

STRUTTURA COMPLESSA

DIPARTIMENTO TERRITORIALE PIEMONTE SUD EST

Struttura Semplice Produzione – Nucleo Operativo Qualità dell’Aria

**VALUTAZIONE DEI DATI DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL’ARIA IN
SEGUITO ALL'ENTRATA IN VIGORE DELLE MISURE DI CONTRASTO ALLA
DIFFUSIONE DEL VIRUS COVID-19.**

**SERVIZIO C1.02
PRATICA N° G07-2020-00603-002**

Redazione	Funzione: Tecnico statistico del Sistema informativo ambientale Stefano Buratto	Firmato digitalmente*
Redazione	Funzione: Tecnico Nucleo Qualità Aria Otta Cristina	Firmato digitalmente*
Verifica e Approvazione	Funzione: Responsabile S.S. Produzione Nome: Donatella Bianchi	Firmato digitalmente*

*Firma autografa a mezzo stampa ai sensi dell’art.3, comma 2, D.Lgs. 39/1993

Arpa Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento territoriale Piemonte Sud Est - Struttura Semplice Attività di produzione

Spalto Marengo, 33 – 15121 Alessandria – tel. 0131276200 – fax 0131276231

Email: dip.alessandria@arpa.piemonte.it PEC: dip.alessandria@pec.arpa.piemonte.it

Email: dip.asti@arpa.piemonte.it PEC: dip.asti@pec.arpa.piemonte.it

ARPA Piemonte Dipartimento Territoriale Sud Est – Responsabile Alberto Maffiotti

Redazione dei testi e delle elaborazioni a cura di:

C.Otta del Dipartimento territoriale ARPA Piemonte Sud Est e S. Buratto del Sistema Informativo Ambientale e Geografico, Comunicazione ed Educazione Ambientale

Per la gestione tecnica delle stazioni di monitoraggio, acquisizione, validazione ed elaborazione dei dati hanno collaborato:

G. Mensi, V. Ameglio, E. Scagliotti, C. Littera, L. Erbetta del Dipartimento territoriale ARPA Piemonte Sud Est

OBBIETTIVO DELLO STUDIO

Le misure attuate per fermare la diffusione di COVID-19 hanno portato a forti riduzioni del trasporto su strada e delle attività produttive, in relazione alle date di entrata in vigore delle diverse direttive. Per valutare in che modo ciò abbia influito sulle concentrazioni di inquinamento è stata applicata una metodologia statistica articolata che tiene conto del fatto che gli inquinanti in atmosfera hanno un comportamento fortemente stagionale, in presenza spesso di trend di medio periodo. La valutazione congiunta delle componenti “trend”, “stagionale” e “residua”, accompagnate dal calcolo di opportune soglie statistiche, ha consentito una efficace valutazione delle eventuali modificazioni dei dati di qualità dell'aria a partire dagli inizi del 2020.

Gli inquinanti considerati sono il biossido di azoto (NO_2) e il materiale particolato PM_{10} che mostrano origini e caratteristiche diverse: per il biossido di azoto, che risponde più rapidamente alle variazioni delle emissioni, il traffico veicolare è di gran lunga la fonte prevalente, mentre per il PM_{10} il quadro emissivo è più complesso: una parte significativa è di origine primaria, emessa principalmente dal settore del riscaldamento civile (in particolare dalla combustione della biomassa legnosa), un'altra invece di natura secondaria, in larga parte prodotta dalla trasformazione di altre sostanze reattive, quali l'ammoniaca, gli ossidi di azoto, i composti organici volatili, emesse da molte fonti diverse.

AREA DELLO STUDIO E STAZIONI DI MONITORAGGIO

Le elaborazioni hanno riguardato le stazioni fisse di rilevamento della qualità dell'aria (SRRQA):

- Asti-Salvo d'Acquisto e Alessandria-Volta situate in area urbana in zona ad elevata densità abitativa (stazioni di fondo urbano).
- Asti-Baussano e Alessandria-D'Annunzio, entrambe posizionate in area urbana ad intenso traffico veicolare (stazioni di traffico urbano).

Tali centraline sono ubicate in un'area a forte antropizzazione, delimitata dalle Alpi a Nord e a Ovest, e dagli Appennini a Sud, dove gli inquinanti emessi tendono a ristagnare e le variabili meteorologiche sono sfavorevoli alla dispersione degli stessi. Il metodo è esposto interamente, con tutti passaggi e risultati intermedi per la centralina di Asti-Salvo d'Acquisto. Per le altre tre stazioni di monitoraggio si riportano solo le conclusioni finali, per evitare inutili lungaggini espositive.

VALUTAZIONE DEI DATI PRIMO TRIMESTRE 2020. ASTI_D'ACQUISTO STAZIONE DI FONDO URBANO

• Analisi preliminare: il Time-plot

Come primo passo è stata effettuata un'analisi esplorativa dell'andamento delle concentrazioni di biossido di azoto in funzione del tempo. In figura 1 viene riportato il time plot che rappresenta congiuntamente sia i dati storici misurati dal 2015 al 2019 dalla stazione fissa di Asti D'Acquisto che quelli misurati nel breve periodo gennaio-marzo 2020. In particolare, sono rappresentate in nero le medie giornaliere di NO_2 relative ai dati storici, in blu le medie giornaliere di NO_2 misurate nei primi due mesi del 2020 e in giallo quelle relative al mese di marzo.

L'andamento stagionale tipico dell'inquinante è ben visibile: concentrazioni elevate nei periodi autunno-inverno sono intervallate da concentrazioni basse nei periodi primavera-estate. Non si rilevano indicazioni sull'eventuale direzionalità (trend) crescente o decrescente delle concentrazioni nel corso degli anni,

anche perché le oscillazioni stagionali sono così ampie da nascondere eventuali altri movimenti nel corso del tempo.

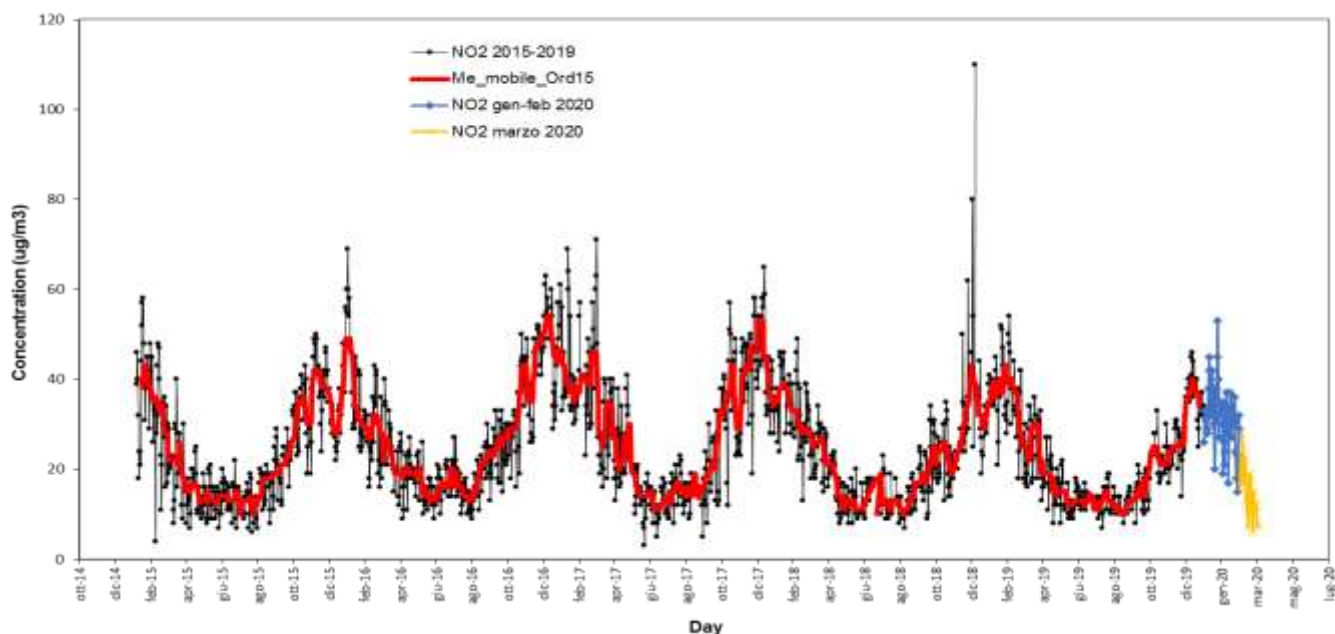


Figure 1a: Time plot concentrazioni NO₂ Asti-D'Acquisto

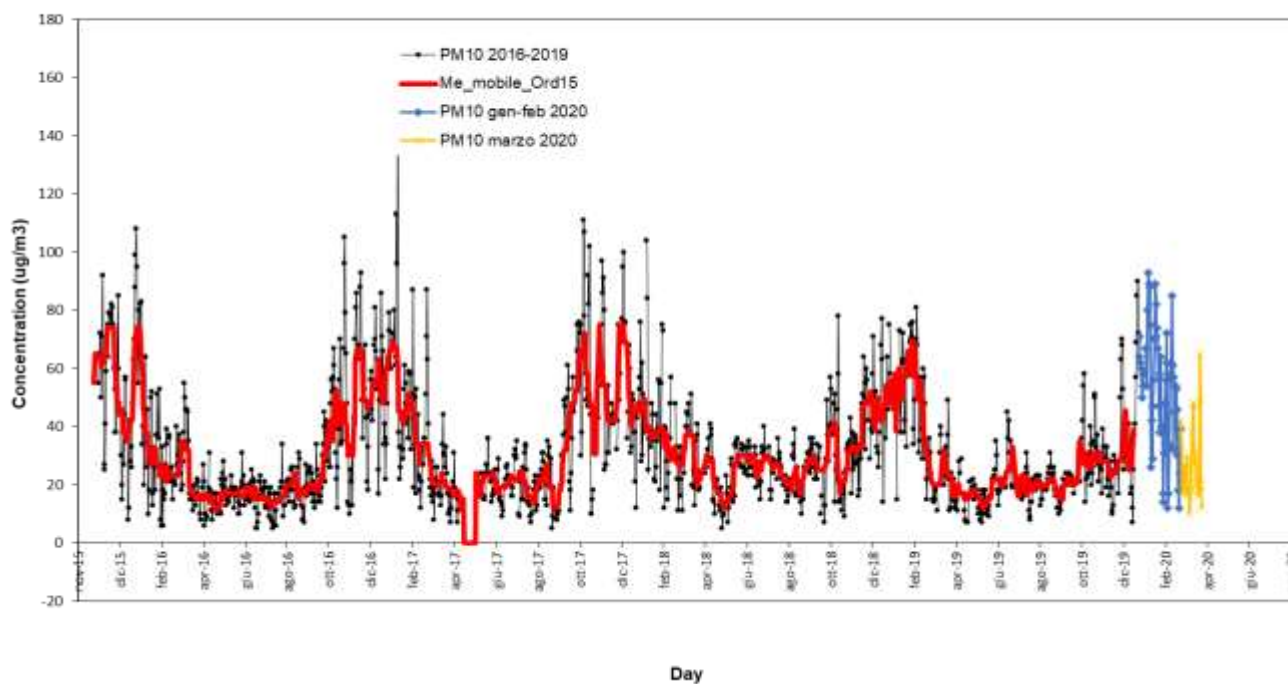


Figure 1b: Time plot concentrazioni PM10 Asti-D'Acquisto

Ipotesi di stagionalità e calcolo dei coefficienti stagionali

Per comparare efficacemente i dati degli inquinanti del primo trimestre con la serie storica risulta chiaro che entrambi i set di dati devono essere depurati dalle oscillazioni stagionali. Per far questo è necessario determinare la componente stagionale tipica nell'area di interesse, che può essere stimata in base ai dati storici (2015-2019) della stazione fissa di riferimento. Il modello stagionale considerato è quello additivo, poiché le oscillazioni presentano ampiezze relativamente costanti.

Nel dettaglio, i coefficienti stagionali sono stati calcolati suddividendo ciascun anno della serie storica in "sottoperiodi" mensili per ciascuno dei quali si è calcolata la concentrazione media rappresentativa, ottenuta come media aritmetica delle concentrazioni giornaliere. Successivamente si è calcolato lo scostamento tra ciascuna media mensile e la media generale annuale (tabelle 1a e 1b).

Sotto-ciclo	Difference 2015	Difference 2016	Difference 2017	Difference 2018	Difference 2019	Seasonal factor
January	16,27	13,89	15,89	13,43	14,82	14,86
February	14,46	3,98	8,80	9,11	13,93	10,05
March	4,08	1,98	8,93	3,93	3,08	4,40
April	-5,09	-6,25	-1,70	-4,20	-4,49	-4,35
May	-10,23	-8,01	-8,36	-10,43	-9,37	-9,28
June	-10,96	-12,18	-17,17	-9,82	-9,25	-11,87
July	-11,79	-8,56	-15,14	-9,22	-9,86	-10,91
August	-11,65	-12,79	-13,32	-10,88	-10,92	-11,91
September	-7,09	-3,72	-11,11	-4,80	-8,03	-6,95
October	-0,31	-0,98	2,45	0,51	0,34	0,40
November	10,48	8,18	8,96	4,35	1,61	6,72
December	12,55	23,74	17,15	14,95	13,72	16,42

Tabella 1a: NO₂-Differenze tra medie mensili e media annuale

Sotto-ciclo	Difference 2015	Difference 2016	Difference 2017	Difference 2018	Difference 2019	Seasonal factor
January		23,22	21,19	14,64	23,33	20,59
February		4,93	15,94	6,18	25,92	13,24
March		-3,99	-4,82	1,89	-4,06	-2,75
April		-4,54	-16,34	-3,29	-9,52	-8,42
May		-13,58	-21,27	-15,11	-13,67	-15,91
June		-11,78	-14,55	-1,25	-3,94	-7,88
July		-12,62	-15,71	-5,93	-9,17	-10,86
August		-13,78	-15,98	-7,34	-7,52	-11,16
September		-9,37	-16,24	-5,40	-10,25	-10,31
October		-2,11	17,08	1,19	3,85	5,00
November		15,32	17,25	-2,28	-3,19	6,77
December	0,00	26,47	21,13	15,65	13,40	19,16

Tabella 1b: PM10- Differenze tra medie mensili e media annuale

Si osservi che in tutti gli anni gli scostamenti relativi ai mesi invernali sono positivi, indicando medie mensili superiori alla relativa media annuale, mentre per gli altri mesi gli scostamenti sono negativi. Per ogni annualità l'insieme dei coefficienti mensili definisce il profilo stagionale annuale. La comparazione grafica dei profili annuali (figure 2a e 2b) non evidenzia anni "anomali" e conferma che la componente stagionale è abbastanza regolare e può essere quantificata. La componente stagionale dell'inquinante NO₂ (linea blu in figura 2a) è ottenuta calcolando i coefficienti stagionali tipici mensili come media aritmetica degli scostamenti mensili dei diversi anni.



Figura 2a: NO₂ Profili annuali Asti-D'Acquisto (Raw data)

Nel caso del PM₁₀ non sempre i profili stagionali annuali sono perfettamente omogenei.

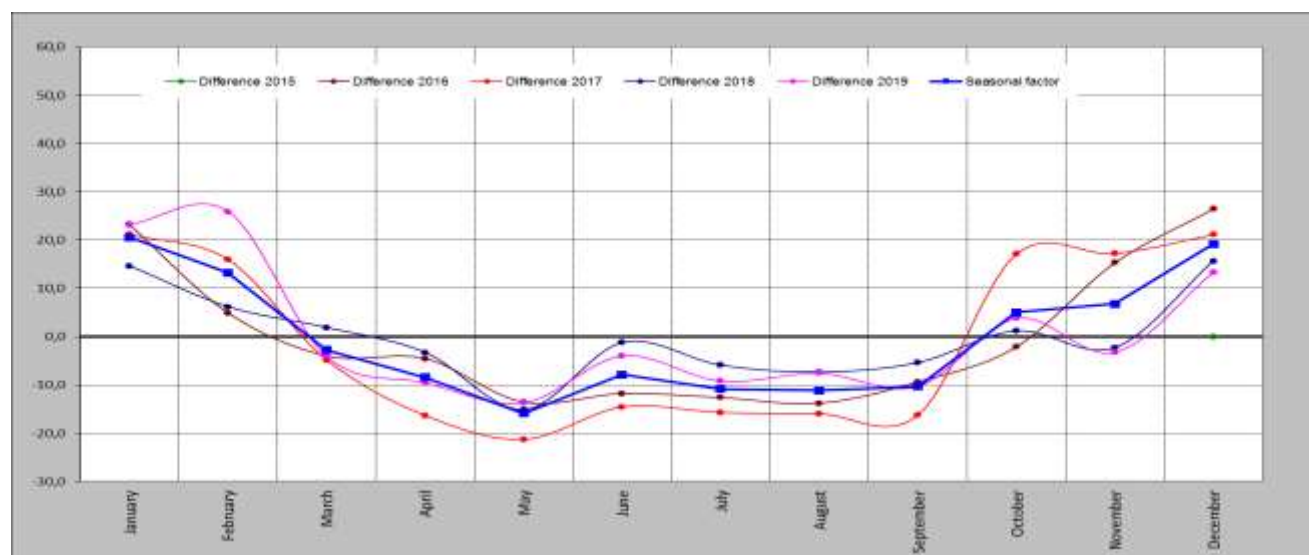


Figura 2b: PM₁₀-Profili annuali Asti-D'Acquisto (Raw data)

- **Destagionalizzazione dei dati**

L'operazione di depurazione dei dati iniziali grezzi (Raw data) è indicata con il termine "destagionalizzazione". Sono stati destagionalizzati sia i dati storici 2015-2019 che i dati del primo trimestre 2020, utilizzando per entrambi il profilo stagionale tipico stimato con i dati storici.

Tecnicamente, ad ogni misura di NO₂ o PM₁₀ si sottrae il corrispondente coefficiente stagionale mensile, ottenendo così dati di più facile lettura. Ad esempio, come illustrato nella figura seguente (figure 3a), risulta ora evidente la presenza di un trend a direzionalità decrescente relativo alla serie storica. In tale situazione, non è ancora possibile effettuare un confronto efficace tra i dati di monitoraggio con i dati storici, perché la componente di trend visibile nel grafico deve essere quantificata. Relativamente al PM₁₀ la presenza di un trend risulta invece meno "visibile" (figura 3b).

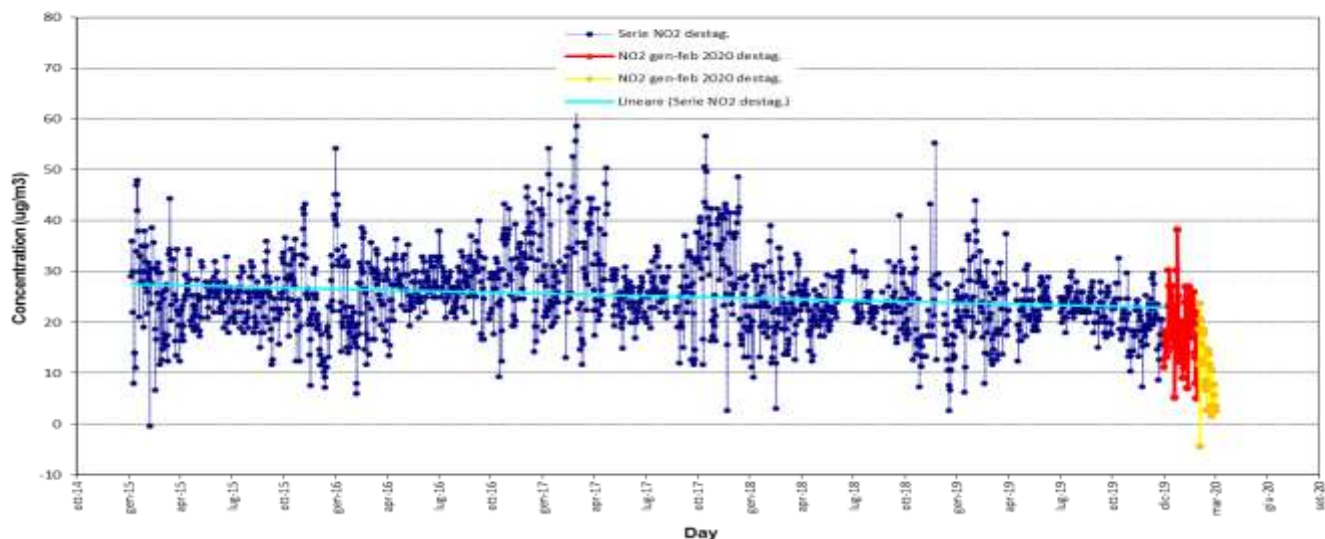


Figura 3a: NO₂ concentrazioni destagionalizzate (per sottrazione coefficienti stagionali)

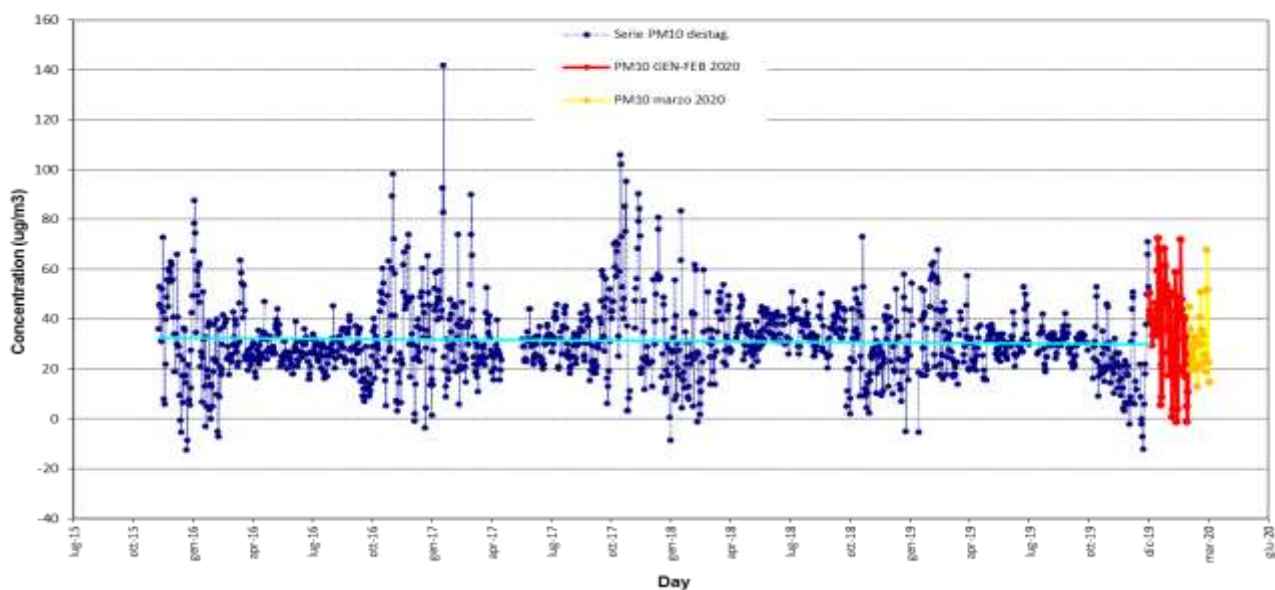


Figura 3b: PM10 concentrazioni destagionalizzate (per sottrazione coefficienti stagionali)

- **Detrendizzazione dei dati e calcolo della componente residua**

Per effettuare un confronto efficace tra i dati di monitoraggio con i dati storici occorre “depurare” ulteriormente i dati destagionalizzati dalle eventuali componenti di trend, agendo ancora una volta sia sui dati storici che sui dati di monitoraggio. Ciò può essere fatto solo se il modello di trend ipotizzato per i dati storici (per es. lineare, quadratico, ...) risulta significativo in senso statistico e in tal caso, il risultato della nuova operazione di depurazione dei dati, è un nuovo insieme derivato, denominato componente residua dei dati.

Nel nostro studio i dati storici di NO₂ sono caratterizzati da un trend lineare decrescente significativo, verificata sia per mezzo di un'analisi di regressione lineare classica, che per mezzo di una regressione non parametrica.

	<i>Coefficienti</i>	<i>p-value</i>
Intercetta	132,94	< 0.0001
Data	-0,00251	< 0.0001

Tabella 2: NO₂-Regressione lineare su dati destagionalizzati serie storica

L'eliminazione del trend lineare stimato sui dati storici ha interessato sia i dati storici che quelli relativi al primo trimestre 2020 e ha portato ad ottenere le componenti residue rappresentate nel grafico di Figura 4. Tale grafico è semplicemente un time-plot delle concentrazioni di NO₂ depurate dalle componenti stagionali e di trend di medio periodo.

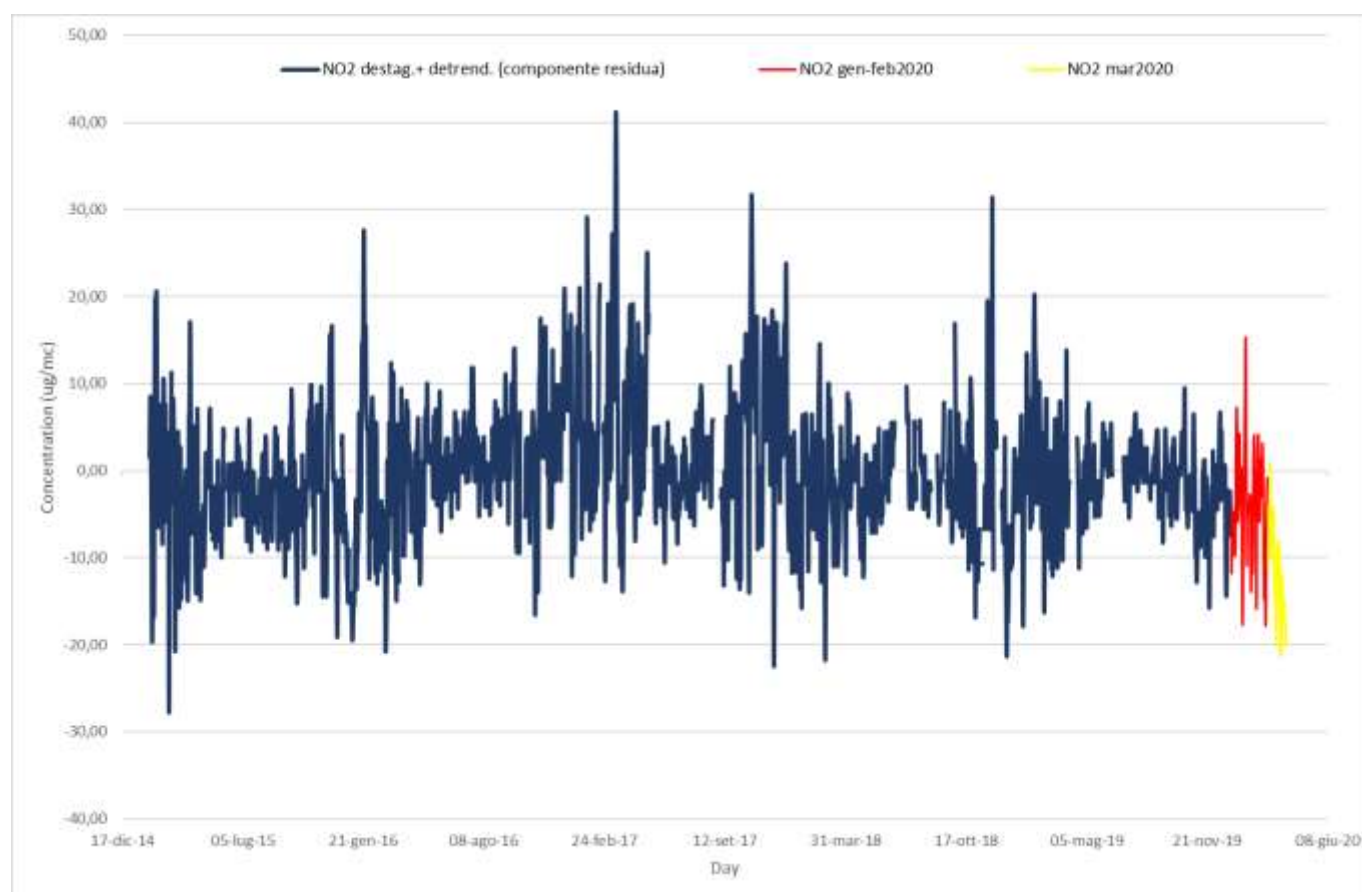


Figura 4: Componente residua NO₂ Asti D'Acquisto

In particolare, si può osservare che la componente residua dei dati storici ha media zero, mentre quella relativa al primo trimestre 2020 ha media inferiore a zero, e soprattutto nel mese di marzo 2020, come evidenziato nella tabella 3 seguente.

Media residui 2015-2019	Media residui gen-feb 2020	Media residui marzo 2020
0,0	-3,8	-12,1

Tabella 3: NO₂- Confronto delle medie della componente residua nei diversi periodi

Per avere un'idea della diminuzione percentuale, consideriamo come riferimento la media destagionalizzata dell'intero periodo 2015-2019, pari a 25,3 microgrammi/m³. Ne consegue che la diminuzione relativa dell'NO₂ nei primi due mesi del 2020 è dell'ordine del 15%, mentre quella di marzo 2020 è dell'ordine del 47,8%.

Per quanto riguarda il PM10 invece, i dati storici non sono caratterizzati da un trend lineare significativo, in quanto l'analisi di regressione lineare classica mostra un p-value pari a $p = 0.1035$ che quindi comporta una non significatività del modello lineare stesso.

La componente residua si ottiene quindi sottraendo la media globale 2015-2019 ai dati destagionalizzati e le variazioni si deducono dalla comparazione di tali dati residui, come riportato in tabella 4. Si osservi come la media dei residui gennaio febbraio 2020 sia superiore rispetto a quella dell'intero periodo mentre nel mese di marzo si evidenzia un decremento che percentualmente è dell'ordine del -5,8%, meno significativo rispetto a quello del NO₂, probabilmente a causa degli episodi di sabbie sahariane e stabilità atmosferica verificatesi nella seconda metà del mese.

Media residui 2015-2019	Media residui gen-feb 2020	Media residui marzo 2020
-0,5	3,9	-1,8

Tabella 4: PM10- Confronto delle medie della componente residua nei diversi periodi

• Valutazione conclusiva dei dati misurati nel primo trimestre 2020

Per verificare se i valori misurati nel primo trimestre sono compatibili con quelli tipici di tale periodo dell'anno, sono stati definiti gli intervalli "±2-sigma" e "±3-sigma" (delimitati dalle coppie di soglie 5%-95% e 1%-99%) che rappresentano l'escursione normalmente ammessa dalle concentrazioni di NO₂ e PM10 nella zona di indagine, sempre in riferimento alla componente depurata dalla stagionalità e dall'eventuale trend. Poiché la componente residua oscilla con ampiezze differenti nel corso dell'anno, molto più pronunciate nei mesi freddi rispetto ai mesi primaverili ed estivi, si è deciso di distinguere il periodo "invernale" (da novembre a febbraio) dal periodo "non invernale" costituito dagli altri mesi, calcolando per ciascuno gli intervalli di variazione con le proprie soglie statistiche.

Per quanto riguarda i dati di NO₂ del primo trimestre 2020 ne risulta che nei primi due mesi (figura 5a) si evidenzia un lieve abbassamento rispetto ai livelli tipici di concentrazione dell'area, ma senza valori minori della soglia inferiore 99%. I valori inferiori alla soglia inferiore 95% sono l'8% del totale delle misure gennaio-febbraio.

Diversamente, nel mese di marzo 2020 (figura 5b), a partire dalla seconda metà del mese i valori di NO₂ misurati mostrano numerosi superamenti della soglia inferiore 99%, ovvero risultano "insolitamente" minori

rispetto a quanto rilevato negli anni passati, e questo è sicuramente causato dalla riduzione delle emissioni da traffico veicolare conseguenti all'adozione dei provvedimenti legati all'emergenza coronavirus.

NO2-AT_FU GENNAIO E FEBBRAIO 2020

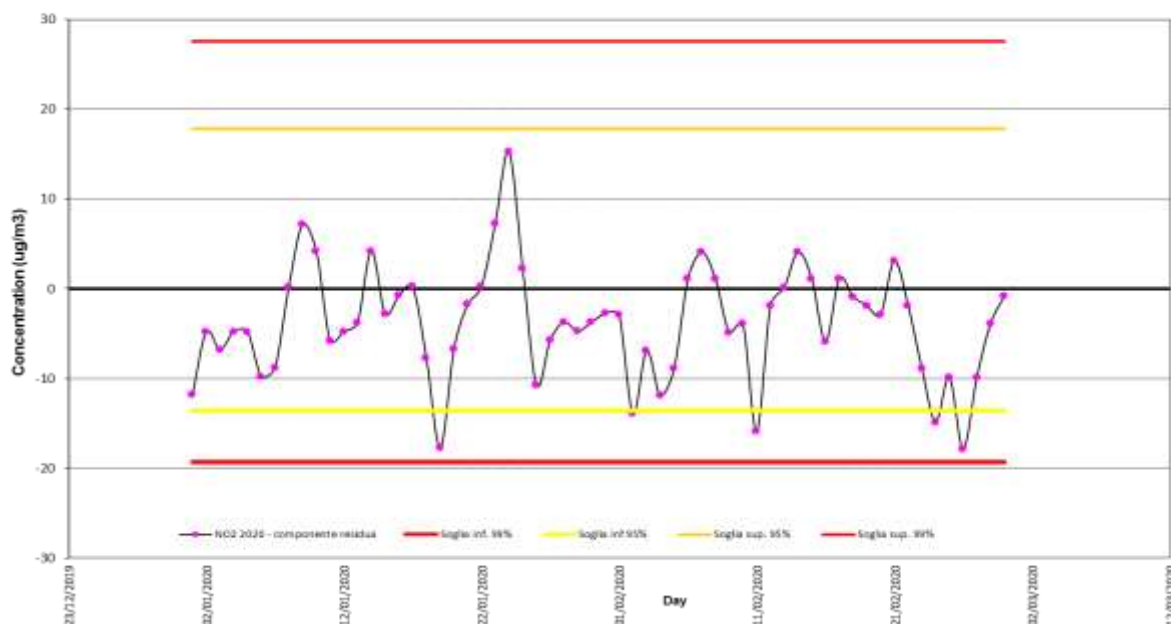


Figura 5a: NO₂-componente residua gennaio-febbraio 2020 e confronto con le soglie limite

NO2-AT_FU MARZO 2020

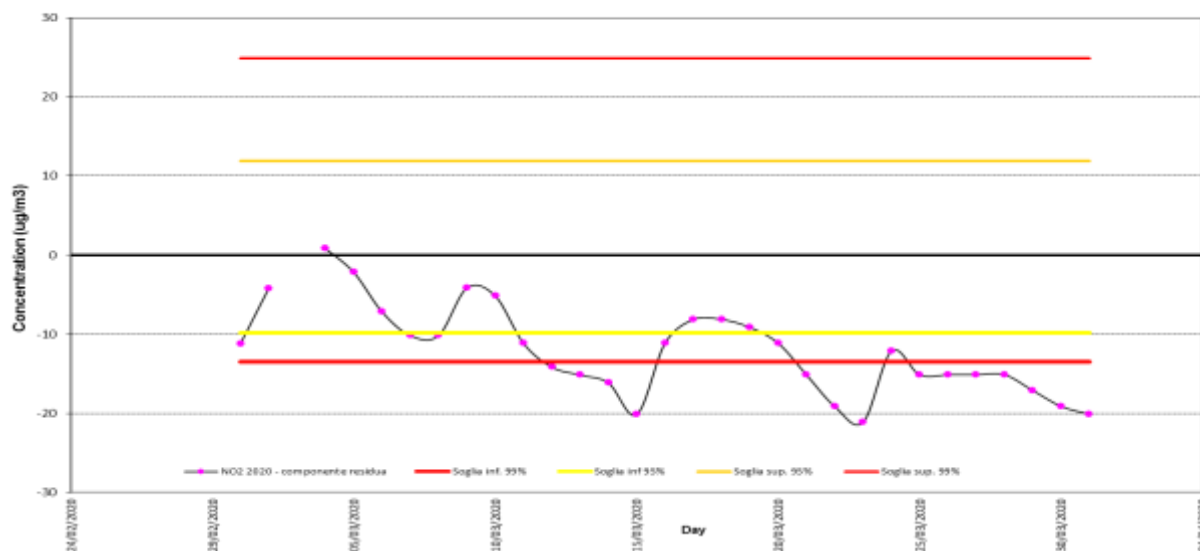


Figura 5b: NO₂-componente residua marzo 2020 e confronto con le soglie limite

Per quanto riguarda il PM₁₀ le concentrazioni dei primi due mesi del 2020 risultano in "linea" con i livelli tipici del periodo (figura 5c), con soli tre superamenti della soglia inferiore 95%.

Nella prima metà di marzo si evidenzia invece una leggera diminuzione nei valori (figura 5d) e analogamente al NO₂ a partire dalla terza settimana del mese un innalzamento dei valori con due dati “prossimi” alla soglia superiore 95% relativi alle giornate del 18 e 19 marzo. Tale fenomeno attribuibile ad una maggiore attività fotochimica con formazione di particolato secondario combinato ad una maggiore stabilità atmosferica, risulta più evidente sulle concentrazioni di PM₁₀ rispetto a quelle di NO₂. Quindi a partire dal 20 marzo il progressivo avvicinarsi di una perturbazione sull’arco alpino ha riportato i livelli di PM₁₀ ai livelli tipici del periodo.

Successivamente nelle giornate del 28 e 29 marzo si verifica un innalzamento repentino con due superamenti della soglia superiore 95% a causa dell’arrivo su tutta la regione di polveri desertiche, che causano un aumento anomalo delle concentrazioni proprie del periodo.

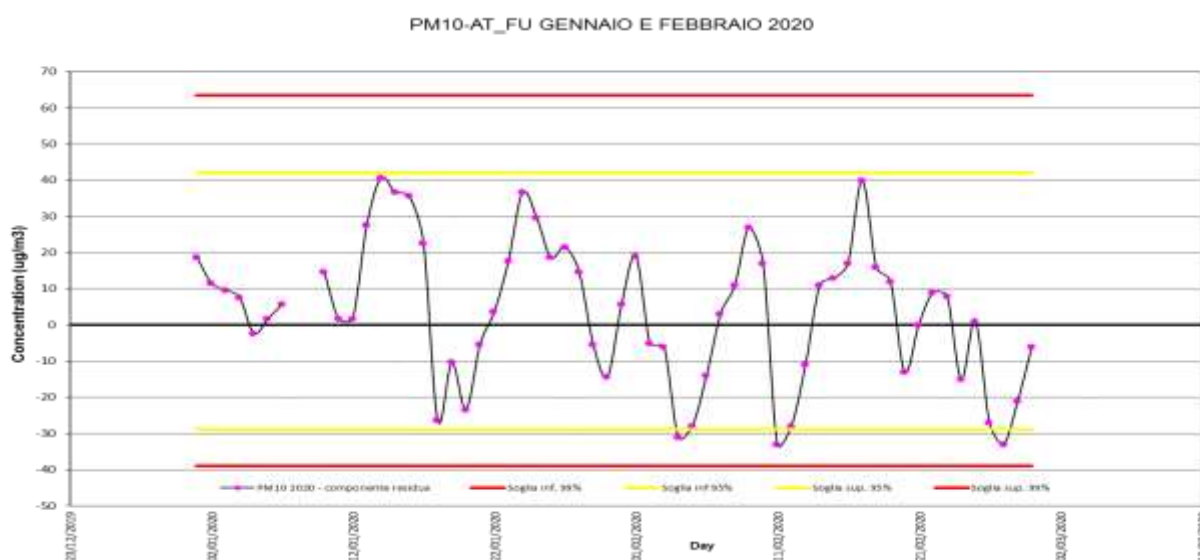


Figura 5c: PM10- componente residua gennaio-febbraio 2020 e confronto con le soglie limite

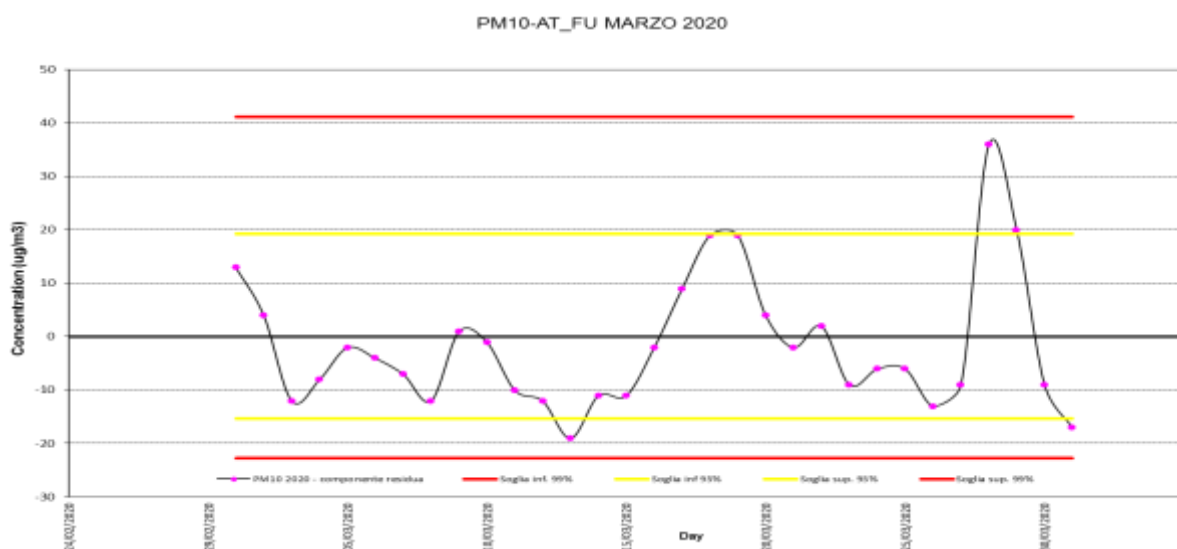


Figura 5d: PM10- componente residua marzo 2020 e confronto con le soglie limite

La metodologia adottata è stata applicata anche sulle stazioni di traffico urbano di Alessandria e Asti e su quella di fondo di Alessandria, confermando i risultati ottenuti nella stazione di Asti-D'Acquisto per il biossido di azoto relativamente al mese di marzo 2020. Da notare come nella stazione di fondo di Al-Volta e in quella da traffico di At-Baussano nel mese di marzo non vi sia un decremento percentuale per il PM10 sicuramente a causa dei valori "anomali" registrati nelle giornate del 18, 19, 28 e 29 marzo, che probabilmente hanno influito maggiormente sulla media dei dati di queste stazioni. Eliminando le giornate "anomale" le diminuzioni percentuali subiscono un notevole decremento con una diminuzione media pari al 20% (tabella 5b).

I grafici 6, 7, e 8 seguenti e le tabelle seguenti sintetizzano i risultati ottenuti.

NO2	GEN-FEB	MAR
D'ACQUISTO	-15,0 %	-47,9 %
VOLTA	-14,6 %	-37,7 %
BAUSSANO	-6,2 %	-36,8 %
DANNUNZIO	20,1 %	-13,2 %

PM10	GEN-FEB	MAR
D'ACQUISTO	12,5 %	-5,8 %
VOLTA	37,3 %	5,8 %
BAUSSANO	24,4 %	2,5 %
DANNUNZIO	25,3 %	-17,3 %

Tabella 5a: Variazioni percentuali inquinanti nei primi tre mesi 2020 (tutti i dati)

PM10	MAR
D'ACQUISTO	-17,8 %
VOLTA	-12,7 %
BAUSSANO	-7,5 %
DANNUNZIO	-32,9 %

Tabella 5b: Variazioni percentuali PM10 marzo 2020 (no giornate 18,19,28,29 marzo 2020)

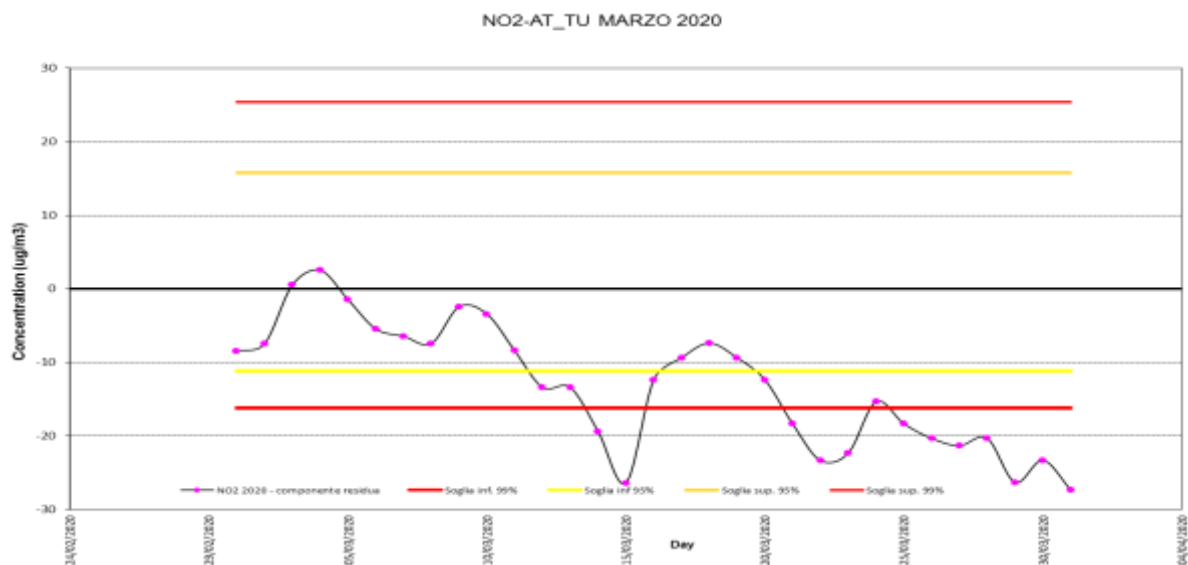


Figura 6a: AT-Baussano-NO₂-componente residua marzo 2020 e confronto con le soglie limite

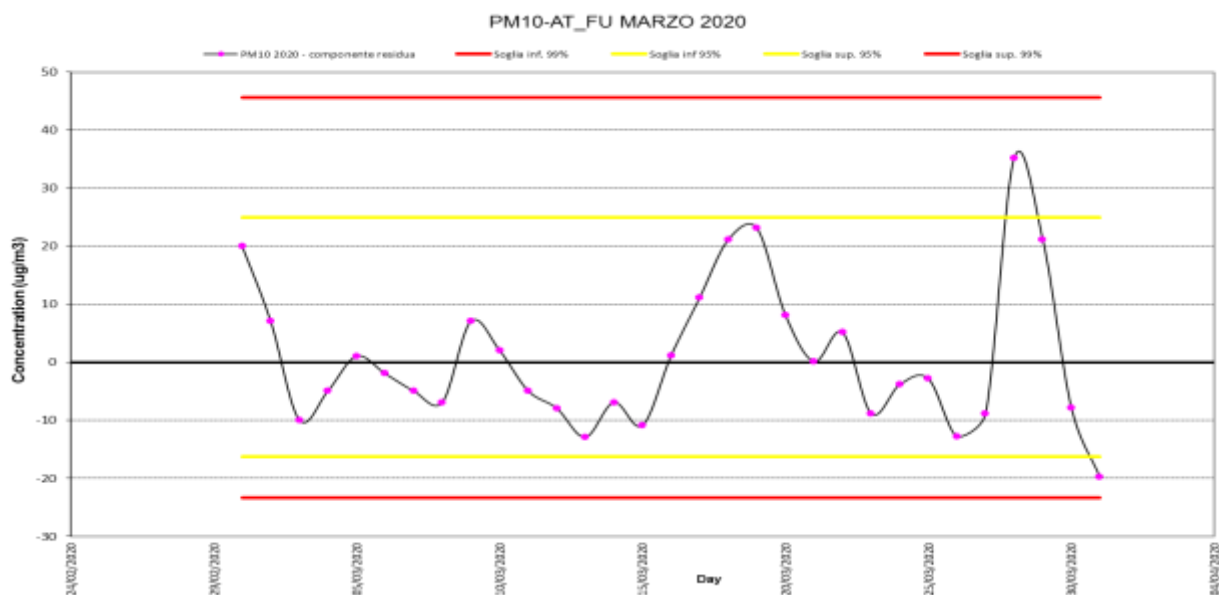


Figura 6b: AT-Baussano-PM10-componente residua marzo 2020 e confronto con le soglie limite

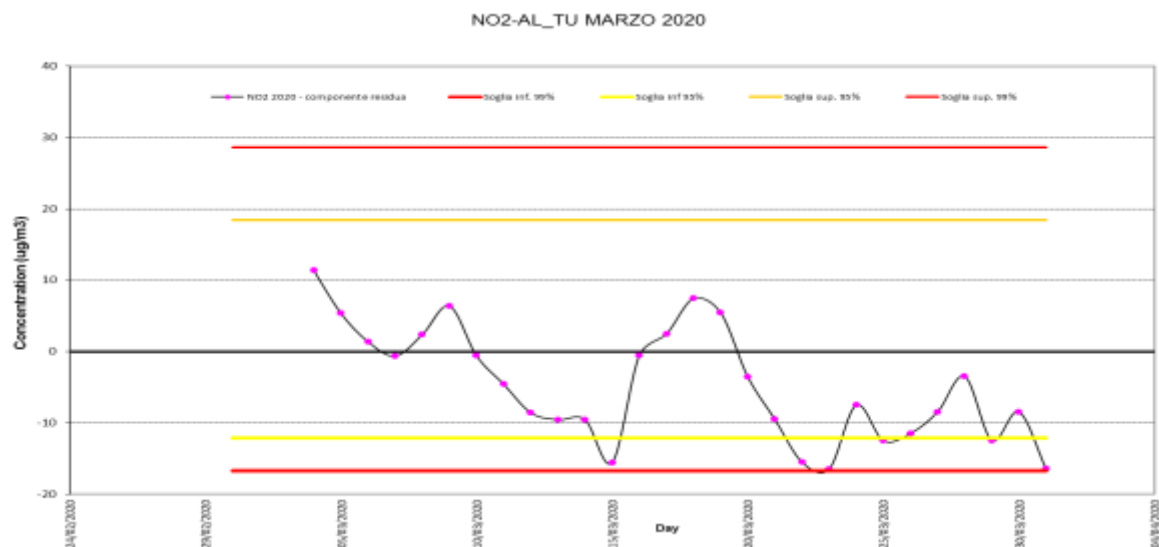
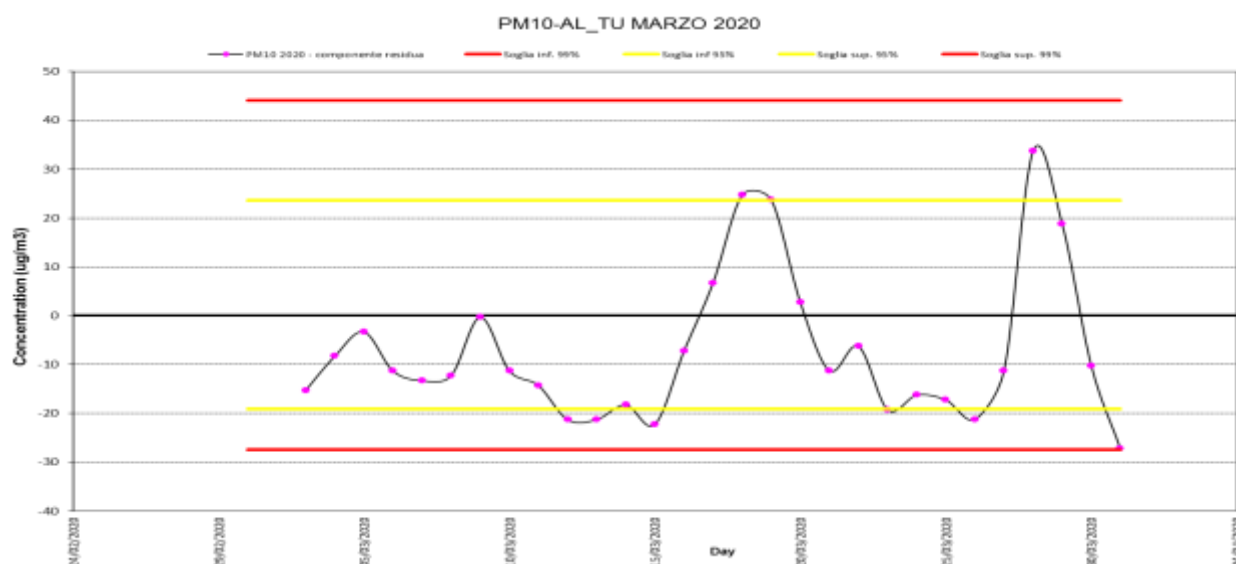


Figura 7a: AL-Dannunzio-NO₂-componente residua marzo 2020 e confronto con le soglie limite



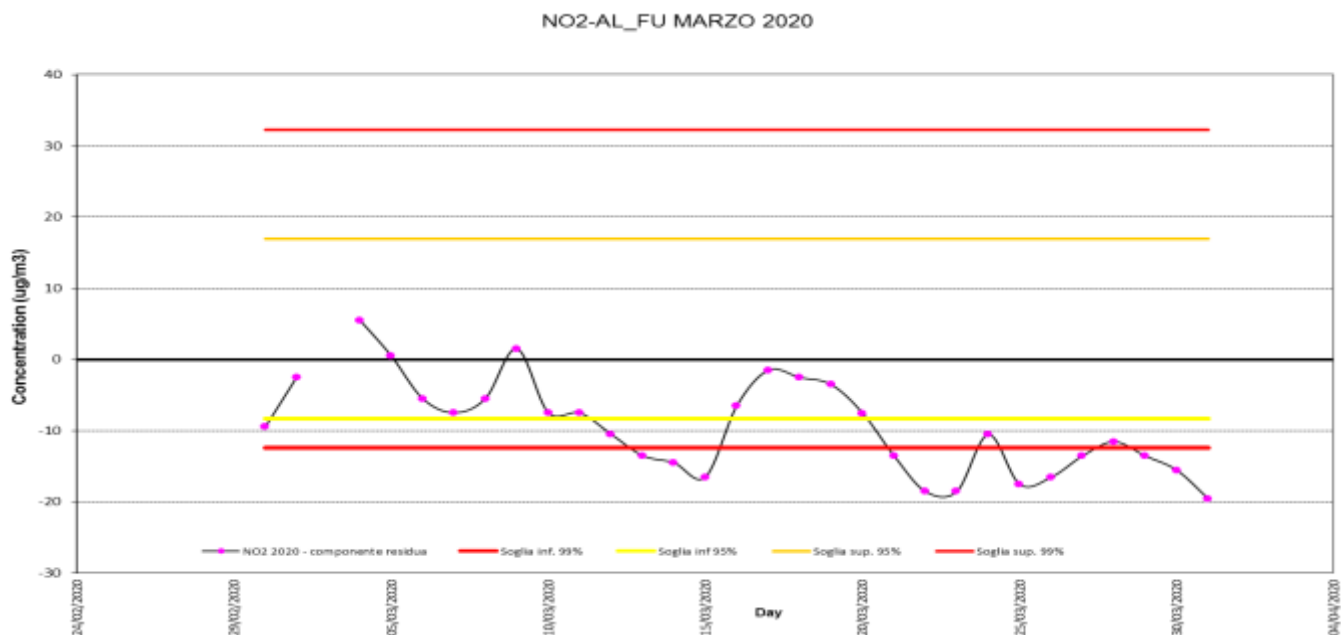


Figura 8a: AL-Volta-NO₂-componente residua marzo 2020 e confronto con le soglie limite

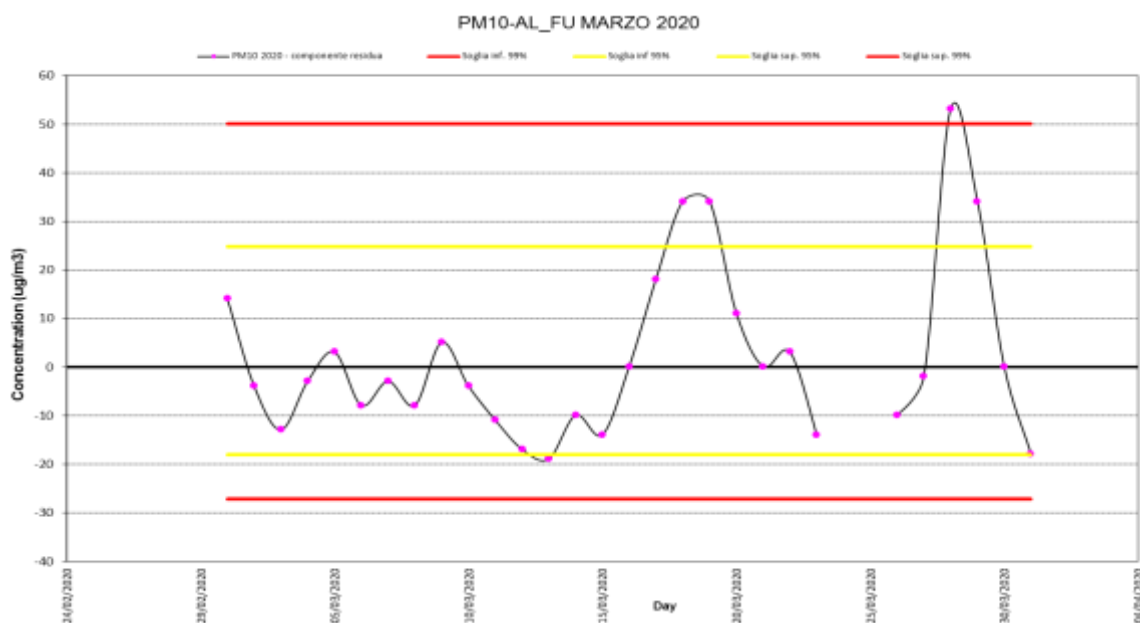


Figura 8a: AL-Volta-PM10-componente residua marzo 2020 e confronto con le soglie limite

Nei mesi successivi saranno integrate le valutazioni con i dati che saranno via via disponibili ed una valutazione più completa potrà essere condotta alla fine di questo periodo.

Conclusioni

È stato applicato un metodo di confronto tra dati di monitoraggio di NO_2 e PM_{10} con le serie storiche disponibili presso stazioni di riferimento della rete regionale della qualità dell'aria per valutare in che modo le misure emergenziali attuate per fermare la diffusione di COVID-19 abbiano influito sulle concentrazioni degli inquinanti.

Il metodo è stato applicato dopo che i valori originali sono stati destagionalizzati e detrendizzati, avendo a disposizione una serie di dati storici abbastanza estesa nel tempo, ottenendo così la cosiddetta componente residua.

La valutazione dei dati dell'ultimo periodo disponibile gennaio-febbraio 2020, prima dell'applicazione delle misure anti COVID-19, e dei successivi all'introduzione delle misure stesse, ovvero marzo 2020, è effettuata comparando i dati 2020 così normalizzati con i dati storici 2015-2019 e quindi verificando le variazioni dei primi due mesi del 2020 e di marzo 2020 con gli intervalli di variazione tipici (2-sigma e 3 sigma) definiti per mezzo delle opportune soglie statistiche tipiche della componente residua dei dati storici.

I risultati ottenuti per le stazioni di fondo e traffico urbano di Alessandria e Asti indicano che i due inquinanti studiati hanno comportamenti differenti: nel caso del NO_2 le concentrazioni relative al mese di marzo 2020 sono diminuite rispetto ai livelli tipici dell'area, sicuramente a causa degli effetti dei provvedimenti di limitazione delle attività entrati in vigore a seguito dell'emergenza coronavirus. Nel caso del PM_{10} questa netta diminuzione non è stata rilevata, probabilmente perché le principali fonti di questo inquinante sono più varie e una frazione significativa di particolato, specialmente nel periodo invernale, si forma nell'atmosfera in seguito a reazioni tra altri inquinanti. Tuttavia, è anche da considerare che durante il mese di marzo 2020 si è verificato un episodio di sabbie desertiche che hanno sicuramente influito sui risultati complessivi.