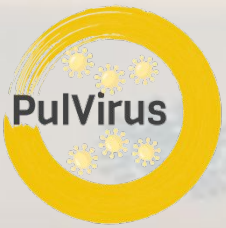


Variazioni della composizione del particolato nel 2020 rispetto agli anni precedenti come conseguenza dei provvedimenti tesi alla riduzione della diffusione di Covid19

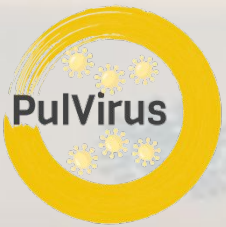
D. Bacco - Arpae E.R.
A. Trentini, F. Scotto - Arpae E.R.



OBIETTIVO 3 - CARATTERIZZAZIONE DELLA COMPOSIZIONE CHIMICA E DELLA DISTRIBUZIONE DIMENSIONALE DEL PARTICOLATO

Domande alle quali l'obiettivo 3 si è prefissato di rispondere:

- **come è cambiata la composizione del particolato durante il lockdown?**
- **le regole vigenti dopo la fine del lockdown hanno mantenuto un effetto sulla composizione del particolato?**
- **le variazioni osservate nel 2020 rispetto agli anni precedenti sono da attribuire a una variabilità legata alla meteorologia o dipendono dalle azioni attuate per limitare la pandemia?**
- **come è variato l'apporto delle diverse sorgenti alla composizione del PM?**



OBIETTIVO 3 - CARATTERIZZAZIONE DELLA COMPOSIZIONE CHIMICA E DELLA DISTRIBUZIONE DIMENSIONALE DEL PARTICOLATO

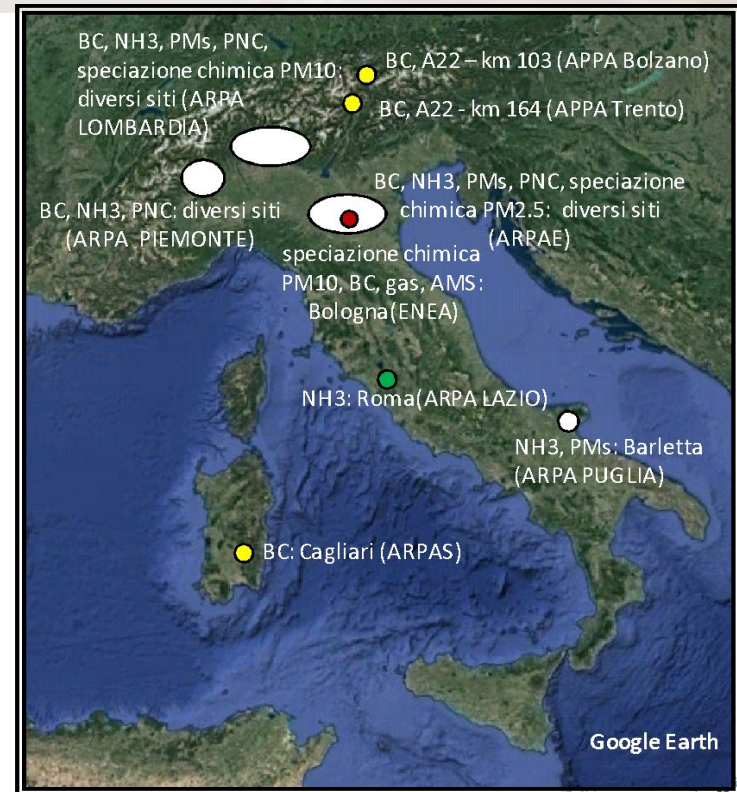
Misure di:

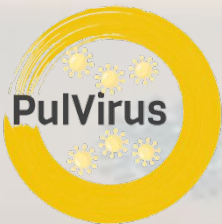
- composizione chimica del particolato (PM10, PM2.5, PM1nr)
- distribuzione dimensionale
- ammoniaca
- black carbon

Raccolto ciò che era disponibile (nessun disegno sperimentale)



Non c'è omogeneità di distribuzione sul territorio, di tipologia di misure eseguite o di tipologia dei siti disponibili





Come è cambiata la composizione del particolato durante il lockdown?

Carbonio organico (OC): primario o secondario, legato alle specie organiche

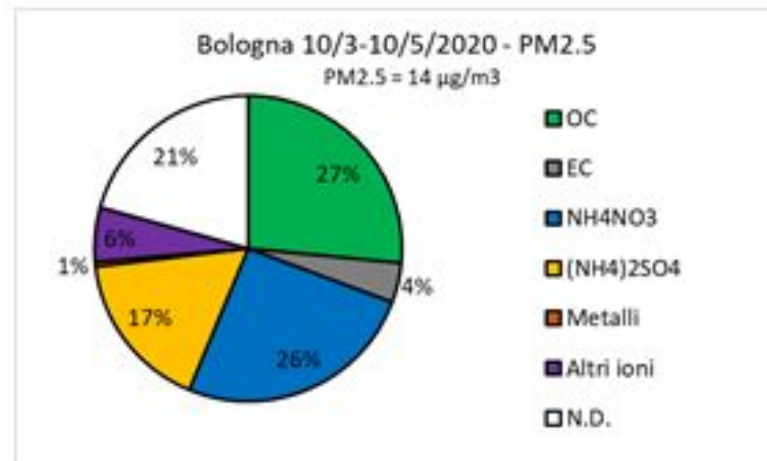
Carbonio elementare (EC): può essere definito come una sostanza contenente solo atomi di carbonio (soot, fuliggine), è essenzialmente un primario, emesso dalle combustioni

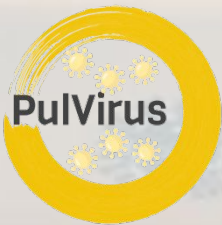
Solfato (SO_4^{2-}): diffuso omogeneamente nello spazio e nelle stagioni, infatti è spesso considerato legato a un fondo sovraregionale

Nitrato (NO_3^-): inquinante secondario, prodotto in atmosfera dagli ossidi di azoto (NO , NO_2). Caratteristico del PM2.5 invernale.

Levoglucozano: è un anidro-zucchero, marker della combustione di biomassa

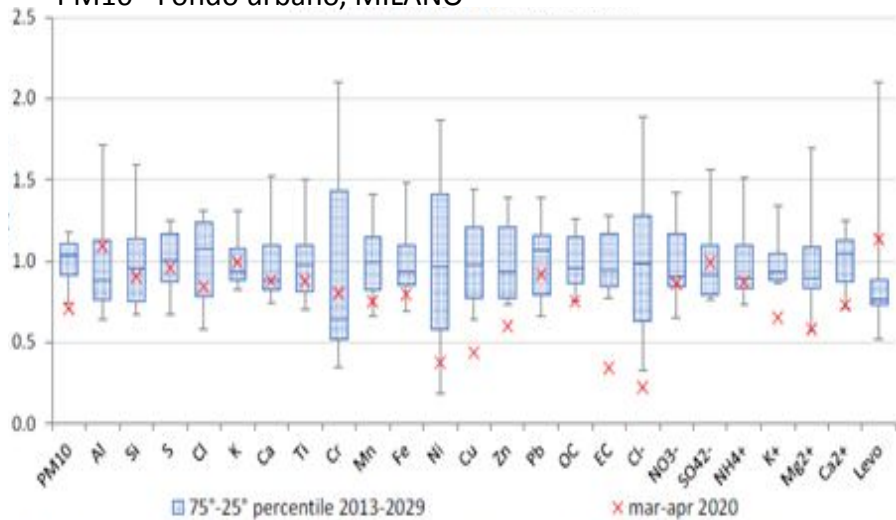
Elementi/metalli/ioni: altre specie in tracce che possono avere diverse sorgenti



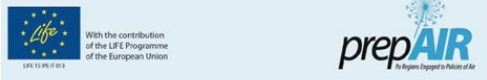
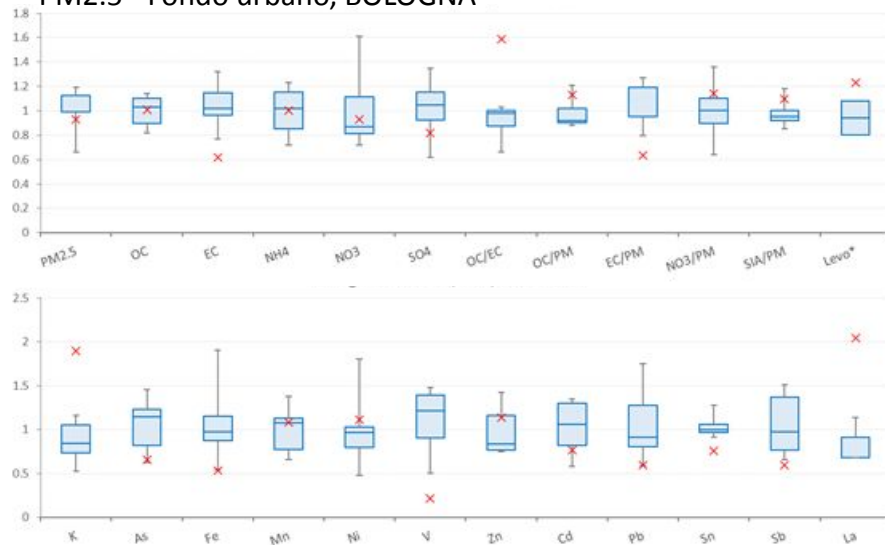


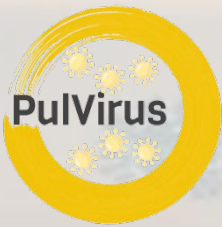
Come è cambiata la composizione del particolato durante il lockdown?

PM10 - Fondo urbano, MILANO



PM2.5 - Fondo urbano, BOLOGNA





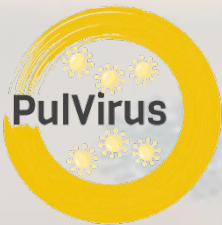
Come è cambiata la composizione del particolato durante il lockdown?

EC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Lockdown		
	UB (PM10)	UB (PM2.5)	RB (PM2.5)
Media 2016-2019	1.0	0.8	0.5
2020	0.4	0.5	0.3
Diff.	-0.6	-0.3	-0.2
Diff.%	-63%	-41%	-42%

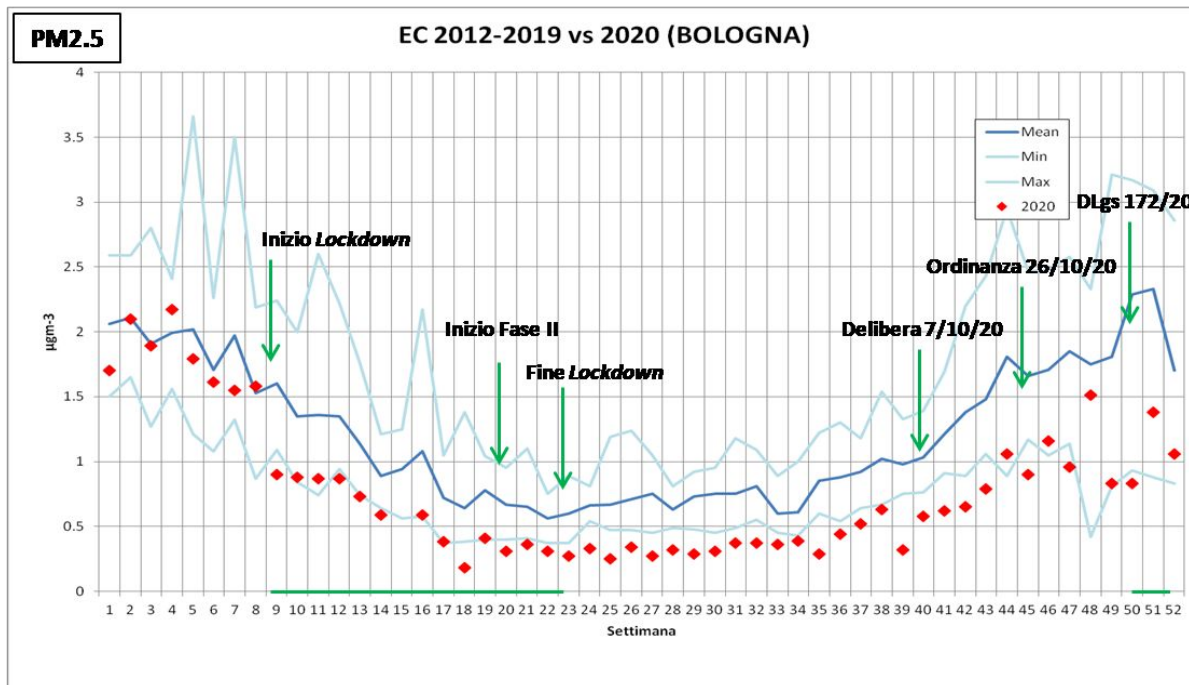
Legenda: UB (PM10) = Milano; UB (PM2.5) = Bologna, Parma, Rimini;
RB (PM2.5) = S. Pietro Capofiume

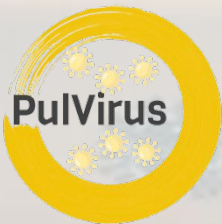
Levoglucozano [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Lockdown		
	UB (PM10)	UB (PM2.5)	RB (PM2.5)
Media 2016-2019	0.08	0.08	0.19
2020	0.10	0.12	0.08
Diff.	0.02	0.04	-0.11
Diff.%	22%	45%	-40%

Legenda: UB (PM10) = Milano; UB (PM2.5) = Bologna, Parma, Rimini;
RB (PM2.5) = S. Pietro Capofiume



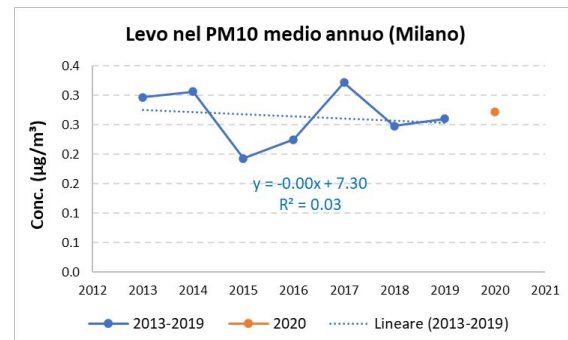
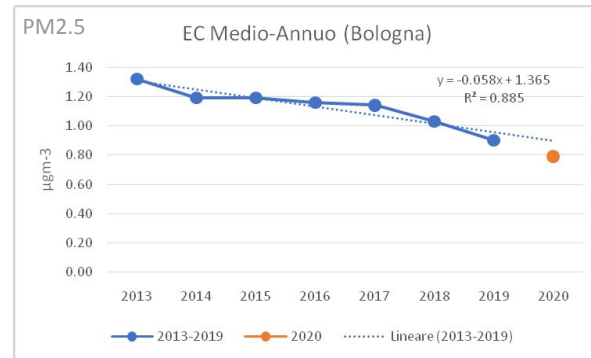
Le regole vigenti dopo la fine del lockdown hanno mantenuto un effetto sulla composizione del particolato?



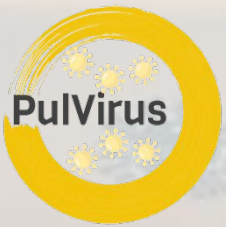


Le regole vigenti dopo la fine del lockdown hanno mantenuto un effetto sulla composizione del particolato?

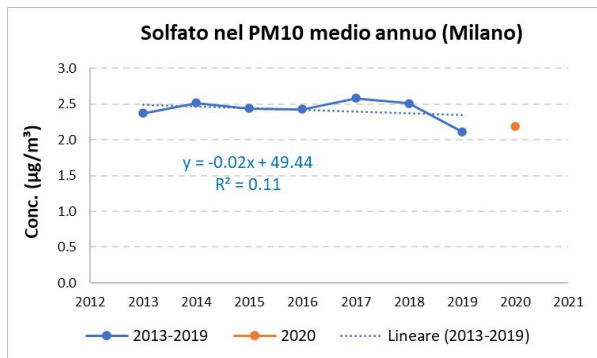
EC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Lockdown			Anno		
	UB (PM10)	UB (PM2.5)	RB (PM2.5)	UB (PM10)	UB (PM2.5)	RB (PM2.5)
Media 2016-2019	1.0	0.8	0.5	1.5	1.1	0.8
2020	0.4	0.5	0.3	0.8	0.6	0.4
Diff.	-0.6	-0.3	-0.2	-0.7	-0.5	-0.4
Diff.%	-63%	-41%	-42%	-45%	-42%	-51%
Levoglucozano [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	UB (PM10)	UB (PM2.5)	RB (PM2.5)	UB (PM10)	UB (PM2.5)	RB (PM2.5)
Media 2016-2019	0.08	0.08	0.19	0.26	0.23	0.20
2020	0.10	0.12	0.08	0.27	0.23	0.12
Diff.	0.02	0.04	-0.11	0.01	-0.01	-0.08
Diff.%	22%	45%	-40%	3%	-2%	-58%



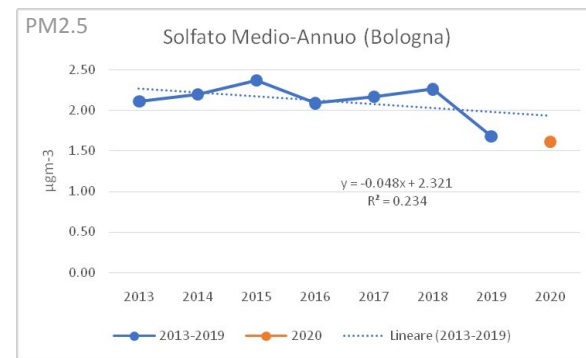
Legenda: UB (PM10) = Milano; UB (PM2.5) = Bologna, Parma, Rimini; RB (PM2.5) = S. Pietro Capofiume

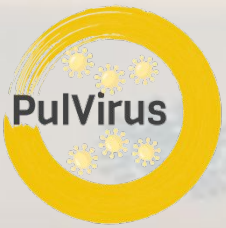


Le regole vigenti dopo la fine del lockdown hanno mantenuto un effetto sulla composizione del particolato?



Specie, come il solfato, considerando il solo lockdown non mostrano variazioni significative rispetto alla media degli anni precedenti, ma hanno un calo significativo considerando l'intero 2020





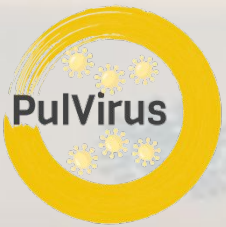
Le variazioni osservate nel 2020 rispetto agli anni precedenti sono da attribuire a una variabilità legata alla meteorologia o dipendono dalle azioni attuate per limitare la pandemia?

Tramite modelli di machine learning (Random Forest) si sono stimate le concentrazioni di inquinanti attese in base alle condizioni meteorologiche verificatesi nel 2020 e in assenza delle misure restrittive messe in atto. La differenza tra le concentrazioni previste e quelle osservate si è considerata imputabile ai provvedimenti presi per limitare il diffondersi della pandemia.

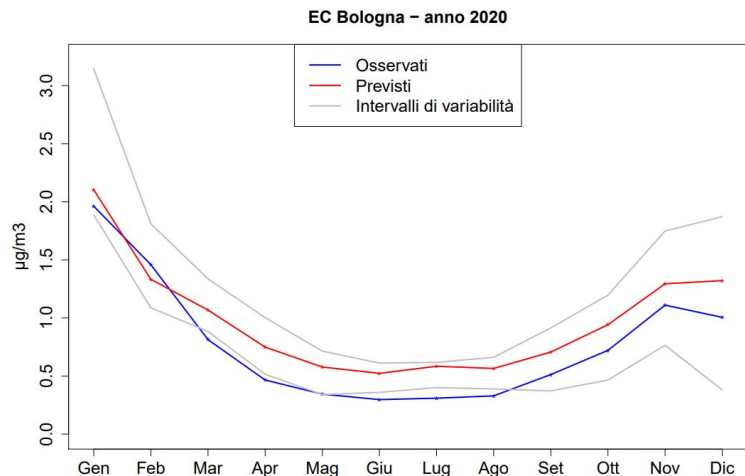
Non tutte le specie analizzate hanno dato risultati sufficientemente buoni da essere chiarificatori: si è deciso di considerare solo le specie con un buon fitting del modello ($R^2 \approx 0.5$) e per cui la differenza tra osservati e predetti nel 2020 fosse superiore al range delle differenze ottenute per gli anni della serie storica usata per addestrare il modello

EC (PM10)	-65%	←	2020
	[-24/27%]	←	[2013-2019]
Levoglucozano (PM10)	-39%	←	2020
	[-63/93%]	←	[2013-2019]

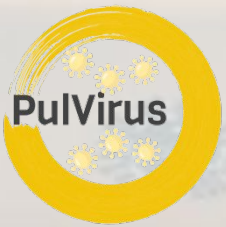
Nell'esempio: la differenza osservati/predetto di EC è maggiore al range di differenze calcolate negli anni di training, per il levoglucozano no



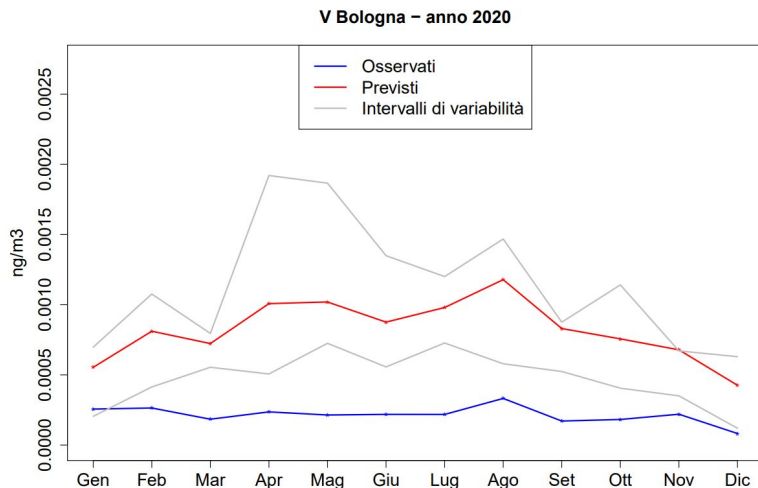
Le variazioni osservate nel 2020 rispetto agli anni precedenti sono da attribuire a una variabilità legata alla meteorologia o dipendono dalle azioni attuate per limitare la pandemia?



Il carbonio elementare (EC) presenta valori inferiori a quelli previsti per tutti i siti. La variazione delle concentrazioni osservate rispetto alle attese è compresa tra il -30% e il -65% circa nei siti durante il *lockdown* e tra il -20% e il -40% circa su tutto l'anno.



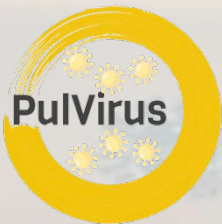
Le variazioni osservate nel 2020 rispetto agli anni precedenti sono da attribuire a una variabilità legata alla meteorologia o dipendono dalle azioni attuate per limitare la pandemia?



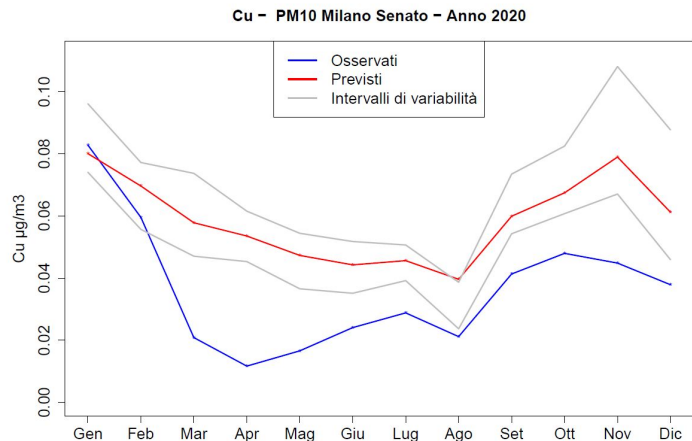
Il vanadio risulta un importante *marker* della combustione di oli pesanti.

Le concentrazioni risultano molto più basse di quelle previste in tutto il 2020, anche prima dell'inizio del *lockdown* di marzo: i cali sono compresi tra il -70% e il -80%.

Si evidenzia anche una grande omogeneità tra i siti in cui viene misurato (PM2.5), probabilmente per il fatto che questo inquinante deriva prevalentemente da una sorgente di trasporto *long range*, la cui variazione impatta in modo simile su tutti i siti.



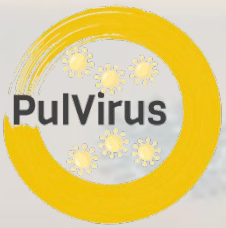
Le variazioni osservate nel 2020 rispetto agli anni precedenti sono da attribuire a una variabilità legata alla meteorologia o dipendono dalle azioni attuate per limitare la pandemia?



Ferro e rame, che derivano in parte o totalmente dal traffico, per un sito di traffico di Milano (PM10) mostrano un calo, rispettivamente, del 50% e del 70% nel periodo di lockdown e del 20% e del 30% circa per la media annua.

Il calo del rame durante il lockdown è visibile anche nel fondo urbano.

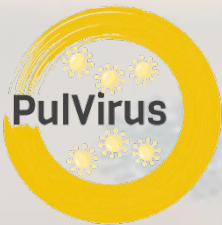
Le variazioni delle altre componenti (sia come intero anno che per il solo *lockdown*) sono comparabili con quelle calcolate per gli anni precedenti, di *training*, e non si possono pertanto attribuire alle azioni intraprese per combattere la diffusione di Covid-19.



Come è variato l'apporto delle diverse sorgenti alla composizione del PM?

La conoscenza della composizione chimica e della variazione nel tempo della concentrazione delle singole specie permette di applicare modelli di *source apportionment* come la Positive Matrix Factorization (PMF) che permettono di individuare i fattori che contribuiscono a formare la massa del PM e il loro contributo giorno per giorno.

Nei siti per cui era disponibile la distribuzione chimica di PM_{2.5} e PM₁₀, lo studio è stato applicato sulla serie storica dalla fine del 2015.



Come è variato l'apporto delle diverse sorgenti alla composizione del PM?

PM2.5

Sorgenti primarie:

- Traffico
- Comb. biomassa
- Mix antropogenico
- Comb. oli pesanti

Fattori secondari:

- Secondario nitrato
- Secondario fondo

PM10

Sorgenti primarie:

- Traffico
- Comb. biomassa
- Mix antropogenico
- Suolo
- Cloro

Fattori secondari:

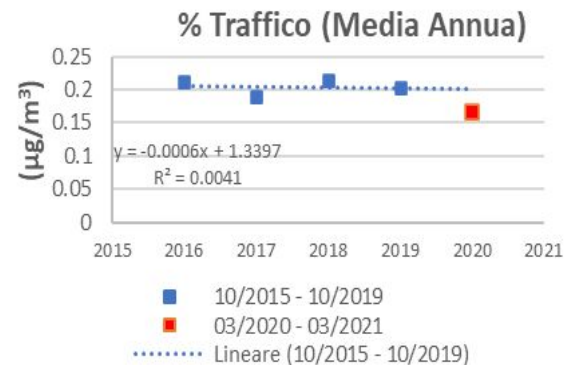
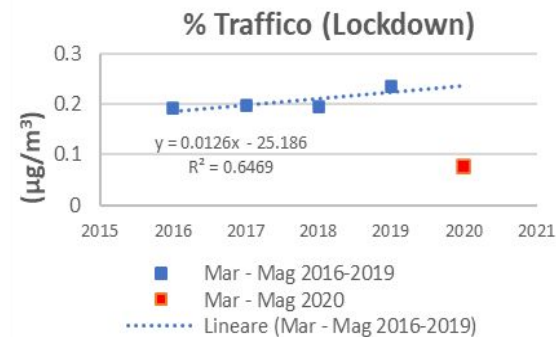
- Secondario nitrato
- Secondario fondo

Come è variato l'apporto delle diverse sorgenti alla composizione del PM?

Variazione lockdown [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Traffico	Comb. biomassa	Antropogenico	Crostante	Cloro
Media 2016-2019	5.6	0.8	2.0	5.0	1.0
Media 2020	1.7	1.0	1.1	5.0	0.9
Diff	-3.9	0.2	-0.9	-	-0.2
Diff %	-69%	23%	-45%	-	-16%

Variazione annuale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Traffico	Comb. biomassa	Antropogenico	Crostante	Cloro
Media 2016-2019	7.4	3.1	2.3	4.8	1.4
Media 2020	4.9	2.6	2.2	5.4	1.2
Diff	-2.6	-0.6	-0.1	0.6	-0.2
Diff %	-35%	-18%	-4%	14%	-13%

Sorgenti primarie PM10

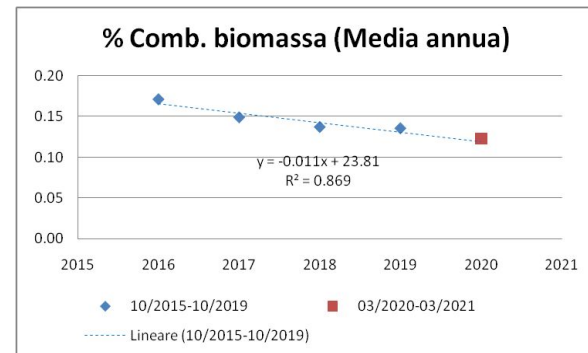
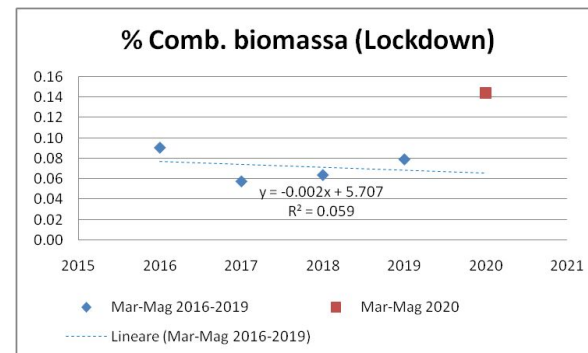


Come è variato l'apporto delle diverse sorgenti alla composizione del PM?

Variazione lockdown [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Traffico	Comb. biomassa	Comb. oli pesanti	Mix antropogenico
Media 2016-2019	3.1	1.0	0.9	1.7
Media 2020	1.8	1.7	0.1	1.5
Diff	-1.3	0.7	-0.8	-0.2
Diff %	-43%	65%	-85%	-11%

Variazione annuale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Traffico	Comb. biomassa	Comb. oli pesanti	Mix antropogenico
Media 2016-2019	4.1	3.0	0.6	2.4
Media 2020	2.3	1.9	0.1	2.4
Diff	-1.8	-1.1	-0.5	-
Diff %	-44%	-38%	-80%	-

Sorgenti primarie PM2.5

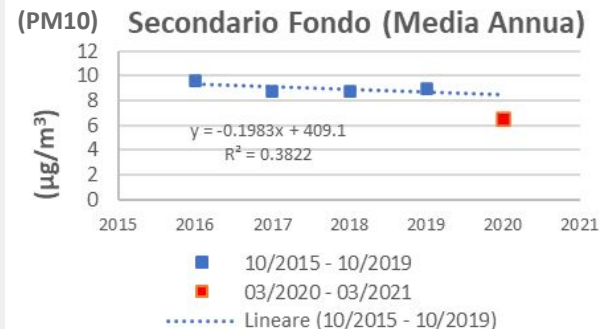
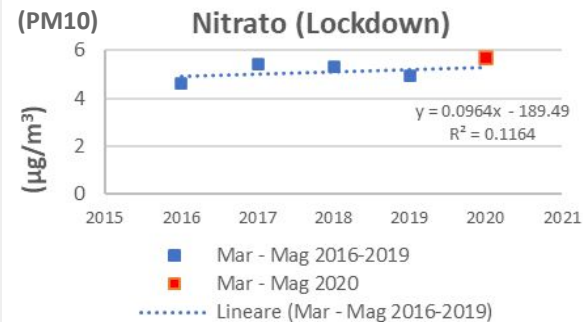


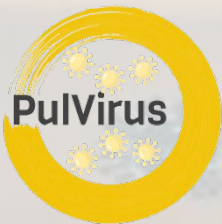
Come è variato l'apporto delle diverse sorgenti alla composizione del PM?

Variazione lockdown [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	PM10		PM2.5	
	Secondario Nitrato	Secondario Fondo	Secondario Nitrato	Secondario Fondo
Media 2016-2019	5.1	7.1	3.5	4.2
Media 2020	5.7	7.2	3.1	3.6
Diff	0.6	0.0	-0.4	-0.6
Diff %	12%	0%	-12%	-15%

Variazione annuale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	PM10		PM2.5	
	Secondario Nitrato	Secondario Fondo	Secondario Nitrato	Secondario Fondo
Media 2016-2019	7.5	9.0	6.1	4.6
Media 2020	6.3	6.5	5.1	3.6
Diff	-1.2	-2.5	-1.0	-1.1
Diff %	-16%	-28%	-17%	-23%

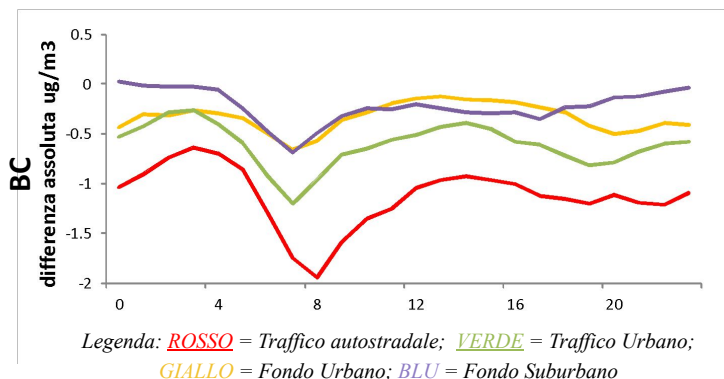
Fattori secondari



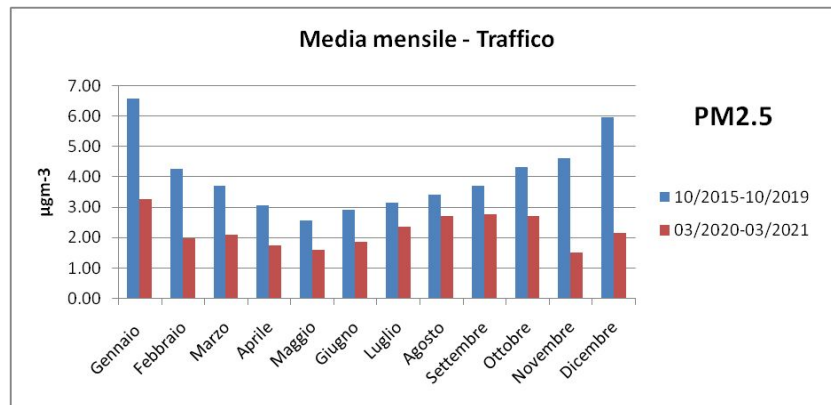


Risposte

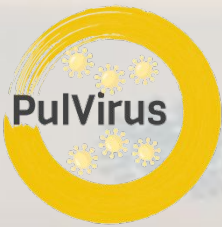
La frazione primaria (exhaust e non-exhaust) del particolato legata al **traffico veicolare** è **diminuita in modo evidente**, con un effetto che si è protratto per buona parte, se non tutto, il **2020** con cali confrontabili a quelli avuti durante il lockdown.



Differenza oraria tra le concentrazioni medie di BC durante il *lockdown* del 2020 e quelle del periodo precedente.



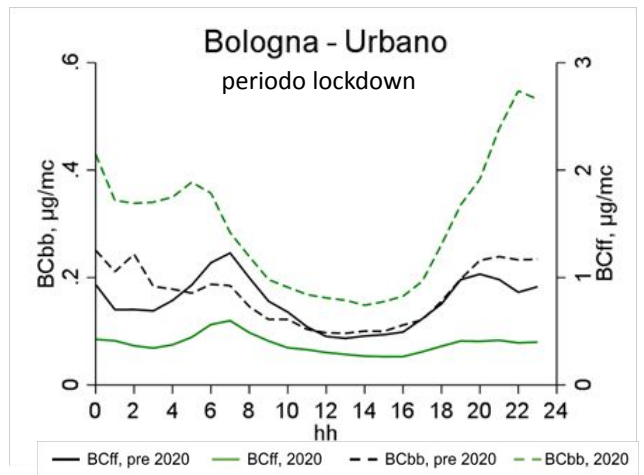
Fattore PMF attribuibile al traffico, concentrazioni nel PM2.5 **pre-pandemia** e da **marzo 2020**.



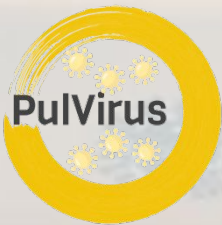
Risposte

La componente di particolato legata alla **combustione di biomassa** sembra essere **creciuta** solo durante il periodo di **lockdown**.

L'incremento di questa sorgente potrebbe aver contribuito a mascherare l'effetto totale sulla massa di particolato generato dalla diminuzione dei contributi legati ai trasporti.



La conferma del contributo in due direzioni opposte dato alla frazione legata alle combustioni, viene dall'osservazione del BC se diviso in componente derivante da *fossil fuel* (BCff) e da *biomass burning* (BCbb).

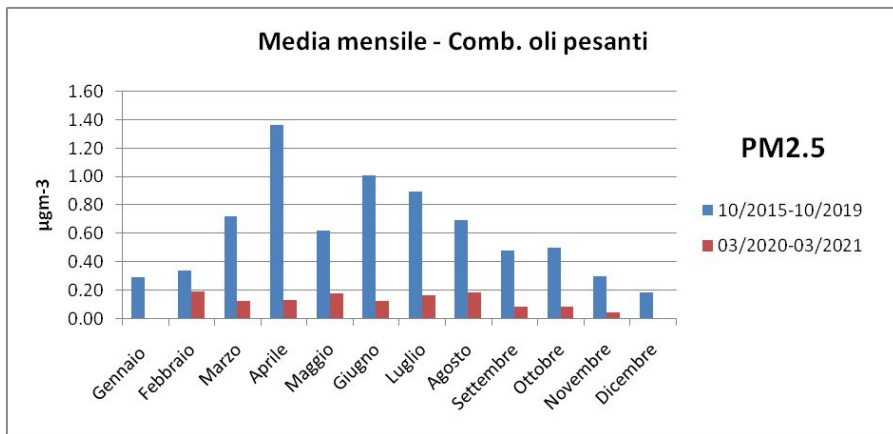


Risposte

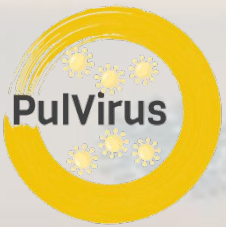
Nel PM2.5, un'altra fonte che può essere legata ai trasporti, navali in particolare, la **combustione di oli pesanti**, è **diminuita nel 2020**.

Il **Vanadio**, che risulta un marker per questo fattore, ha avuto **un calo netto nel 2020**, sia nel confronto con gli anni precedenti, sia rispetto al valore previsto dalla RF.

Il calo potrebbe essere coerente con la contrazione dei trasporti navali legati ai diversi provvedimenti internazionali anti-Covid.



Fattore PMF attribuibile alla combustione di oli e quindi collegabile al trasporto navale mediterraneo, concentrazioni nel PM2.5 **pre-pandemia** e da **marzo 2020**.

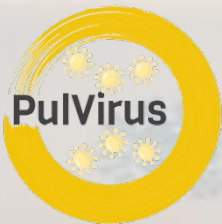


Risposte

Nonostante i cali registrati degli ossidi di azoto durante il *lockdown*, la componente di PM legata ad essi, il **nitrate d'ammonio**, non mostra cali significativi se confrontata con le concentrazioni negli anni precedenti.

Variazione percentuale tra previsto e misurato (<i>lockdown</i>)	Traffico (PM10)	Fondo urbano (PM10)	Fondo urbano (PM2.5)	Fondo rurale (PM2.5)
NH ₄ ⁺	6% [-41/90%]	-24% [-9/15%]	-12% [-54/34%]	5% [-41/30%]
NO ₃ ⁻	2% [-45/102%]	-23% [-21/14%]	-27% [-53/18%]	-3% [-48/30%]

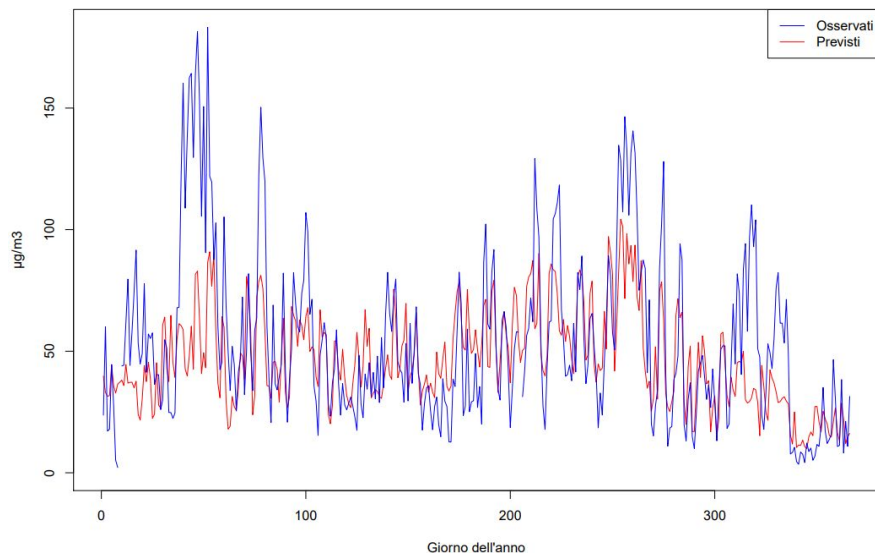
Le analisi eseguite con la RF mostrano un segnale di decrescita delle concentrazioni misurate, inferiori a quelle previste durante il *lockdown* nei siti di fondo urbani, ma dato che tali variazioni sono confrontabili con quelle espresse dal modello negli stessi periodi degli anni precedenti, non è possibile assumere questo risultato come conclusivo.



Risposte

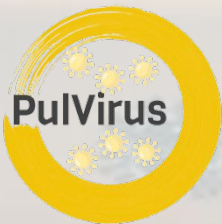
Nonostante i cali registrati degli ossidi di azoto durante il *lockdown*, la componente di PM legata ad essi, il **nitrate d'ammonio**, non mostra cali significativi se confrontata con le concentrazioni negli anni precedenti.

Cfr osservati previsti NH3 2020, Corte de Cortesi



L'assenza di provvedimenti che riguardavano le attività agricole e zootecniche, che sono le sorgenti predominanti di ammoniaca in atmosfera (il precursore dell'ammonio sul particolato), ha comportato una mancanza di variazione delle sue concentrazioni in ambiente nella maggioranza dei punti di misura disponibili.

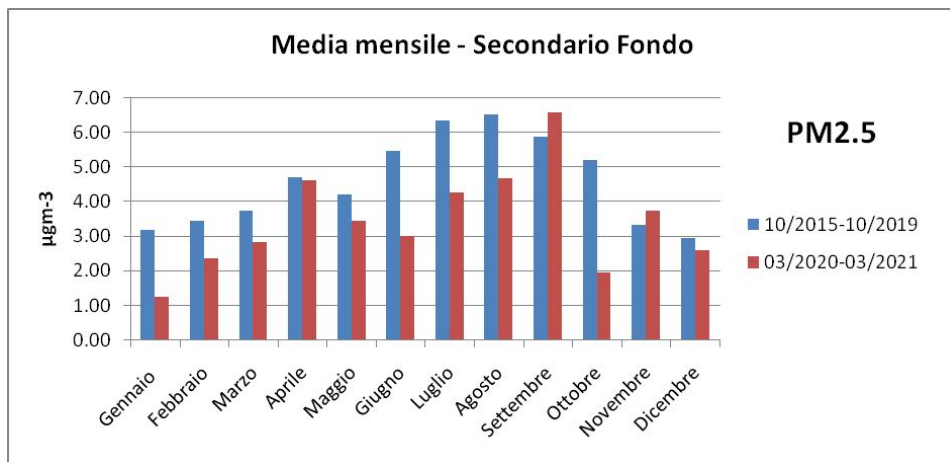
Confronto tra concentrazioni **osservate** e **previste** di ammoniaca nel 2020 in un sito vicino a sorgenti agro-zootecniche.



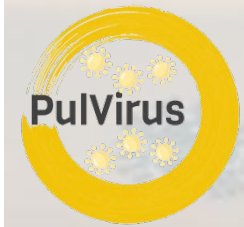
Risposte

Il **fondo continentale invecchiato** ha mostrato una **riduzione** soprattutto **nell'estate 2020**, dal confronto con gli anni precedenti.

Tale andamento potrebbe essere legato alla contrazione di una parte delle attività produttive a livello internazionale.

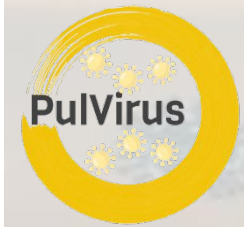


Fattore PMF attribuibile alla componente secondaria di fondo continentale invecchiato, concentrazioni nel PM2.5 **pre-pandemia** e da **marzo 2020**.



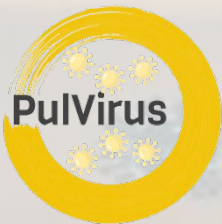
In conclusione

- Un impatto sul particolato delle azioni messe in campo per combattere la diffusione della pandemia è stato osservato, per la maggior parte, nel verso della diminuzione dei contributi delle specie, anche se, in certi casi, mascherato da effetti opposti.
- I risultati della RF confermano come le riduzioni misurate non siano dovute a condizioni di variabilità interannuale legate alle condizioni meteorologiche ma imputabili alla variazione dei contributi antropici.
- Le analisi non permettono di capire con certezza se cali di alcune specie siano stati celati dalla meteorologia, come potrebbe essere accaduto ad es. per il nitrato.



In conclusione

- I risultati più evidenti riguardano gli effetti legati alla riduzione dei trasporti, con cali nella frazione primaria del particolato e dei metalli che permangono ben oltre il termine dei provvedimenti più stringenti del primo *lockdown* indicando che alcune misure come l'introduzione dello *smart working*, sembrano aver inciso in maniera consistente.
- Infine, sembrano diminuite anche le frazioni di particolato legate a componenti antropiche extraregionali, a fronte di una crescita, durante il solo *lockdown*, delle combustioni di biomassa.



GRAZIE

GRUPPO DI LAVORO

Abbate M., Liburdi P. (Arpa Lazio)

Algieri A., Colombi C., Cuccia E., Dal Santo U., Di Leo A., Lanzani G. (Arpa Lombardia)

Benassi A., Formenton G. (Arpa Veneto)

Ferrari S., Maccone C., Scotto F., Trentini A. (Arpae Emilia-Romagna)

Cremona G., La Torretta T., Malaguti A., Petralia E., Stracquadanio M. (ENEA)

Amoroso A., Cadoni F., Centioli D., Di Menno A., Marcheggiani G. (Ispra)

Inglessis M., Settimo G. (ISS)

Gualtieri M. (Università di Milano Bicocca)

&

ENTI, ISTITUTI e AGENZIE che, pur non partecipando direttamente al progetto o allo specifico obiettivo, hanno condiviso con noi informazioni e misure