



1 Progetto PULVIRUS

Obiettivo 1 - Analisi degli effetti delle misure di distanziamento fisico durante il periodo della pandemia da COVID 19: cosa dicono le stazioni di monitoraggio italiane

ATTIVITÀ 1.3 - Data pre-processing.

Data: 31/12/2021



GRUPPO DI LAVORO

ENEA

Alessandra De Marco

ISPRA

Raffaele Morelli, Guido Fioravanti, Walter Perconti, Giorgio Cattani, Alessandro di Menno di Bucchianico, Raffaella Gaddi, Giuseppe Gandolfo, Mariacarmela Cusano, Alessandra Galosi, Maria Francesca Fornasier, Federica Aldighieri, Silvia Barberini, Piero Frascchetti, Francesca Lena, Emanuela Piervitali, Gianluca Leone, Alessandra Gaeta

Arpa Lombardia

Umberto Dal Santo, Anna Di Leo

Arpae Emilia Romagna

Arianna Trentini

Arpa Lazio

Silvia Barberini, Giada Marchegiani, Andrea Bolignano

ISS

Maria Eleonora Soggiu, Marco Inglessis



SOMMARIO

1	Progetto PULVIRUS.....	1
1.	INTRODUZIONE	4
2	obiettivi.....	5
3	metodi	6
3.1	Dati di qualità dell'aria - fonti.....	6
3.2	Dati di qualità dell'aria - parametri e criteri di aggregazione	6
3.3	Dati meteorologici - fonti.....	8
3.4	Dati meteorologici - parametri e criteri di aggregazione	9
3.5	Eventi di trasporto di sabbie desertiche e quantificazione del contributo alle concentrazioni di PM ₁₀	10
3.6	Organizzazione dei dati	10
4	REFERENCES	17
5	APPENDICE A.....	Errore. Il segnalibro non è definito.



1. INTRODUZIONE

La valutazione degli effetti delle misure di risanamento della qualità dell'aria attraverso l'analisi degli andamenti delle concentrazioni rilevate nelle stazioni di monitoraggio è complessa in ragione della natura dei meccanismi che regolano la diffusione, il trasporto, la trasformazione, e la deposizione delle sostanze inquinanti e la relazione tra questi, il punto/area di emissione e il punto di osservazione. I fattori determinanti di questa complessità, per un dato inquinante, sono fondamentalmente le condizioni meteorologiche su scala locale e mesoscala e la relativa variabilità temporale nel periodo di osservazione; l'orografia nell'intorno del punto di misura; la modulazione temporale delle sorgenti emissive, nonché la complessità delle reazioni chimiche che avvengono in atmosfera.

In questo periodo eccezionale e si spera irripetibile, la pur notevole entità della riduzione di alcune sorgenti, in primo luogo il traffico veicolare, non spiega comunque, da sola, le variazioni degli andamenti osservati nei singoli punti di misura.

L'obiettivo 1 del progetto PULVIRUS propone l'applicazione di tecniche statistiche di normalizzazione meteorologica sulle serie di dati rilevati dalle stazioni delle reti di monitoraggio nazionale, finalizzata a "isolare" o "controllare" il ruolo della variabilità meteorologica sugli andamenti degli inquinanti nei periodi ex-ante COVID-19 ed ex-post.

Queste tecniche, in alcuni casi già usate e descritte in letteratura sia nel caso di individuazione di trend non monotoni di inquinanti atmosferici su serie storiche di lungo periodo, sia nel caso di studi di "intervention analysis" finalizzati a valutare l'effetto di misure di mitigazione dell'inquinamento atmosferico su scala locale o regionale, permetteranno di stimare quantitativamente l'effetto del lockdown, sulle concentrazioni dei principali inquinanti, riducendo notevolmente l'incertezza associata alla stima degli effetti.



2 OBIETTIVI

Gli obiettivi della task 1.3 sono stati i seguenti:

- Individuazione delle fonti
- raccolta di serie di dati pluriennali di qualità dell'aria e meteorologici
- Organizzazione dei dati funzionale alle successive analisi (task 1.4).
- Analisi statistica descrittiva dei dati disponibili



3 METODI

3.1 Dati di qualità dell'aria - fonti

Per applicare le tecniche di normalizzazione occorre analizzare serie storiche pluriennali, comprendenti nel nostro caso ovviamente i dati del 2020.

I dati di concentrazione dei vari inquinanti in atmosfera, misurati nel corso degli anni nelle stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale, sono raccolti e archiviati in ISPRA nel database InfoARIA. I dati sono trasmessi dalle Regioni e Province Autonome secondo quanto previsto dalla Decisione 2011/850/EU.

Ai fini del progetto sono stati utilizzati i dati disponibili attraverso questa fonte per il periodo 2013 al 2019.

Poiché i dati relativi al 2020 sono stati trasmessi nel 2021 e il processo di trasmissione si è concluso a ottobre 2021, per poter avviare le analisi già nel corso della seconda metà del 2020, si è proceduto al reperimento dei dati parziali (relativi al primo semestre 2020) seguendo due canali:

- sinergia con le ARPA partecipanti al progetto LIFE prepar (Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Trento, Veneto, Friuli Venezia Giulia ed Emilia Romagna), per evitare richieste duplici degli stessi dati. I colleghi di ARPAE che curano tale attività nell'ambito del progetto LIFE prepar hanno messo a disposizione i dati raccolti per il periodo di studio.
- Richiesta ai componenti della rete dei referenti sulla qualità dell'aria dell'SNPA (RR-TEM II/02) per le restanti 14 ARPA/APPA.

Nel mese di ottobre 2021 sono poi stati raccolti e completati i dataset con i dati relativi all'intero 2020 utilizzando il database Info-ARIA.

3.2 Dati di qualità dell'aria - parametri e criteri di aggregazione

Gli inquinanti considerati sono stati: PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, NO_x, O₃, C₆H₆, CO, SO₂.

I dati di base sono medie orarie per NO₂, NO_x, O₃, C₆H₆, CO, SO₂.

Per PM₁₀ e PM_{2.5} in larga prevalenza (oltre l'80%) i dati di base sono medie giornaliere. Sono presenti comunque un certo numero di serie di dati con risoluzione temporale oraria e bioraria.

Ai fini delle successive analisi i dati sono stati aggregati su base giornaliera (medie giornaliere). Il criterio di aggregazione prescelto prevede la disponibilità di almeno 18 record orari al giorno (copertura giornaliera del 75%) per considerare valida una media giornaliera (ovvero 9 record nel caso di dati biorari). Nel caso di copertura insufficiente la relativa media giornaliera risulta come



missing (e riportata come “NA”).

Per quanto riguarda l’ozono sono stati calcolati due parametri diversi: la media oraria massima giornaliera e la massima media mobile di otto ore giornaliera, in quanto indicativi maggiormente dell’esposizione a questo inquinante.

Oltre ai parametri per un confronto con i valori limite per la protezione della salute umana stabiliti dalla normativa di riferimento (D.Lgs.155/2010) e con i valori di riferimento stabiliti dall’OMS per la protezione della salute umana (WHO-AQG, 2006; WHO-AQG, 2021), sono state calcolate le statistiche descrittive, su base mensile ed annuale per ogni stazione di monitoraggio e inquinante.

I dati sono stati organizzati in un database relazionale *postgres-sql*.

Ai fini delle successive analisi sono stati individuati dei criteri di validità delle serie storiche in base alla completezza dei dati secondo i seguenti criteri:

Criteri generali per selezionare le serie storiche complete nel periodo 2013 - 2020.

- 1) Completezza a livello mensile: copertura mensile pari almeno al 75%;
- 2) Completezza a livello annuale: disponibilità di almeno 9 mesi validi (secondo il criterio 1) su 12.
- 3) Completezza a livello stagionale: disponibilità di almeno 2 mesi validi (secondo il criterio 1) per ogni stagione (Inverno: Gennaio-Febbraio-Dicembre (stesso anno); Primavera: Marzo-Aprile-Maggio; Estate: Giugno-Luglio-Agosto; Autunno: Settembre-Ottobre-Novembre).
- 4) Per l’anno 2020, disponibilità di dati nel primo semestre completi a livello mensile secondo il criterio 1.

I dati giornalieri (indipendentemente dalla completezza secondo i criteri su esposti) sono presenti nel database in 8 tabelle; le serie storiche complete secondo i criteri sopra esposti sono disponibili in “viste materializzate” (una per ciascun inquinante) nello stesso data base.

Ogni serie di dati è associata a una chiave primaria (codice della stazione nel formato ITXXXXA) grazie alla quale possono essere estratti i dati associati ai relativi metadati.

3.3 Dati meteorologici - fonti

I dati meteorologici sono stati estratti dal set di dati *ERA5* generato dal servizio Copernicus sui cambiamenti climatici; Copernicus è un programma di osservazione della Terra frutto della collaborazione tra Agenzia Spaziale Europea e Commissione Europea. I dati ERA5, attualmente disponibili per uso pubblico, sono dati spaziali di rianalisi di condizioni meteorologiche orarie, ovvero dati derivanti da combinazioni di modelli meteorologici con dati osservativi di satelliti e di sensori terrestri, con l'obiettivo di costruire una banca dati meteorologica coerente ed omogenea a partire dal 1979 e fino ad oggi, che si aggiorna con cadenza mensile. In particolare, per tutte le variabili selezionate, ad eccezione della stima dell'altezza del planetary boundary layer (*hpbl*) non contenuta in questo dataset, i dati sono stati estratti da *ERA-land (terraferma)*; questi hanno risoluzione temporale oraria (UTC) e sono disponibili dal 1981 ad oggi, su tutto il globo terrestre. Sono dati a risoluzione orizzontale (latitudine x longitudine) pari a $0.1^\circ \times 0.1^\circ$. La fonte (chiamata Fonte 1 in tabella 2) è la seguente:

(<https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-land?tab=overview>).

Per la sola *hpbl* sono stati usati i dati *ERA5 single-levels* (disponibili dal 1979 ad oggi, su tutto il globo terrestre, sempre con risoluzione oraria (UTC)). Sono in questo caso dati a risoluzione (latitudine x longitudine) pari a $0.25^\circ \times 0.25^\circ$. La fonte (chiamata Fonte 2 in tabella 2) è la seguente:

(<https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels?tab=form>)

Tabella 1: Variabili meteo di origine scelte (nomi assegnati in questo Progetto); dati orari.

Variabile	Descrizione	Unità di misura	Metodo di misurazione	Fonte
<i>temp</i>	temperatura dell'aria a 2 metri d'altezza sulla superficie terrestre	°K (gradi Kelvin)	ad ogni ora viene riportato il valore relativo all'ora precedente	Fonte 1
<i>dewP</i>	temperatura del punto di rugiada (o di dewpoint) dell'aria a 2 metri d'altezza sulla superficie terrestre	°K (gradi Kelvin)	ad ogni ora viene riportato il valore relativo all'ora precedente	Fonte 1
<i>prec</i>	precipitazione totale sulla superficie terrestre	m (metri)	ad ogni ora viene riportato il valore cumulato dall'inizio del giorno fino a quell'ora	Fonte 1
<i>winU</i>	componente orizzontale verso Est del vento a 10 metri d'altezza sulla superficie terrestre	m/s (metri al secondo)	ad ogni ora viene riportato il valore relativo all'ora precedente	Fonte 1
<i>winV</i>	componente orizzontale verso Nord del vento a 10 metri d'altezza sulla superficie terrestre	m/s (metri al secondo)	ad ogni ora viene riportato il valore relativo all'ora precedente	Fonte 1
<i>pres</i>	pressione dell'aria sulla superficie terrestre	Pa (Pascal)	ad ogni ora viene riportato il valore relativo all'ora precedente	Fonte 1
<i>Srad</i>	radiazione solare netta che raggiunge un piano orizzontale sulla superficie terrestre	J/m ² (Joule su metri quadri)	ad ogni ora viene riportato il valore cumulato dall'inizio del giorno fino a quell'ora	Fonte 1
<i>pblH</i>	altezza dello strato limite planetario	m (metri)	ad ogni ora viene riportato il valore relativo all'ora precedente	Fonte 2

3.4 Dati meteorologici - parametri e criteri di aggregazione

Ad ogni stazione di misura di qualità dell'aria è stato associato il punto del grigliato di ERA5 più vicino con valore non mancante, in base alle coordinate spaziali, e sono quindi stati associati i corrispondenti valori delle variabili meteo di origine del grigliato di ERA5. Le variabili meteo di origine sono state ridefinite per l'ottenimento di quelle di interesse, nel modo di seguito descritto (variabili meteo di output). I valori di queste variabili sono stati infine calcolati su base giornaliera, con data e ora nel sistema orario solare italiano per tutto l'anno, per essere successivamente interfacciati con i corrispondenti dati di qualità dell'aria.

Tabella 2: Variabili meteo di output (nomi assegnati in questo Progetto); dati giornalieri.

Variabile	Descrizione	Unità di misura	Metodo di misurazione
<i>t2m</i>	temperatura media dell'aria a 2 metri d'altezza sulla superficie terrestre	°C	Media giornaliera dei valori di <i>temp</i>
<i>tmin2m</i>	temperatura minima dell'aria a 2 metri d'altezza sulla superficie terrestre	°C	Minima giornaliera dei valori di <i>temp</i>
<i>tmax2m</i>	temperatura massima dell'aria a 2 metri d'altezza sulla superficie terrestre	°C	Massima giornaliera dei valori di <i>temp</i>
<i>rh</i>	umidità relativa percentuale dell'aria sulla superficie terrestre	%	Media giornaliera ottenuta da elaborazione dei valori orari di <i>temp</i> e <i>dewP</i>
<i>tp</i>	precipitazione cumulata sulla superficie terrestre	mm	Cumulato giornaliero al giorno <i>g</i> ottenuto da elaborazione dei valori di <i>prec</i>
<i>ptp</i>	precipitazione cumulata sulla superficie terrestre	mm	Cumulato giornaliero al giorno <i>g-1</i> ottenuto da elaborazione dei valori di <i>prec</i>
<i>u10m</i>	componente orizzontale verso Est del vento a 10 metri d'altezza sulla superficie terrestre	m/s	Media giornaliera dei valori di <i>winU</i>
<i>v10m</i>	componente orizzontale verso Nord del vento a 10 metri d'altezza sulla superficie terrestre	m/s	Media giornaliera dei valori di <i>winV</i>
<i>wspeed</i>	Intensità della velocità orizzontale del vento a 10 metri d'altezza sulla superficie terrestre	m/s	Media giornaliera al giorno <i>g</i> ottenuta da elaborazione dei valori orari di <i>winU</i> e <i>winV</i>
<i>pwspeed</i>	Intensità della velocità orizzontale del vento a 10 metri d'altezza sulla superficie terrestre	m/s	Media giornaliera al giorno <i>g-1</i> ottenuta da elaborazione dei valori orari di <i>winU</i> e <i>winV</i>
<i>wdir</i>	direzione di provenienza del vento orizzontale a 10 metri d'altezza sulla superficie terrestre, espressa in settori di prevalenza di direzione (i settori sono espressi con numeri da 1 a 8, in base alla suddivisione angolare del piano in 8 quadranti da 45°, contati in senso orario dal Nord)	-	Settori di maggioranza relativa giornaliera ottenuti da elaborazione dei valori orari di <i>winU</i> e <i>winV</i>
<i>sp</i>	pressione dell'aria sulla superficie terrestre	hPa	Media giornaliera dei valori di <i>pres</i>
<i>nirradiance</i>	irradianza solare netta che raggiunge un piano orizzontale sulla superficie terrestre	W/m ²	Cumulato giornaliero ottenuto da elaborazione dei

Variabile	Descrizione	Unità di misura	Metodo di misurazione
			valori di <i>Srad</i>
<i>pbl00</i>	altezza dello strato limite planetario alle ore 00	km	Singolo valore orario dei valori di <i>pblH</i>
<i>pbl12</i>	altezza dello strato limite planetario alle ore 12	km	Singolo valore orario dei valori di <i>pblH</i>
<i>pblmin</i>	altezza minima dello strato limite planetario	km	Minima giornaliera dei valori di <i>pblH</i>
<i>pblmax</i>	altezza massima dello strato limite planetario	km	Massima giornaliera dei valori di <i>pblH</i>

3.5 Eventi di trasporto di sabbie desertiche e quantificazione del contributo alle concentrazioni di PM₁₀

Nella metodologia europea il contributo sahariano al PM₁₀ è stimato quantitativamente con un metodo statistico che prevede il calcolo del fondo regionale stimato presso “stazioni di riferimento” per ciascun giorno di evento; la sottrazione del fondo regionale statisticamente calcolato dal valore del PM₁₀ misurato fornisce la stima del contributo sahariano nel giorno di evento. Per ogni anno dal 2013 al 2020 sono state individuate n stazioni di riferimento attribuite alle oltre 500 stazioni di PM₁₀ distribuite sul territorio nazionale. Ogni stazione di riferimento è utilizzata per effettuare le stime del contributo degli eventi di trasporto su un numero variabile di punti di misura. I dati di input sono rappresentati dai dati di concentrazione e metadati delle oltre 500 stazioni di PM₁₀, tra cui le stazioni di riferimento individuate e i dati di output sono rappresentati da un file di identificazione degli eventi e un file di quantificazione.

3.6 Organizzazione dei dati

I dati sono stati organizzati in un database relazionale *postgres-sql*.

Per le finalità del progetto le serie di dati complete secondo i criteri su esposti sono state organizzate anche in pacchetti R (R software, R Core Team (2020)).



4 RISULTATI

Nei paragrafi che seguono è riportata un'analisi preliminare delle differenze medie osservate nel 2020 rispetto al periodo 2016-2019 in cinque periodi selezionati:

- a) fase precedente alle restrizioni (1/1/2020 – 20/2/2020)
- b) lockdown (9/3/2020 – 3/5/2020)
- c) ripresa (4/5/2020 – 7/10/2020)
- d) nuove restrizioni (8/10/2020 – 31/12/2020)

Questa analisi non ha lo scopo di valutare l'effetto delle restrizioni sulla qualità dell'aria; infatti per valutare adeguatamente questo aspetto è necessario eliminare o almeno ridurre il fattore di confondimento determinato dalla variabilità delle condizioni meteorologiche che occorrono nei diversi anni pur considerando periodo omologhi.

Tuttavia è anche importante valutare se nel periodo del lockdown ci siano state significative variazioni di esposizione agli inquinanti atmosferici rispetto agli anni precedenti. Tale informazione è basilare per eventuali successive valutazioni di effetti sulla salute.

L'analisi qui riportata è limitata a quattro inquinanti (PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, O₃) e ai valori medi rilevati nel 2020 nei 4 periodi selezionati rispetto ai valori medi rilevati, negli stessi periodi, nel quadriennio precedente (2016-2019).

Sul sito <https://www.pulvirus.it/dashboard/> è possibile visualizzare andamenti e confronti per tutti gli inquinanti e per singola stazione.

4.1 Biossido di azoto

Nella fase precedente alle restrizioni (1/1/2020 – 20/2/2020) la differenza percentuale media (2020 vs 2016-2019) su tutto il campione è risultata pari a 1,7% ($\pm 29\%$). Non si osservano differenze statisticamente significative per tipo di stazione.

Durante la fase di lockdown invece si apprezza una sostanziale riduzione delle concentrazioni: la differenza percentuale media (2020 vs 2016-2019) su tutto il campione è risultata pari a -36% ($\pm 26\%$). Considerando l'intero campione nel 75% delle stazioni la riduzione rispetto al periodo 2016-2019 è stata pari o superiore al 28%.

La riduzione è risultata maggiore nelle stazioni di traffico (-47% $\pm 14\%$) ma è stata sensibile anche nelle stazioni di fondo urbane e suburbane e in quelle industriali (rispettivamente -38% $\pm 21\%$ e -33% $\pm 21\%$). Per quanto riguarda le stazioni rurali la riduzione è stata pari al 13% con ampia



variabilità ($\pm 43\%$).

Nella fase di “ripresa”, corrispondente al periodo dal 4/5/2020 al 7/10/2020 si apprezza ancora una riduzione media su tutto il campione nazionale del 18% ($\pm 43\%$). Considerando l'intero campione nel 75% delle stazioni la riduzione rispetto al periodo 2016-2019 è stata pari o superiore al 9%. Anche in questo periodo le riduzioni più significative riguardano le stazioni di traffico ($-23\% \pm 16\%$) e risultano non significative nelle stazioni rurali ($-6,1\% \pm 53\%$).

Nell'ultimo periodo analizzato, quello delle nuove restrizioni (8/10/2020 – 31/12/2020) la differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019 è risultata pari al 14% ($\pm 23\%$).

Anche in questo caso i tre quarti delle stazioni mostrano una riduzione dell'8% rispetto al periodo 2013-2019 o superiore.

	$\Delta\%$ media 2020 vs 2016–2019 (\pm dev std)				
	Complessivo	Traffico	fondo	industriale	rurale
fase precedente alle restrizioni (1/1/2020 – 20/2/2020)	1,7 (± 29)	-2,2 (± 18)	3,6 (± 28)	5,9 (± 32)	0,7 (± 42)
lockdown (9/3/2020 – 3/5/2020)	-36 (± 27)	-47 (± 14)	-38 (± 21)	-33 (± 21)	-13 (± 43)
ripresa (4/5/2020 – 7/10/2020)	-18 (± 31)	-23 (± 16)	-19 (± 29)	-20 (± 17)	-6,1 (± 53)
nuove restrizioni (8/10/2020 – 31/12/2020)	-14 (± 23)	-17 (± 16)	-14 (± 25)	-14 (± 20)	-11 (± 29)

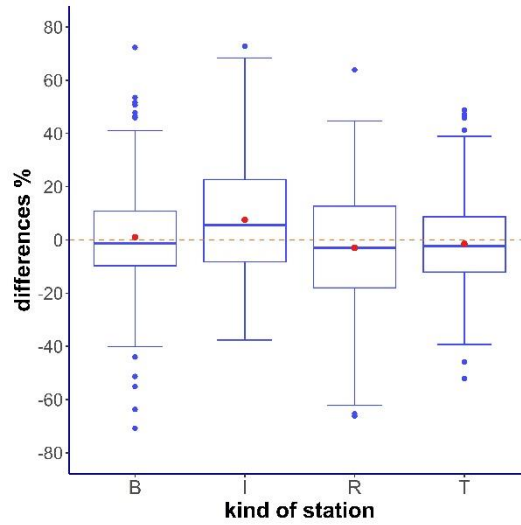


Figura 1. NO₂, fase precedente alle restrizioni (1/1/2020 – 20/2/2020) differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019. Distribuzione per tipo di stazione.



Figura 2. NO₂, fase precedente alle restrizioni (1/1/2020 – 20/2/2020) differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019. Distribuzione spaziale.

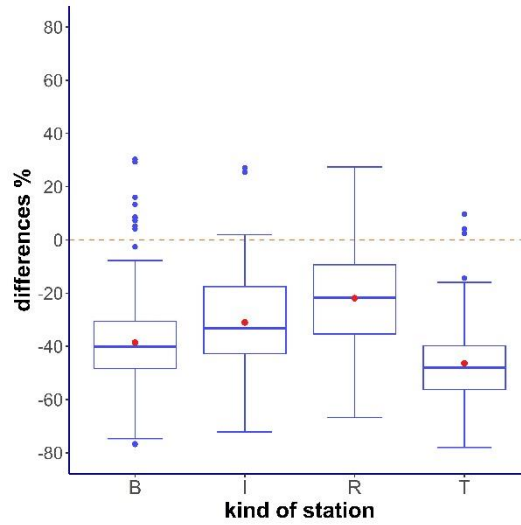


Figura 3. NO₂, lockdown (9/3/2020 – 3/5/2020) differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019. Distribuzione per tipo di stazione.



Figura 4. NO₂, lockdown (9/3/2020 – 3/5/2020) differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019. Distribuzione spaziale.

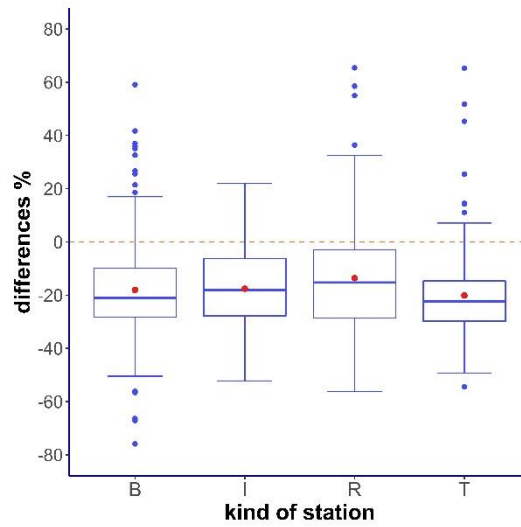


Figura 5. NO₂, ripresa (4/5/2020 – 7/10/2020) differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019. Distribuzione per tipo di stazione.



Figura 6. NO₂, ripresa (4/5/2020 – 7/10/2020) differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019. Distribuzione spaziale.

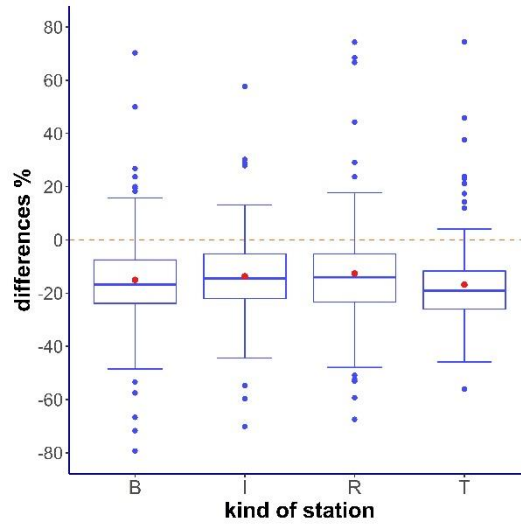


Figura 7. NO₂, nuove restrizioni (8/10/2020 – 31/12/2020) differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019. Distribuzione per tipo di stazione.



Figura 8. NO₂, nuove restrizioni (8/10/2020 – 31/12/2020) differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019. Distribuzione spaziale.

4.2 Particolato aerodisperso PM₁₀

Nella fase precedente alle restrizioni (1/1/2020 – 20/2/2020) la differenza percentuale media (2020 vs 2016-2019) su tutto il campione è risultata pari al 10% ($\pm 17\%$). Nel 50% delle stazioni i valori della differenza percentuale rispetto al periodo 2016-2019 sono pari o superiori al 9%. Nel 75% delle stazioni si osserva un aumento delle concentrazioni rispetto al periodo di riferimento. L'ordine di grandezza delle differenze percentuali medie è simile per i diversi tipi di stazione.

Durante la fase di lockdown pur se la differenza percentuale media (2020 vs 2016-2019) su tutto il campione risulta negativa essa è mediamente piccola $-1,8\%$ ($\pm 17\%$). Si riscontrano in ugual misura variazioni percentuali di segno positivo e di segno negativo. Anche dall'analisi per tipo di stazione non emerge un quadro di significativa riduzione; si può osservare tuttavia che mentre nelle stazioni di traffico si apprezza una debole riduzione nel valore medio ($-7\% \pm 15\%$) tale riduzione è meno sensibile nelle stazioni di fondo urbane e suburbane e in quelle industriali e diventa di segno positivo, per le stazioni rurali ($12\% \pm 20\%$) con il 75% delle stazioni in cui la variazione percentuale risulta maggiore dell'1%.

Sia nella fase di "ripresa", corrispondente al periodo dal 4/5/2020 al 7/10/2020 che nell'ultimo periodo analizzato, quello delle nuove restrizioni (8/10/2020 – 31/12/2020) la differenza percentuale media rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019 è risultata sempre di segno negativo. Una riduzione percentuale pari o superiore al 7% ha interessato il 75% delle stazioni durante la fase 3; tale riduzione è scesa all'1% nella fase 4.

	$\Delta\%$ media 2020 vs 2016–2019 (\pm dev std)				
	Complessivo	Traffico	fondo	industriale	rurale
fase precedente alle restrizioni (1/1/2020 – 20/2/2020)	10 (± 17)	11 (± 17) $p < 0.001$	9 (± 17) $p < 0.001$	10 (± 16)	11 (± 16)
lockdown (9/3/2020 – 3/5/2020)	-1.8 (± 17)	-7,0 (± 15)	-2,3 (± 16)	-3.1 (± 15)	12 (± 20)
ripresa (4/5/2020 – 7/10/2020)	-11 (± 12)	-11 (± 11)	-11 (± 13)	-15 (± 11)	-11 (± 12)
nuove restrizioni (8/10/2020 – 31/12/2020)	-6,9 (± 12)	-7,2 (± 10)	-6,3 (± 12)	-7,8 (± 14)	-7,6 (± 11)

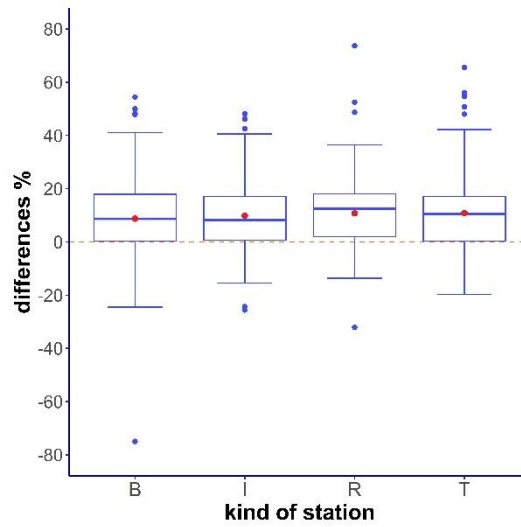


Figura 9. PM₁₀, fase precedente alle restrizioni (1/1/2020 – 20/2/2020) differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019. Distribuzione per tipo di stazione.



Figura 10. PM₁₀, fase precedente alle restrizioni (1/1/2020 – 20/2/2020) differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019. Distribuzione spaziale.

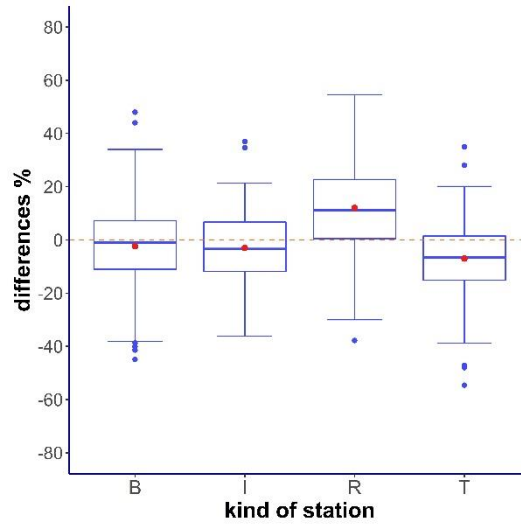


Figura 11. PM₁₀, lockdown (9/3/2020 – 3/5/2020) differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019. Distribuzione per tipo di stazione.

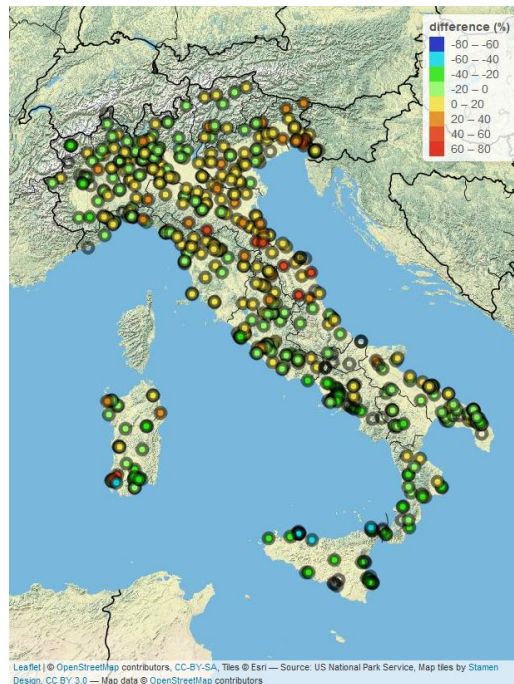


Figura 12. PM₁₀, lockdown (9/3/2020 – 3/5/2020) differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019. Distribuzione spaziale.

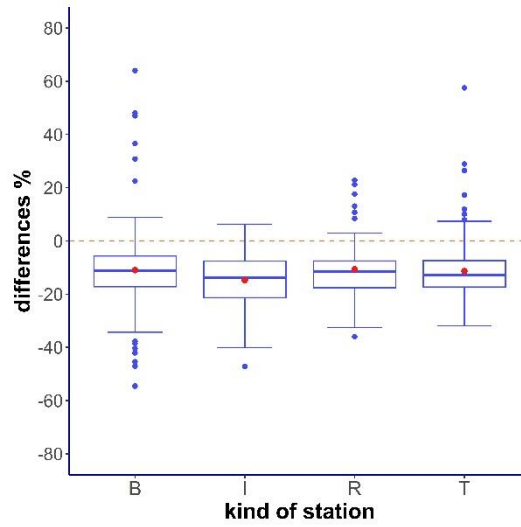


Figura 13. PM₁₀, ripresa (4/5/2020 – 7/10/2020) differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019. Distribuzione per tipo di stazione.



Figura 14. PM₁₀, ripresa (4/5/2020 – 7/10/2020) differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019. Distribuzione spaziale.

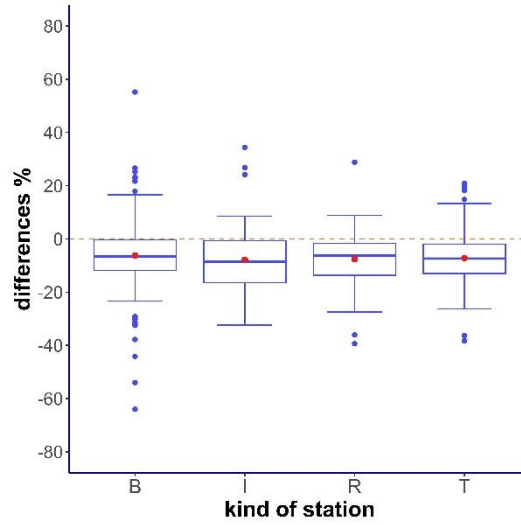


Figura 15. PM₁₀, nuove restrizioni (8/10/2020 – 31/12/2020) differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019. Distribuzione per tipo di stazione.

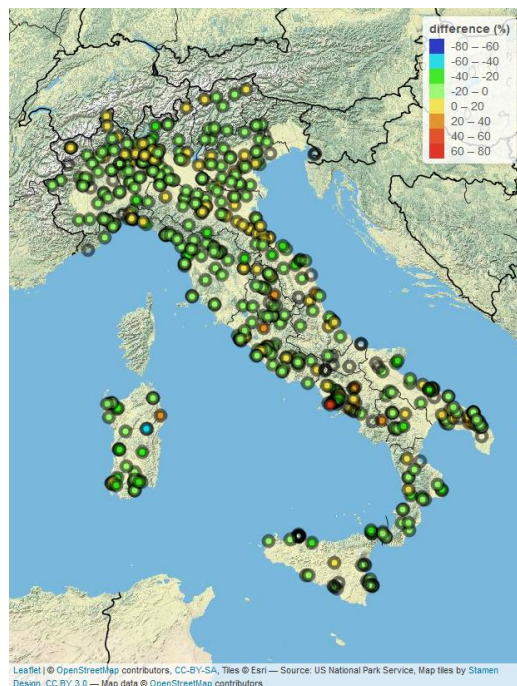


Figura 16. PM₁₀, nuove restrizioni (8/10/2020 – 31/12/2020) differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019. Distribuzione spaziale.



4.3 Ozono

Nella fase precedente alle restrizioni (1/1/2020 – 20/2/2020) la differenza percentuale media (2020 vs 2016-2019) su tutto il campione è risultata pari a -2,5% ($\pm 14\%$).

Durante la fase di lockdown non si apprezza alcuna sostanziale variazione delle concentrazioni rispetto al periodo di riferimento: la differenza percentuale media (2020 vs 2016-2019) su tutto il campione è risultata pari a +2,7% ($\pm 11\%$).

Nella fase di “ripresa”, corrispondente al periodo dal 4/5/2020 al 7/10/2020 pur se si apprezza una variazione media di segno negativo l’entità della riduzione appare di modesta entità: -4,6% ($\pm 8,3\%$). Anche in questo periodo le riduzioni più significative riguardano le stazioni di traffico (-23% $\pm 16\%$) e risultano non significative nelle stazioni rurali (-6,1% $\pm 53\%$).

Nell’ultimo periodo analizzato, quello delle nuove restrizioni (8/10/2020 – 31/12/2020) la differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019 è risultata pari al -6.5% ($\pm 12\%$).

	$\Delta\%$ media 2020 vs 2016–2019 (\pm dev std)				
	Complessivo	Traffico	fondo	industriale	rurale
fase precedente alle restrizioni (1/1/2020 – 20/2/2020)	-2,5 (± 14)	-8,8 (± 19)	-2,9 (± 15)	-1,7 (± 12)	-0,7 (± 12)
lockdown (9/3/2020 – 3/5/2020)	2,7 (± 11)	1,5 (± 17)	3,8 (± 11)	-0.9 (± 11)	1,5 (± 10)
ripresa (4/5/2020 – 7/10/2020)	-4,6 ($\pm 8,3$)	-1,5 (± 14)	-4,8 ($\pm 8,8$)	-4,4 ($\pm 8,3$)	-4,3 ($\pm 5,9$)
nuove restrizioni (8/10/2020 – 31/12/2020)	-6,5 (± 12)	0,3 (± 18)	-6,3 (± 12)	-7,0 (± 13)	-7,8 ($\pm 9,3$)

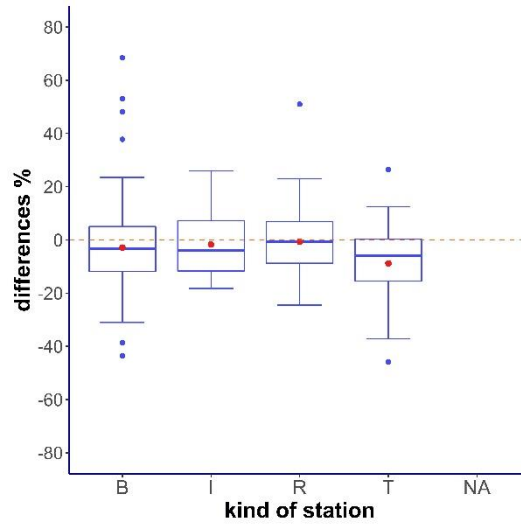


Figura 17. O₃, fase precedente alle restrizioni (1/1/2020 – 20/2/2020) differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019. Distribuzione per tipo di stazione.



Figura 18. O₃, fase precedente alle restrizioni (1/1/2020 – 20/2/2020) differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019. Distribuzione spaziale.

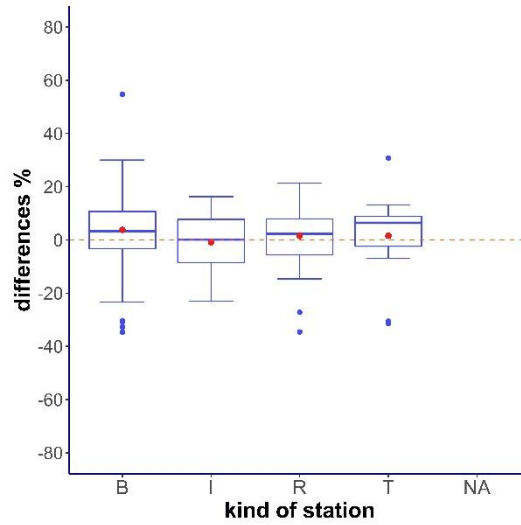


Figura 19. O₃, lockdown (9/3/2020 – 3/5/2020) differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019. Distribuzione per tipo di stazione.



Figura 20. O₃, lockdown (9/3/2020 – 3/5/2020) differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019. Distribuzione spaziale.

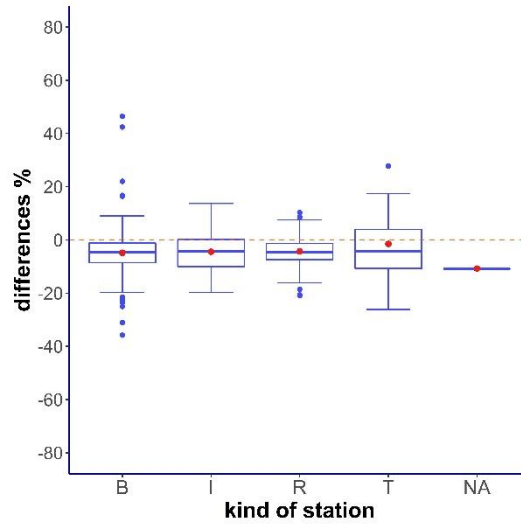


Figura 21. O₃, ripresa (4/5/2020 – 7/10/2020) differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019. Distribuzione per tipo di stazione.



Figura 22. O₃, ripresa (4/5/2020 – 7/10/2020) differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019. Distribuzione spaziale.

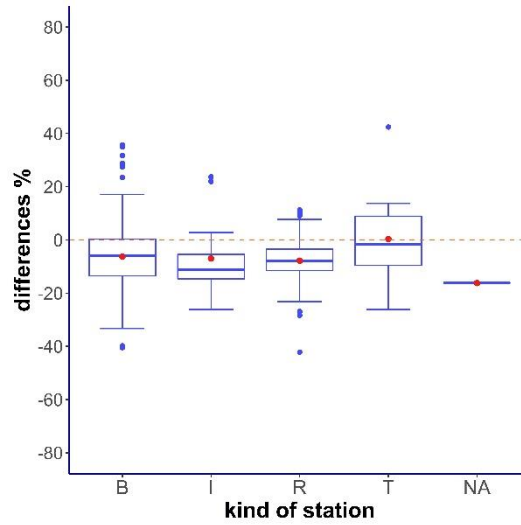


Figura 23. O₃, nuove restrizioni (8/10/2020 – 31/12/2020) differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019. Distribuzione per tipo di stazione.



Figura 24. O₃, nuove restrizioni (8/10/2020 – 31/12/2020) differenza percentuale rispetto allo stesso periodo nel quadriennio 2016-2019. Distribuzione spaziale.



5 CONCLUSIONI

In questo report sono riportati i risultati dell'attività di data processing preliminare e funzionale all'attività 1.4.

È anche riportata un'analisi sintetica delle variazioni osservate nel 2020 rispetto al periodo 2016-2019 con il solo scopo di valutare se rispetto a tale periodo nel corso del 2020 e in particolare in coincidenza con i mesi del lockdown stretto si siano verificate variazioni significative delle concentrazioni dei principali inquinanti, che possono aver modificato in modo significativo l'esposizione della popolazione.

Quello che emerge è che c'è stata una riduzione molto significativa delle concentrazioni di biossido di azoto durante il periodo del lockdown. Tale riduzione è rimasta significativa anche durante i mesi successivi. Viceversa né per la concentrazione di massa del PM, né per l'ozono sono state evidenziate variazioni tali da modificare in modo significativo il quadro espositivo rispetto al recente passato.

Tali osservazioni devono essere opportunamente consolidate rimuovendo dalle serie di dati il fattore confondente della meteorologia, al fine di isolare l'effetto del lockdown.

Questo tipo di valutazione è oggetto dei report 1.4.1 “Metodi di normalizzazione meteorologica delle serie temporali dei dati di qualità dell'aria basati su modelli additivi generalizzati (GAM)”, 1.4.2. “Metodi di normalizzazione meteorologica delle serie temporali dei dati di qualità dell'aria basati su algoritmi di machine learning” e 1.4.3 “Analisi delle serie temporali di dati di qualità dell'aria con modelli Bayesiani e approccio INLA-SPDE” cui si rimanda integralmente.



6 REFERENCES

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RStudio Team (2019). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA. URL <http://www.rstudio.com/>.