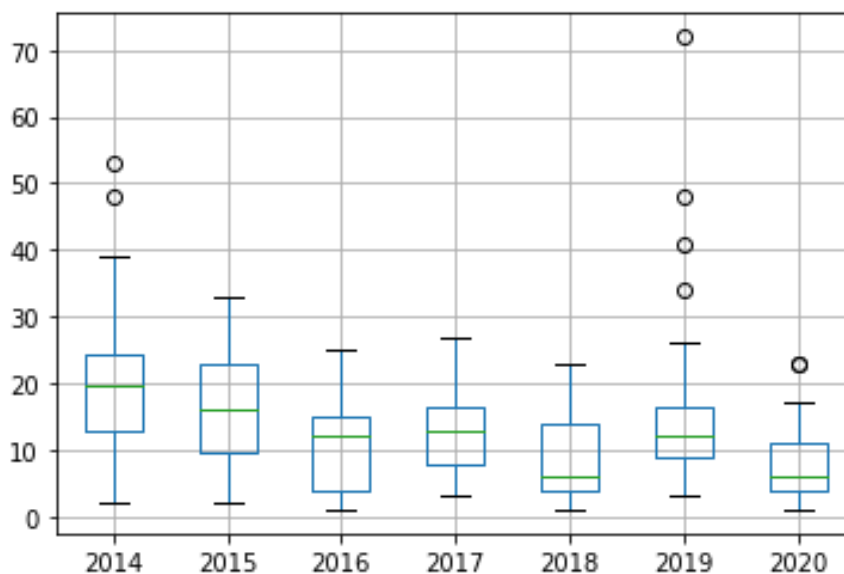


Figura 4.30: Boxplot delle concentrazioni pluriennali di NO per il periodo 23 febbraio - 22 marzo registrate in provincia di Padova.

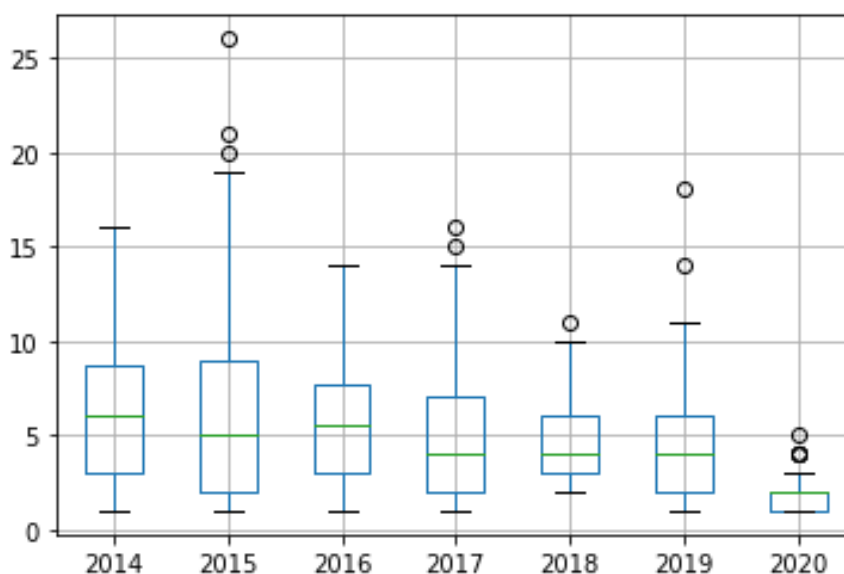


Figura 4.31: Boxplot delle concentrazioni pluriennali di NO per il periodo 23 marzo - 3 maggio 2020 registrate in provincia di Padova.

4.5.3 Analisi degli scarti percentuali delle mediane per NO e NO₂

Come per il PM₁₀, anche per i due parametri NO e NO₂ si sono considerati gli scarti percentuali delle mediane registrati complessivamente e nei tre sottointervalli 10 -22 febbraio, 23 febbraio - 22 marzo e 23 marzo - 3 maggio 2020, rispetto a quelli dello storico di riferimento preso in esame.

Nelle tabelle 4.2 e 4.3 si riportano i risultati delle valutazioni effettuate.

Intervallo temporale	Mediana 2014-2019 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Mediana 2020 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Scarto percentuale [%]
10-22 febbraio	16	23	41
23 febbraio-22 marzo	9	4	-56
23 marzo-3 maggio	3	1	-67
10 febbraio-3 maggio	5	3	-40

Tabella 4.2: Scarto percentuale della mediana di NO nel 2020 rispetto al periodo di riferimento 2014-2019

Intervallo temporale	Mediana 2014-2019 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Mediana 2020 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Scarto percentuale [%]
10-22 febbraio	40	39.5	-1
23 febbraio-22 marzo	34	23	-32
23 marzo-3 maggio	23	11	-52
10 febbraio-3 maggio	29	17	-41

Tabella 4.3: Scarto percentuale della mediana di NO₂ nel 2020 rispetto al periodo di riferimento 2014-2019

Come per il PM₁₀ i valori degli scarti evidenziano complessivamente e per entrambi i parametri una diminuzione delle concentrazioni nel 2020 rispetto al 2014-2019. In questo caso però lo scarto più consistente risulta associato al periodo 23 marzo - 3 maggio 2020.

I valori delle riduzioni percentuali delle mediane associate al periodo 23 febbraio-22 marzo risultano coerenti con quelli valutati anche per l'intero territorio regionale nell'ambito del documento realizzato dall'Osservatorio Aria "Effetti del lockdown durante l'emergenza COVID-19 in Veneto - Valutazione dei livelli di inquinanti in aria e delle emissioni in atmosfera" (²).

²Consulta il [link](#)

Capitolo 5

Approfondimenti

5.1 Breve sintesi meteorologica del periodo 10/02-03/05/2020

5.1.1 Precipitazioni

Il periodo 10 febbraio - 3 maggio 2020 è risultato decisamente poco piovoso. Si contano complessivamente 19 giorni piovosi (giorni con precipitazione accumulata in 24h superiore o uguale ad 1 mm) in provincia di Padova e di questi solo 8 giorni con precipitazione estesa a tutta la provincia. Gli apporti pluviometrici risultano per lo più inferiori ai 10 mm in 24h, salvo nelle giornate del 1-2 e 6 marzo e del 28 e 30 aprile, quando comunque mediamente su tutta la provincia non si raggiungono i 20 mm in 24h. L'unica accumulata giornaliera significativa di tutto il periodo si registra a Grantorto il 2 marzo (43 mm in 24h).

5.1.2 Vento

Nel complesso il periodo, come già detto, è risultato piuttosto ventoso. Ed è il vento il parametro meteorologico che ha avuto il ruolo dominante nel corso del periodo sull'accumulo o la dispersione degli inquinanti atmosferici.

Come spesso accade nel periodo a cavallo tra fine inverno e inizio primavera quando il contrasto fra le masse d'aria polari e continentali con quelle mediterranee risulta più marcato, tra il 10 febbraio e il 3 maggio 2020 si sono registrati vari eventi ventosi significativi. Si può dire che il periodo analizzato è stato spiccatamente ventoso rispetto alla norma dell'area in esame, in particolare le giornate del 25-29 febbraio, del 25-31 marzo, il 5-6 aprile e il 14 aprile. La presenza di venti intensi, sia in termini medi che istantanei (raffiche) in alcuni casi e soprattutto per alcuni inquinanti hanno giocato un ruolo determinante nella variazione delle concentrazioni. Emblematico fra tutti l'evento di fine marzo che ha portato le concentrazioni di polveri fini da valori inferiori ai $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ a valori mediamente ovunque sopra i $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ per effetto del trasporto da regioni centro asiatiche.

Analizzando le intensità del vento medio nelle stazioni meteorologiche selezionate si trova che il 65 % delle giornate del periodo 10 febbraio - 3 maggio 2020 ha registrato una media del vento medio su tutte le stazioni superiore a 5 km/h, e il 20 % delle giornate una media superiore ai 10 km/h.

In figura 5.1 si riporta la rosa dei venti complessiva delle giornate in cui l'intensità del vento medio è risultata superiore o pari a 10 km/h. Come evidente risultano venti provenienti in prevalenza da Nord-Est.

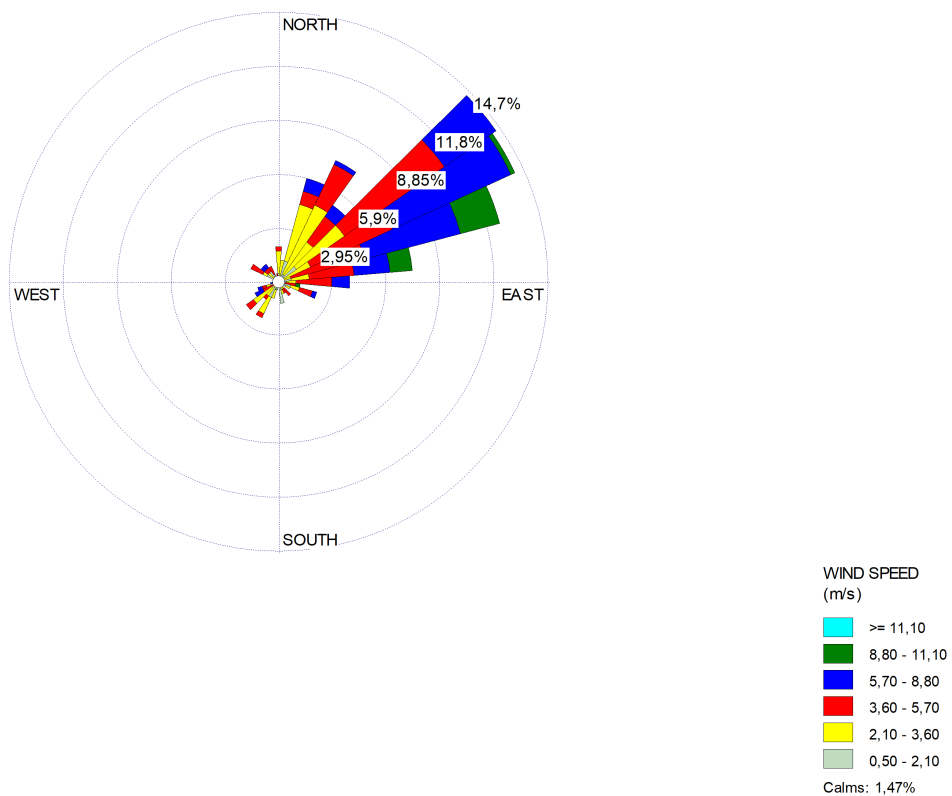


Figura 5.1: Rosa dei venti a Legnaro relativa ai giorni con vento medio superiore ai 10 km/h. Periodo 10/02-03/05/2020

5.2 Fohen di fine febbraio e diminuzione del particolato PM10

Nel presente focus si analizza in termini meteorologici un episodio in cui le polveri fini nell'area meridionale dei Colli Euganei hanno registrato concentrazioni particolarmente basse per il periodo e rispetto ai giorni precedenti.

Il periodo considerato è quello del 25-29 febbraio 2020 e le stazioni prese in esame sono quelle di Parco Colli (PM10), Este (PM2.5) e Monselice (PM2.5) per la qualità dell'aria e Legnaro, Ospedaletto, Teolo, Grantorto per i parametri meteorologici. Dato che i fenomeni meteorologici agiscono ad una scala significativa spesso inferiore all'ora, si sono considerate nelle stazioni di qualità dell'aria solo le concentrazioni di polveri fini e ultrafini registrate in automatico su scala bioraria, cioè le uniche che scendano ad un dettaglio inferiore alle 24h.

Per completezza di informazione, si fa presente che nei primi due mesi del 2020 si sono presentati altri due eventi analoghi a quello qui esaminato e riconducibili ad eventi di fohen. Si tratta dell'evento del 20 gennaio e di quello del 5-6 febbraio. Anche nel corso di questi due eventi si sono registrate concentrazioni anomalmente basse per il periodo di polveri fini, e in entrambi i casi, da un punto di vista meteorologico, si sono registrati intensi eventi di fohen.

Il foehn è un fenomeno tipico nelle aree montane e nel periodo invernale. Tuttavia, non è raro che nei mesi di gennaio e febbraio si manifesti con un'intensità tale da riuscire ad estendersi alla pianura, parzialmente o totalmente, per effetto delle forti differenze termiche tra le masse d'aria caratteristiche del periodo.

5.2.1 Analisi dell'andamento biorario delle polveri

Nel grafico in figura 5.2 si riportano le concentrazioni biorarie di polveri fini e ultrafini registrate dalle stazioni di Parco Colli (PM10), Monselice (PM2.5) e Este (PM2.5).

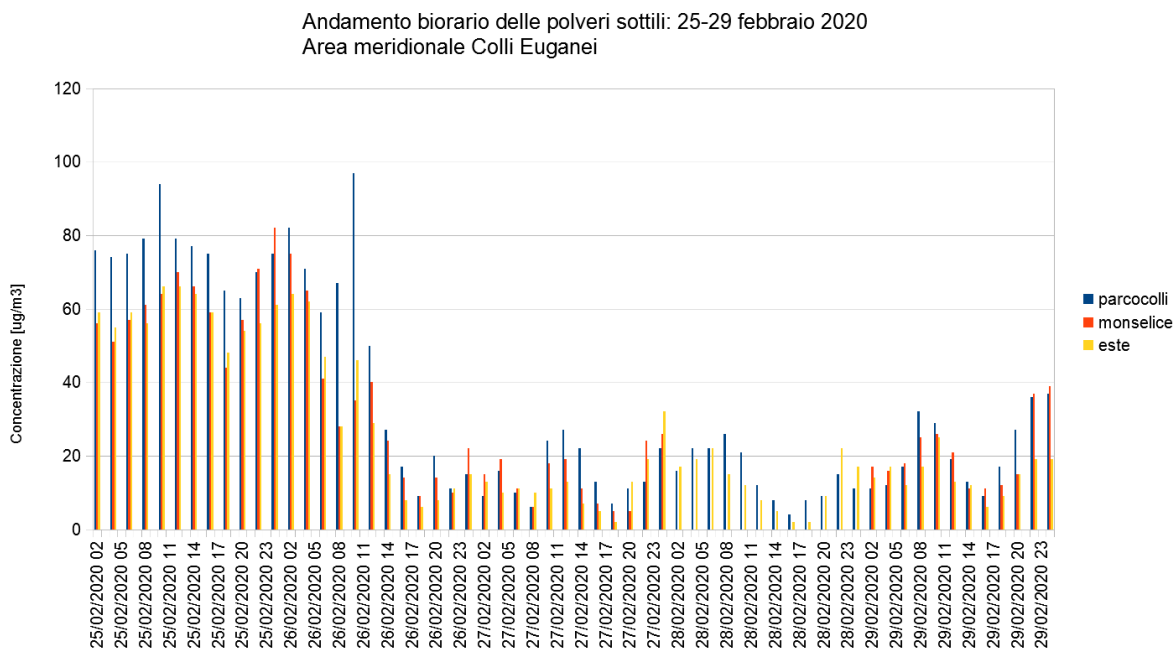


Figura 5.2: andamento biorario delle concentrazioni di polveri fini e ultrafini dal 25 al 29 febbraio 2020

Dalla figura è evidente un marcato crollo della concentrazione delle polveri in corrispondenza al 26 febbraio in tutte tre le stazioni considerate, sia in termini di PM10 che di PM2.5. Le concentrazioni, come si osserva, si sono mantenute almeno fino al pomeriggio del 29 febbraio su livelli inferiori al limite giornaliero di $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ ma più in generale ben al di sotto dei $40\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nello specifico, indagando l'andamento biorario dei valori di concentrazione di polveri fini registrate a Parco Colli, unica delle tre stazioni considerate ad avere un analizzatore di PM10 biorario, si vede che

il 26 febbraio alle ore 10:00 il valore di concentrazione registrato è pari a $97\mu\text{g}/\text{m}^3$, alle 12:00 il valore è quasi dimezzato e pari a $50\mu\text{g}/\text{m}^3$, alle 14:00 è $27\mu\text{g}/\text{m}^3$ e da lì, scendendo fino a $9\mu\text{g}/\text{m}^3$ alle 18:00, si mantiene per i tre giorni successivi mediamente ben al di sotto dei $30\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Controllando le corrispondenti concentrazioni di ozono si osserva che dalla mattinata del 26 febbraio le concentrazioni crescono e per i tre giorni successivi si mantengono su valori elevati per il periodo, anche nelle ore notturne. Questo andamento, nel semestre invernale, si può manifestare sia in presenza di forti inversioni notturne e/o copertura nuvolosa medio-bassa che, come si ritiene sia accaduto in questo caso, in presenza di foehn, fenomeno tipicamente caratterizzato da un aumento sensibile della ventosità e da un rialzo significativo dei valori termici. Entrambi questi fattori, che influiscono sul rimescolamento all'interno del boundary layer, possono aver giocato un ruolo importante sul calo registrato nelle concentrazioni delle polveri fini.

Nel grafico di figura 5.3 si riporta l'andamento dell'ozono registrato a Parco Colli dal 25 al 29 febbraio 2020.

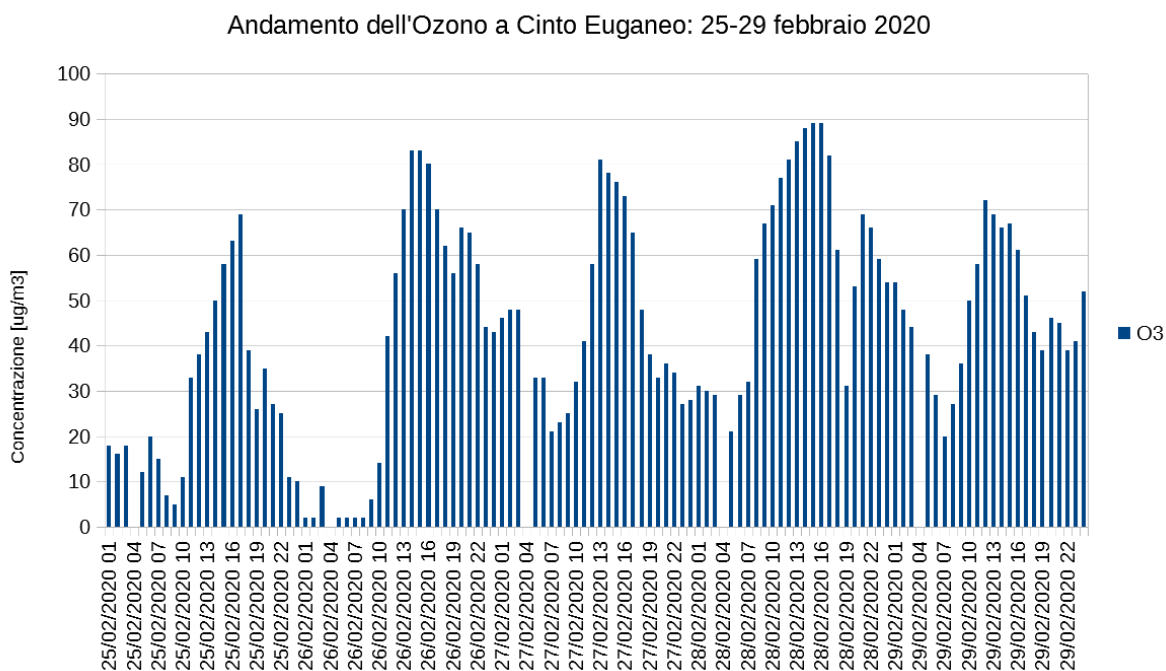


Figura 5.3: concentrazioni di ozono a Parco Colli, 25-29 febbraio 2020

Dal grafico precedente è evidente quanto sopra accennato in merito alla presenza di concentrazioni elevate in tutto il periodo in esame.

Tenuto conto di quanto sopra, di seguito si analizza la situazione meteorologica relativa al periodo 25-29 febbraio 2020.

5.2.2 Analisi meteorologica

Da un punto di vista meteorologico il periodo in questione, come già detto, è stato caratterizzato da un intenso e prolungato evento di foehn che ha interessato, a partire dalla montagna veneta, anche la pianura, estendendosi almeno a tutta la provincia di Padova. Le stazioni meteo esaminate sono quelle di Grantorto (a Nord dei Colli), Legnaro (a Est dei Colli), Ospedaletto (a Sud dei Colli) e Teolo (sui Colli, a Nord rispetto alle stazioni di misura della qualità dell'aria sopra esaminate).

Si analizzano per tutte le stazioni i parametri meteorologici orari di precipitazione, direzione del vento, intensità del vento medio e temperatura media. Inoltre si considerano anche i valori di temperatura massima assoluta giornaliera e massima raffica di vento giornaliera.

Precipitazioni (mm/h)

Dal 25 al 29 febbraio 2020 le stazioni meteorologiche considerate non registrano precipitazioni. Gli eventi di foehn non sono infatti connessi a precipitazioni, anche se si manifestano proprio a causa di masse d'aria molto umide che impattano contro l'arco alpino a Nord.

Temperatura (°C) e Umidità relativa (%)

L'analisi dei due parametri temperatura e umidità conferma l'ipotesi che nelle giornate esaminate vi sia stato nell'area di interesse un prolungato evento di foehn.

Per agio interpretativo dei ragionamenti successivi si riporta la tabella 5.4 che copre il periodo 20 febbraio – 4 marzo 2020:

	Grantorto		Legnaro		Ospedaletto		Teolo	
	Tx	Urm	Tx	Urm	Tx	Urm	Tx	Urm
20/02/2020	14,1	77	13,1	80	14,7	73	14,3	59
21/02/2020	12,6	80	>>	82	14,2	79	11,3	70
22/02/2020	15,4	73	15,5	76	15,7	76	14,3	65
23/02/2020	13,5	88	12,3	93	12,9	88	11,5	85
24/02/2020	13,7	91	12,8	94	15,2	90	13,2	92
25/02/2020	13,2	95	14,7	94	15,7	92	13,7	93
26/02/2020	14,6	76	16,1	75	16,6	71	15,3	71
27/02/2020	13,6	57	13,3	58	13,1	54	12,9	41
28/02/2020	16	39	n. d.	42	16	41	15,5	26
29/02/2020	12,1	60	12,5	67	13,2	60	11,6	49
01/03/2020	8,7	97	9,3	93	10	91	7,9	94
02/03/2020	11	100	11,9	100	12	98	8,6	99
03/03/2020	11,6	97	11,7	93	12,2	96	9,8	97
04/03/2020	12,9	80	12,4	78	13,5	79	12,4	71

Figura 5.4: valori termoiometrici del periodo 20/02-04/03/2020 in provincia di Padova

Nella tabella si è evidenziato il periodo oggetto di indagine. I valori riportati sono la temperatura massima giornaliera (Tx) e l'umidità relativa media giornaliera URm (%). La cosa più evidente è che il valore medio giornaliero di URm (%) del periodo 26-29 febbraio, mediamente si discosta sensibilmente da quello del resto del periodo. Il secondo aspetto è la temperatura massima giornaliera, soprattutto del giorno 26 quando il valore risulta il più alto nell'ambito delle due settimane riportate. Entrambi i parametri già danno un'indicazione chiara in merito alla presenza di foehn (innalzamento temperatura, più sensibile abbassamento dell'umidità relativa).

In figura 5.5 si riporta il grafico dell'andamento orario di URm e Tmedia nel periodo 25-29 febbraio 2020. A titolo indicativo di una situazione comune fra le 4 stazioni considerate si è riportata la serie dei dati registrati dalla stazione di Ospedaletto Euganeo.

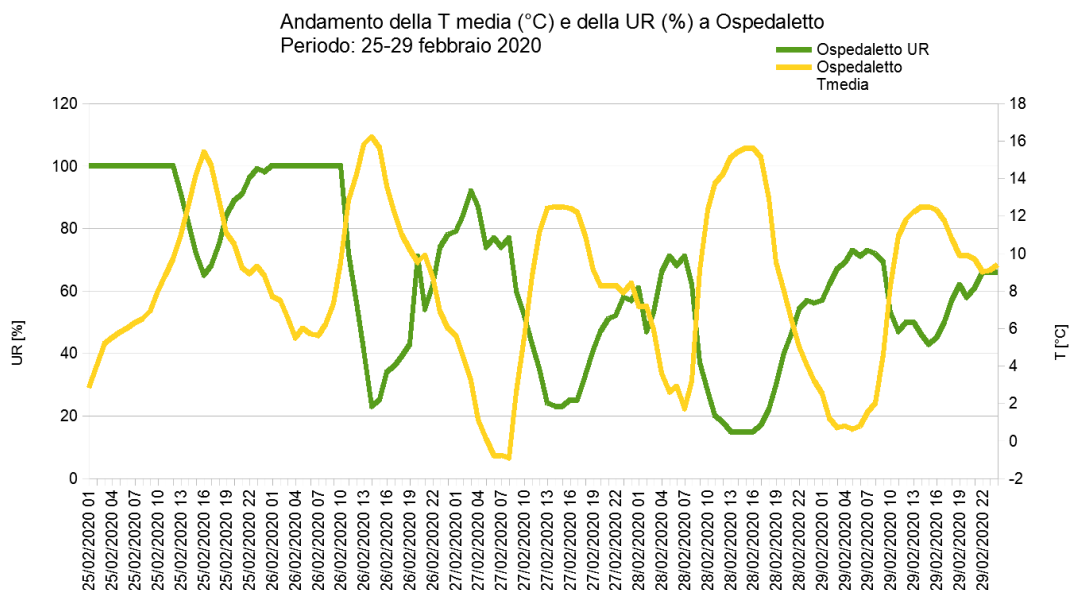


Figura 5.5: Andamento termoisometrico del periodo 25-29 febbraio 2020, Ospedaletto Euganeo

Risulta evidente il crollo dell'umidità relativa da tipici valori attorno al 100 % fino al mattino del 26 febbraio a valori decisamente inferiori nel corso dei giorni successivi.

Vento (m/s e km/h)

Anche l'analisi dei dati di vento conferma la presenza di un evento di foehn sull'area esaminata. La provincia di Padova infatti, specie nel periodo invernale, è caratterizzata da venti molto deboli, il che favorisce il ristagno di inquinanti. Schematizzando al massimo la climatologia dell'area si può affermare che nel periodo invernale le uniche situazioni meteorologiche in cui la ventilazione subisce delle significative intensificazioni sono quelle in cui vi è la bora o quelle in cui il foehn si estende alla pianura.

Tra il 25 e il 29 febbraio 2020 la direzione del vento nelle 4 stazioni esaminate risulta sostanzialmente variabile, con una prevalenza tra il 25 e il 27 di venti dal quadrante Sud-Occidentale e tra il 28 e il 29 di venti da Nord-Nordest.

A titolo di esempio ad Ospedaletto in corrispondenza al periodo tra le 09:00 e le 14:00 del 26, quando in sostanza si è registrato un vero e proprio cambiamento nelle condizioni meteorologiche del periodo, la direzione di provenienza dei venti è quella indicata in figura 5.6.

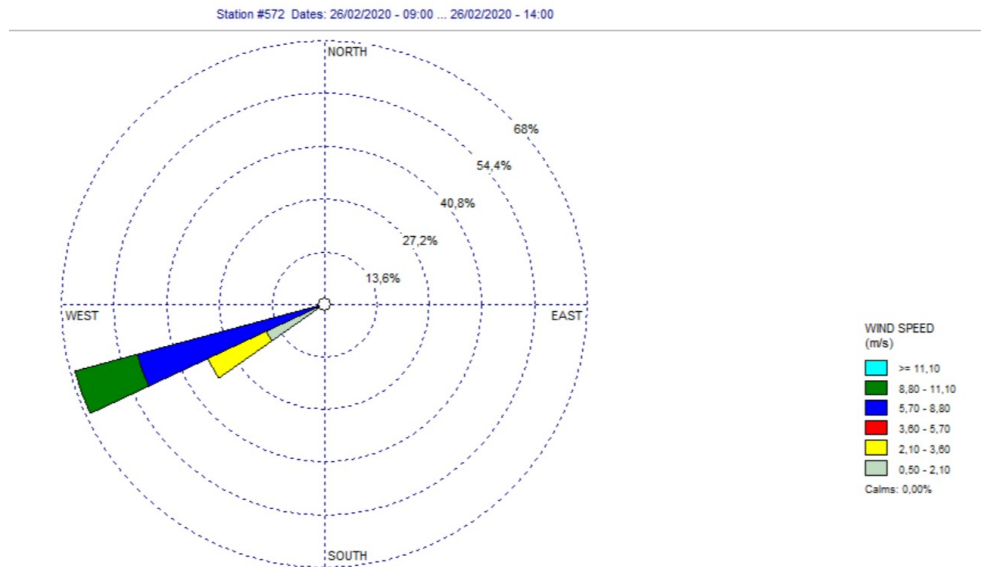


Figura 5.6: Rosa dei venti a Ospedaletto Euganeo. Dalle 09 alle 14 del 26 febbraio 2020

Tra il 26 e il 29 febbraio 2020 si sono registrate raffiche di vento tra 20 e 65 km/h, non tipiche per la pianura padana in periodo invernale, salvo eventi di foehn o eventi di bora. Il 25 febbraio le raffiche si sono mantenute tra 10-20 km/h.

Il vento medio nel corso del periodo è rimasto su livelli di intensità più elevati rispetto alla norma invernale della provincia. In tabella 5.7 si riporta il range di variazione misurato.

Vento medio	Grantorto	Legnaro	Ospedaletto	Teolo
25/02/20	1-6 km/h	2-12 km/h	1-5 km/h	3-11 km/h
26/02/20	1-22 km/h	2-31 km/h	0-33 km/h	3-37 km/h
27/02/20	1-12 km/h	2-14 km/h	1-11 km/h	1-15 km/h
28/02/20	1-15 km/h	2-24 km/h	1-13 km/h	4-15 km/h
29/02/20	1-11 km/h	1-11 km/h	1-3 km/h	6-12 km/h

Figura 5.7: Intensità del vento medio in provincia di Padova, 25-29 febbraio 2020

In conclusione, a seguito dell'analisi effettuata **si ritiene estremamente probabile che il calo della concentrazione delle polveri per le giornate di interesse sia dovuto alla presenza di un elevato grado di rimescolamento nei bassi strati dell'atmosfera per effetto della presenza di condizioni di marcato foehn.**

5.3 Venti orientali di fine marzo e incremento del particolato in provincia di Padova

Di seguito si analizza in termini meteorologici un evento verificatosi tra il 27 e il 29 marzo 2020 in cui le polveri in tutta la provincia di Padova hanno registrato concentrazioni particolarmente elevate per tre giorni consecutivi, con un andamento del tutto impreveduto e discontinuo rispetto alla stagione e ai giorni precedenti.

Si tratta di un fenomeno esteso che ha riguardato non solo tutta la realtà della pianura veneta, ma anche altre regioni italiane lungo la costiera adriatica.

Per interpretarlo correttamente è necessario estendere il periodo di analisi meteorologica a qualche giorno prima e ad un paio di giorni successivi, considerando il periodo 24-31 marzo 2020.

5.3.1 Analisi delle polveri fini PM10 e ultrafini PM2.5

Nel periodo 27-29 marzo 2020 le polveri fini PM10 in provincia di Padova si sono mantenute su valori mediamente tra 99 e 122 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con valori massimi giornalieri compresi tra 120 e 142 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

I valori di sintesi sono riportati in tabella 5.1, ove, per completezza di informazione si riportano anche i dati del 26 e del 30 marzo.

Stazione	PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] 26 marzo 2020	PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] 27 marzo 2020	PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] 28 marzo 2020	PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] 29 marzo 2020	PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] 30 marzo 2020
Mandria	16	102	105	121	33
Arcella	25	103	122	132	31
Granze	27	120	142	128	35
APS1	21	102	125	131	41
APS2	17	104	120	122	34
Tombolo	18	70	109	107	29
Monselice	21	110	134	124	36
Este	16	94	117	110	36
Parco Colli	16	87	128	105	40

Tabella 5.1: Valori di concentrazione delle polveri fini in provincia di Padova, 26-30 marzo 2020

Come visibile in tabella i valori giornalieri sono ben allineati, ad indicare un'origine comune della fonte emissiva.

I valori di concentrazione registrati il 27 marzo corrispondono ad uno scarto percentuale medio rispetto al giorno precedente compreso tra il 300 e il 500 %, essendo i valori di concentrazione registrati il 26 marzo 2020 compresi tra 16 e 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

In corrispondenza, nei giorni 27-29 marzo i valori di concentrazione di PM2.5 si sono mantenuti su valori tra 25 e 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, contro valori di concentrazione del 26 marzo 2020 compresi tra 8 e 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con uno scarto percentuale tra i dati del 26 e del 27 marzo compreso tra 90 e 200 %.

Ciò significa che la componente ultrafine PM2.5 delle polveri PM10, registrata tra il 27 e il 29 marzo 2020, è attorno al 25-45 %, ben inferiore rispetto alla percentuale standard deducibile dalle medie 2014-2019 per lo stesso periodo in provincia di Padova e superiori al 60 -75 %. Quest'ultimo aspetto è un'ulteriore conferma dell'origine esotica delle polveri rilevate nel periodo esaminato.

5.3.2 Analisi meteorologica

Al fine di comprendere meglio quanto sopra in merito al trasporto delle polveri nel periodo 27-29 marzo 2020 sulla regione e in particolare sulla provincia di Padova, qui di seguito si analizza per sommi capi la situazione meteorologica presente sul Veneto nel periodo tra il 24 e il 31 marzo 2020.

Nelle giornate 24-29 marzo 2020 la compresenza di un forte campo di alta pressione (1035 mb) continentale sulla Russia a Nord e in progressiva estensione alle nostre latitudini e un minimo depressionario relativo (1005 mb) sul Mediterraneo centrale a Sud, ha favorito, per effetto del marcato gradiente barico fra i due centri, l'afflusso sulle regioni centro e nord adriatiche italiane di aria proveniente dal continente asiatico (fig 5.8). Tra il 30 e il 31 marzo si è assistito all'ingresso di correnti da Nord per effetto del transito sull'arco alpino di un fronte freddo artico.

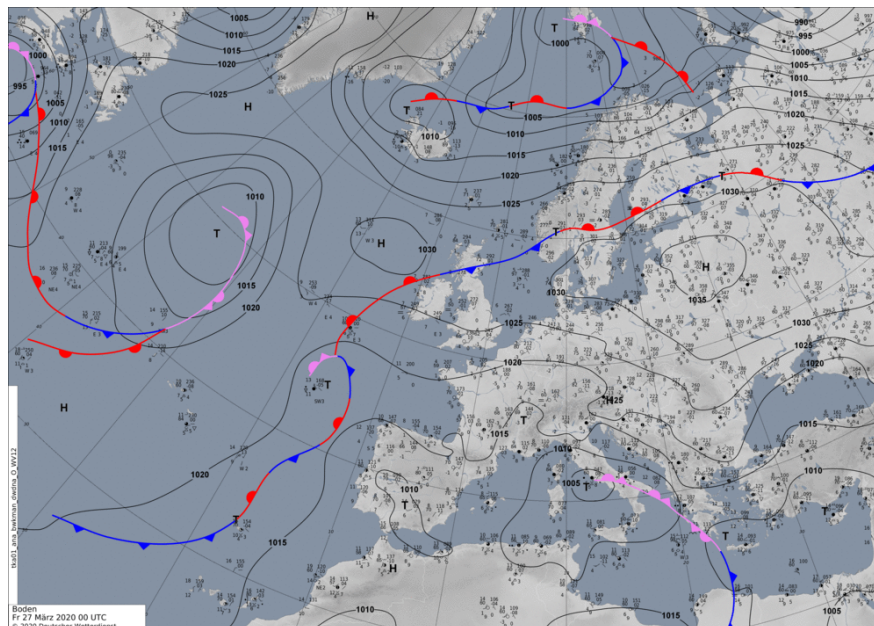


Figura 5.8: Campo barico alle 00 UTC del 27 marzo 2020 [fonte: DWD]

Questa situazione, evidenziata anche da altre ARPA regionali (in particolare l'Emilia Romagna, che attraverso lo studio delle back trajectories, ha indicato come origine di provenienza del particolato il Mar Caspio e la traiettoria attraverso il Mar Nero e poi i Balcani [<https://www.arpae.it/>]) ha comportato in molte regioni italiane che si affacciano sull'Adriatico, un inconsueto e significativo aumento delle concentrazioni delle polveri fini in un periodo in cui generalmente, per motivi stagionali, le stesse presentano valori molto contenuti e generalmente entro i $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tale accumulo si è registrato in particolare nelle giornate del 27-29 marzo quando, dopo due giorni e mezzo di vento sostenuto proveniente dai quadranti orientali, il campo barico, leggermente attenuatosi, ha permesso il progressivo accumulo degli inquinanti in transito. La successiva intensificazione del campo barico dovuta al transito del fronte freddo settentrionale ha riportato i livelli di concentrazione delle polveri alla normalità stagionale.

Nei giorni dal 27 al 29 marzo, come è lecito aspettarsi in condizioni di venti orientali, non si sono registrate precipitazioni in provincia di Padova. L'aspetto più significativo infatti del periodo in termini meteorologici è stato senz'altro, come già indicato, quello anemometrico. L'unico giorno in cui si è registrata precipitazione nel periodo 24-31 marzo 2020 è stato il 30 con 2-8 mm/24h con precipitazioni nevose sull'arco alpino per effetto del significativo calo termico che in provincia di Padova è risultato di 5-8 °C.

Dalle ultime ore del 24 marzo fino a tutto il 27, la direzione media oraria del vento rilevato dalle stazioni meteo di Grantorto, Legnaro, Ospedaletto, Teolo e Tribano è proveniente da Nord, Nord-Est e Est per effetto dell'approfondimento progressivo alle nostre latitudini di un campo di alta pressione russo-siberiano da Est.

Nei giorni 28 e 29 marzo la direzione del vento medio risulta più variabile e, a tratti, anche dai quadranti occidentali. Nella figura 5.9 è riportata la rosa dei venti relativa alla stazione di Legnaro per il periodo 24-31 marzo 2020, dalla quale risulta evidente che la direzione prevalente dei venti di maggior intensità è per tutta la settimana da Nord-Est.

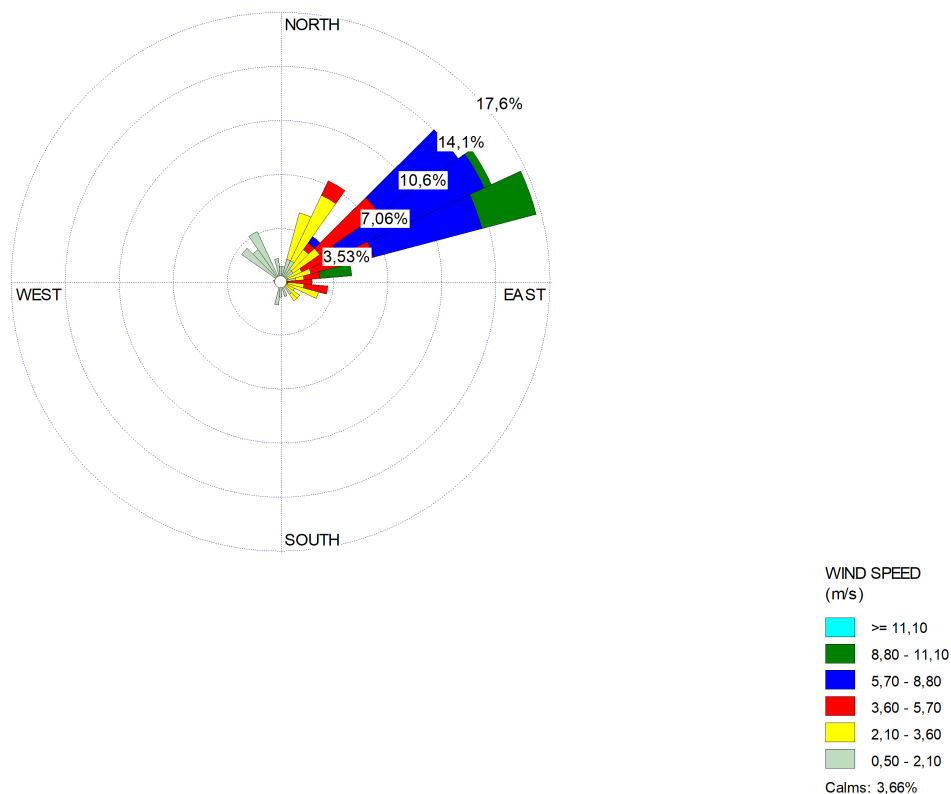


Figura 5.9: Rosa dei venti a Legnaro, 24-31 marzo 2020

A partire dal pomeriggio del 24 marzo l'intensità del vento medio inizia ad aumentare portandosi da 1-4 km/h a valori mediamente di 12 km/h con picchi attorno a 20 km/h. Il 25 e 26 marzo il vento medio si mantiene intenso con valori medi di 22 km/h e picchi attorno ai 40 km/h. Nella mattinata del 27 marzo il vento medio è attorno ai 20 km/h e poi inizia a calare, riportandosi in serata a valori tra 2-5 km/h e ivi assestandosi nei due giorni successivi.

Analogamente al vento medio, le raffiche giornaliere registrano valori più elevati tra il 24 e il 26 marzo (30-70 km/h), per poi calare tra il 27 e il 29 marzo (dai 40-60 km/h del mattino del 27 ai 14-20 km/h del 29 marzo), consentendo l'accumulo degli inquinanti trasportati.

Nei due giorni successivi, 30 e 31 marzo, un'ulteriore intensificazione del vento, sia in termini medi che di raffica (compresa tra 30-50 km/h) riporta, grazie al rimescolamento, i valori delle polveri a livelli "normali" (il 30 sotto i $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e poi il 31 sotto i $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Analizzando nel dettaglio l'intensità del vento medio orario e la raffica di vento giornaliera (massima intensità istantanea del vento nel corso delle 24h) si trovano i valori di sintesi riportati nelle tabelle 5.2 e 5.3.

Stazione	Vento medio [km/h] 27 marzo 2020	Vento medio [km/h] 28 marzo 2020	Vento medio [km/h] 29 marzo 2020
Grantorto	6	4	3
Legnaro	16	6	5
Ospedaletto	12	3	4
Teolo	18	6	5
Tribano	15	6	5

Tabella 5.2: Valori di intensità media del vento a 10m nelle stazioni meteo considerate

Stazione	Raffica di vento [km/h] 27 marzo 2020	Raffica di vento [km/h] 28 marzo 2020	Raffica di vento [km/h] 29 marzo 2020
Grantorto	24	19	14
Legnaro	50	21	21
Ospedaletto	41	17	14
Teolo	60	17	18
Tribano	52	21	21

Tabella 5.3: Valori di raffica del vento a 10m nelle stazioni meteo considerate

La sintesi dell'andamento delle polveri PM10 rispetto al vento medio è riportata in figura 5.10, dove i valori di PM10 si riferiscono alla media dei valori di tutte le stazioni della provincia e quelli di vento medio sono la media dei venti medi giornalieri di tutte le stazioni meteo considerate.

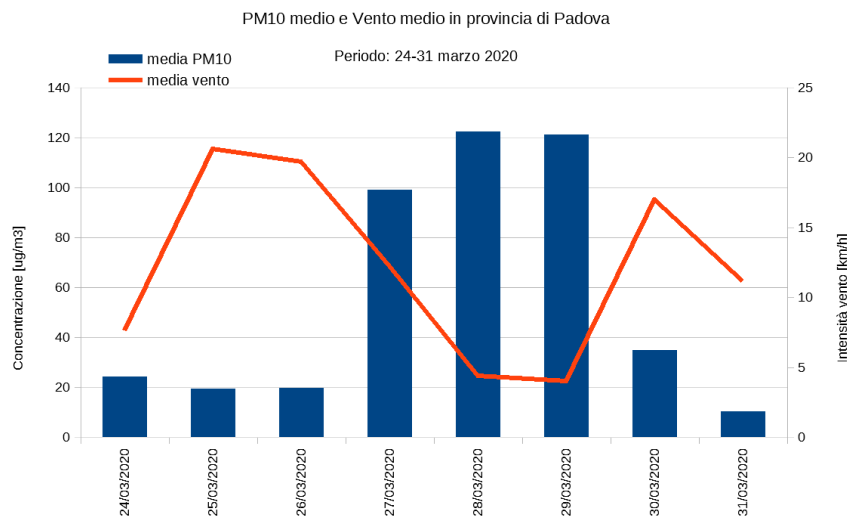


Figura 5.10: Concentrazioni di PM10 e vento medio in provincia di Padova

Il grafico precedente mette in luce il consistente aumento delle polveri in corrispondenza alla diminuzione dell'intensità del vento e viceversa.

Come ulteriore informazione in merito alla relativa "calma di vento" dei giorni 28 e 29 marzo rispetto al periodo 24-31 marzo, le figure successive (5.11 e 5.12) riportano i profili termici verticali e i relativi gradienti di inversione come misurati dal radiometro di Padova.

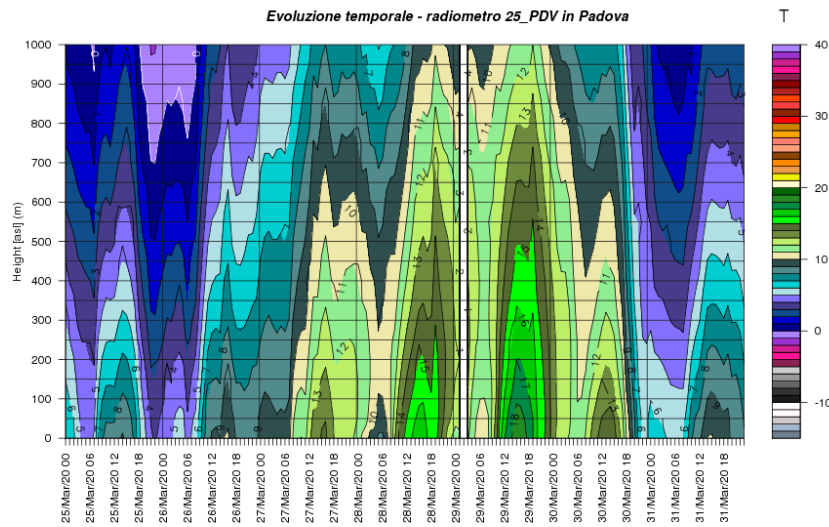


Figura 5.11: Profilo termico verticale a Padova nel periodo 25-31 marzo 2020

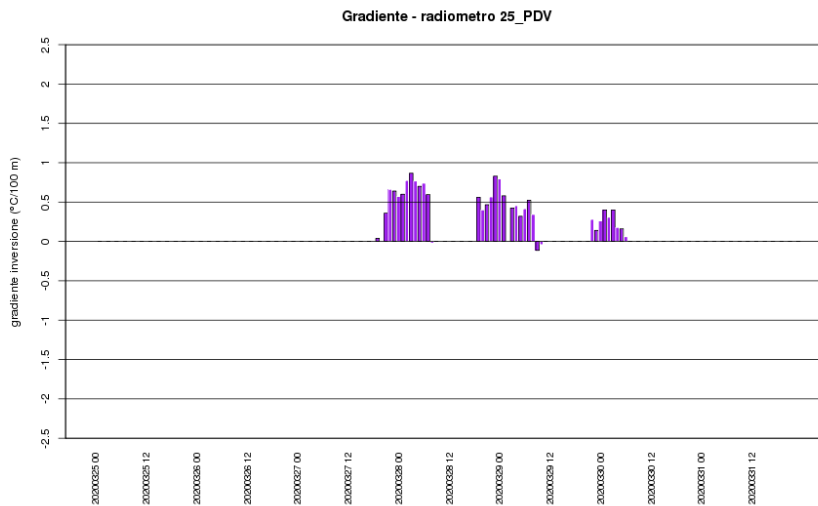


Figura 5.12: Gradiente di inversione dedotto dal profilo termico a Padova nel periodo 25-31 marzo 2020

Le precedenti figure evidenziano che solo nelle notti del 28, 29 e 30 marzo a Padova si è registrata inversione termica, poiché nelle restanti notti la presenza del vento, e quindi del rimescolamento nei bassi strati, ha inibito l’inversione termica. La presenza di inversione a partire dalla serata del 27 (notte tra il 27 e 28) e fino alla serata del 29 (notte fra il 29 e il 30) conferma una situazione meteorologica favorevole all’accumulo di inquinanti.

5.4 Volume traffico e concentrazioni di ossidi di azoto a Padova

Il presente focus ha l'obiettivo di valutare le eventuali variazioni di concentrazione di alcuni parametri di qualità dell'aria in relazione alle misure dei decreti ministeriali connessi alla riduzione del traffico veicolare.

I dati a disposizione, forniti dal Comune di Padova, si riferiscono al flusso di autoveicoli per unità di tempo nelle arterie cittadine (tabella 5.4), misurato mediante spire negli assi stradali monitorati nel periodo ante e post misure emergenza sanitaria.

Via/Zona	Stazione/i aria fissa più vicina/e
Ippodromo	Arcella, APS2
Plebiscito	Arcella, APS2
Reni	Arcella, APS2
Fornace Morandi	Arcella, APS2
Sacro Cuore	Mandria
Due Palazzi	Mandria, Arcella
Po'	Arcella, APS2
Montà	Mandria, Arcella
Sorio	Mandria, Arcella
Armistizio	Mandria
Navigazione Interna	APS1
Settima	APS1
Del Bigolo	Arcella
Leonati	Arcella
Piovese	Mandria, APS1

Tabella 5.4: Arterie di traffico veicolare monitorate

I dati si riferiscono a due periodi distinti e con intervalli temporali diversi.

Il primo gruppo di dati si riferisce ai valori cumulativi di due periodi: dal 2 al 8 dicembre 2019 e dal 16 al 22 marzo 2020. Confrontando il valore cumulato per tutte le arterie di traffico fra i due intervalli, si rileva un calo nel traffico cittadino mediamente del 75%. La scelta dei due intervalli evidenzia la situazione veicolare standard di Padova rispetto alla situazione eccezionale dovuta all'emergenza Covid-19.

Il secondo gruppo di dati si riferisce ai valori giornalieri di due periodi, prima e dopo Pasqua 2020. In particolare i dati sono dal 7 al 10 aprile 2020 e dal 14 al 17 aprile 2020. Il secondo intervallo corrisponde alla parziale riapertura di alcuni servizi commerciali e attività. In questo caso si osserva un aumento del traffico veicolare nel secondo periodo pari a 1,5%.

In figura 5.13 si è riportata la media giornaliera di NO₂ registrata nelle stazioni di Mandria, Arcella, APS1 e APS2 (linea spezzata), le date relative ai vari DPCM (barre magenta) e i dati sul traffico veicolare (barre rosse).

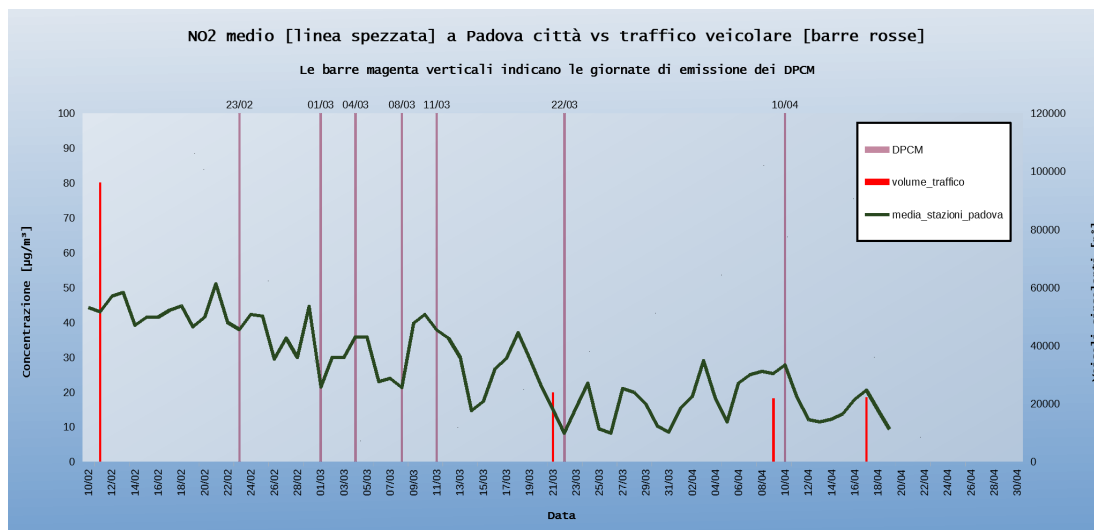


Figura 5.13: NO₂ medio delle stazioni di Padova versus traffico veicolare, in relazione ai DPCM

I valori relativi al traffico veicolare riportati in figura, considerata la non uniformità anche temporale dei dati forniti, sono stati calcolati nel seguente modo:

- il valore indicato in corrispondenza al 11 febbraio è ottenuto dal valore cumulativo del periodo 2-8 dicembre 2019, ipotizzato come rappresentativo della situazione standard del traffico veicolare a Padova nel periodo pre emergenza. In particolare si è diviso il valore cumulato totale per il numero di giorni dell'intervallo temporale, ottenendo così una stima del valore medio giornaliero ante periodo emergenza;
- analogamente a quanto sopra, il valore indicato in corrispondenza al 21 marzo 2020 è stato ottenuto tramite stima del valore medio giornaliero del periodo 16-22 marzo 2020 ed è stato attribuito al valore medio giornaliero ante DPCM del 22 marzo.
- i valori del 10 e del 17 aprile sono stati calcolati dalla somma dei relativi periodi, divisa per il numero di giorni corrispondenti, ottenendo anche in questo caso un valore medio giornaliero, che rende i tre dati riportati in grafico maggiormente confrontabili.

La figura 5.10 indica molto chiaramente un collasso del traffico veicolare tra la situazione pre-emergenziale (ricostruita dal dicembre 2019 e rappresentata dalla prima barra verticale rossa a sinistra nel grafico, ove il valore è di 96136 veicoli) e quella emergenziale (rappresentata dalle tre barre successive, ove il valore della prima è di 23939 veicoli). E' interessante osservare che il periodo tra inizio febbraio e il 20 marzo 2020 corrisponde anche al più sensibile crollo nei valori delle concentrazioni di NO₂ già discusso nella sezione ad esso dedicata.

Il decreto del 23 febbraio, quello che individuava le aree rosse in Veneto e Lombardia con relativa chiusura delle stesse è quello che ha tracciato, almeno per la realtà di Padova, la linea di demarcazione tra il prima e il dopo in termini di traffico veicolare e di inquinanti ad esso associati.

Per evidenziare meglio l'andamento delle tre barre di traffico veicolare dopo l'emanazione dei decreti si è ricostruito il grafico in figura 5.10 escludendo il valore di inizio febbraio. Il risultato, riportato in figura 5.14, mostra più in dettaglio gli effetti dei decreti successivi. Per effetto del DPCM "Iorestoa-casa" il traffico veicolare si è ridotto di ulteriori 2000 unità in corrispondenza al periodo prepasquale, per poi risalire di circa 300 unità dopo il decreto del 10 aprile di parziale riapertura.

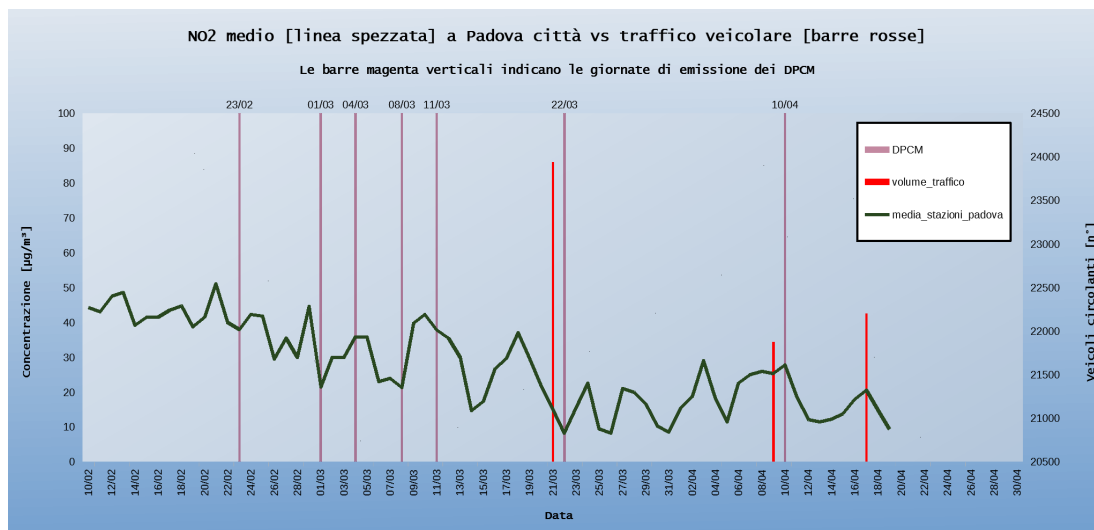


Figura 5.14: NO₂ medio delle stazioni di Padova versus traffico veicolare, in relazione ai DPCM

Capitolo 6

Sintesi conclusiva

Il presente lavoro si basa sull'analisi dei dati di qualità dell'aria raccolti in tutte le stazioni fisse della provincia di Padova nel periodo dal 10 febbraio al 3 maggio 2020. L'analisi storica di confronto per il medesimo periodo e per tutte le stazioni è stata effettuata a partire dai dati delle annualità 2014-2019. I parametri analizzati (ossidi di azoto, polveri fini, biossido di zolfo, monossido di carbonio, ozono) sono tutti quelli disponibili alla data della presente pubblicazione.

Dall'analisi effettuata emergono tendenzialmente due classi di inquinanti atmosferici identificabili a seconda del loro comportamento in relazione alle misure adottate (da Stato, Regioni e Comuni).

Tale suddivisione è del tutto indicativa, poiché, se si eccettua il parametro ozono, inquinante poco significativo per natura e periodo considerato, tutti gli inquinanti qui analizzati hanno evidenziato, in modo più o meno marcato, una diminuzione delle concentrazioni nel periodo dell'emergenza sanitaria rispetto allo stesso periodo delle annualità 2014-2019.

Nel gruppo degli inquinanti che non hanno subito evidenti modifiche se non quelle dovute alla stagionalità e alle condizioni meteorologiche si trovano il monossido di carbonio e il biossido di zolfo. Per questi inquinanti infatti è stato osservato un decremento nei valori di concentrazione da febbraio a maggio dovuto principalmente all'avanzare della stagione primaverile-estiva e alla presenza di fenomeni meteorologici che hanno favorito la deposizione e dispersione degli inquinanti aerodispersi.

Al secondo gruppo, quello degli inquinanti che sono risultati in maniera più evidente sensibili alle misure adottate, appartengono le polveri fini e ultrafini e gli ossidi di azoto.

Dall'analisi di confronto con le medie delle concentrazioni 2014-2019 di questi due parametri risulta che:

- Polveri fini PM10: l'analisi degli scarti percentuali tra le concentrazioni medie registrate in provincia di Padova nel periodo 10 febbraio - 3 maggio 2020 e quelle del periodo 2014-2019 per il medesimo intervallo evidenzia una prima fase tra il 10 e il 22 febbraio 2020 senza sostanziali variazioni rispetto alla media precedente, se non in termini peggiorativi; a partire dal 23 febbraio e fino al 3 maggio 2020 la media 2020 risulta minore con uno scarto del 8-13 %. Complessivamente, tra il 10 febbraio e il 3 maggio si registra uno scarto negativo del 7 %.
- Ossidi di azoto NO, NO₂, NO_x: le concentrazioni medie del 2020, tra il 10 febbraio e il 3 maggio, evidenziano un andamento a scalino in corrispondenza dei principali decreti. In altri termini tutti e tre i parametri evidenziano due diminuzioni, la prima dopo il 23 febbraio (tra il 30 e il 45 %), la seconda dopo il 22 marzo 2020 (tra il 46 e il 61 %). Analizzando inoltre in dettaglio il giorno tipo per i tre parametri nei tre diversi periodi, prima e dopo questi decreti, si vede la progressiva diminuzione delle concentrazioni e anche il livellamento dei picchi principali nelle ore di maggior traffico. La rappresentazione a boxplot per NO evidenzia comportamenti distinti per le varie aree della provincia, ma sostanzialmente uniformi. La stessa rappresentazione per i tre periodi distinti (10-22 febbraio, 23 febbraio - 22 marzo e 23 marzo-3 maggio) e per la media di tutte le stazioni mostra un progressivo appiattimento delle concentrazioni.

Le analisi dei dati di traffico veicolare rese disponibili dal Comune di Padova, evidenziano una riduzione dello stesso nel corso dell'intera FASE1 del 70 %. Tale diminuzione, pur avendo giocato un ruolo

sull'attenuazione dell'inquinamento atmosferico, non trova un corrispettivo lineare nella diminuzione degli ossidi di azoto e, soprattutto, delle polveri fini e ultrafini.

Merita infine una considerazione il caso dell'area Ovest dei Colli Euganei, territorio ove sono presenti il comune di Vò Euganeo e la centralina di background rurale "Parco Colli", che ne rappresenta ragionevolmente lo stato della qualità dell'aria. I dati delle polveri ivi misurate, confermano i trend storici relativi, che vedono quest'area con valori mediamente inferiori del 20-30% rispetto a quelli misurati nelle stazioni di Padova area urbana e confermati anche nel periodo considerato, prima, durante e dopo l'istituzione della zona rossa di Vò a seguito del manifestarsi del focolaio epidemico per Covid-19.

I risultati qui riportati sono in linea con quelli pubblicati nella relazione ARPAV di maggio 2020 "Effetti del lockdown durante l'emergenza COVID-19 in Veneto, Valutazione dei livelli di inquinanti in aria e delle emissioni in atmosfera" (¹), come evidenziato ai paragrafi 4.1.1 e 4.5.3.

Le lievi discrepanze che emergono da un confronto tra le due relazioni sono dovute ai diversi contesti spazio temporali presi come riferimento, nonché alla numerosità e diversità dei campioni analizzati, per forza di cose in questo caso limitati alla provincia di Padova; le percentuali di riduzione per PM₁₀, NO e NO₂ nelle due relazioni sono congruenti se si considerano i diversi periodi di valutazione.

¹Consulta il [link](#)

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI PADOVA

Via Ospedale 24

35121 Padova

Italia

tel.: +39 049 8227801

fax: +39 049 8227810

e-mail: dappd@arpa.veneto.it



ARPAV
Agenzia Regionale
per la Prevenzione e
Protezione Ambientale
del Veneto
Direzione Generale
Via Ospedale Civile, 24
35121 Padova
Italia Tel. +39 049 82 39301
Fax. +39 049 66 0966
e-mail urp@arpa.veneto.it
e-mail certificata: protocollo@pec.arpav.it
www.arpa.veneto.it