

I PRIMI RISULTATI DI UNO STUDIO RSE SUGLI EFFETTI DELLE LIMITAZIONI AGLI SPOSTAMENTI IMPOSTE DALL'EMERGENZA SANITARIA SULLA QUALITÀ DELL'ARIA IN LOMBARDIA E NELL'AREA METROPOLITANA MILANESE

## Il ciel di Lombardia, così bello quando... c'è il *lockdown*



Pubblichiamo un estratto del DossierRSE su Covid-19 e qualità dell'aria in Lombardia, curato da Valentina Agresti, Alessandra Balzarini, Riccardo Bonanno, Elena Collino, Filippo Colzi, Matteo Lacavalla, Guido Pirovano, Giuseppe Maurizio Riva, Anna Maria Toppetti (RSE) e da Federico Riva e Andrea Piccoli (Politecnico di Milano)

Le misure introdotte dal Governo per contenere la diffusione del Coronavirus, a partire dal 24 febbraio 2020, hanno imposto un forte rallentamento agli spostamenti dei cittadini, offrendo uno scenario di mobilità del tutto inedito, se si considera la storia che intercorre dal secondo dopoguerra.

In questo frangente è interessante indagare come l'aria abbia beneficiato della riduzione massiccia imposta al traffico e all'arresto di gran parte delle attività commerciali e produttive. In Pianura Padana, dove il problema della scarsa qualità dell'aria è sotto i riflettori delle principali istituzioni ambientali, questa analisi riveste



lizzazione elevato, in aggiunta alla geografia di bacino chiuso parzialmente da Alpi e Appennini e a condizioni meteorologiche che favoriscono l'accumulo di inquinanti, specie nei mesi invernali.

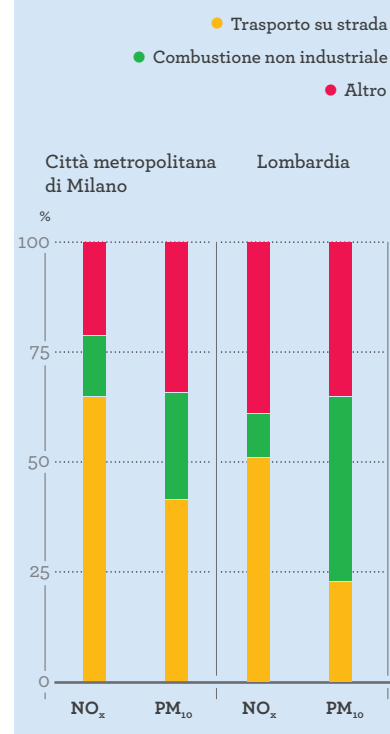
Il periodo di lockdown è arrivato in coda a un inverno particolarmente gravoso per la qualità dell'aria: dall'inizio di dicembre 2019 alla prima settimana di febbraio 2020 le concentrazioni di polveri sottili e biossido d'azoto in Lombardia sono state spesso oltre i limiti consentiti dalla legge e a metà febbraio erano già stati consumati in Lombardia i 35 giorni annui di superamento del limite dei  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  concessi dalle norme europee per il  $\text{PM}_{10}$ .

In RSE – Ricerca sul Sistema Energetico da oltre 15 anni è stata maturata e consolidata un'esperienza sullo studio della qualità dell'aria a scala nazionale e locale, basato sull'utilizzo di modelli fotochimici, in grado di simulare i processi di diffusione e di dispersione degli inquinanti, stimarne le concentrazioni e quantificare il contributo dei diversi settori di attività antropica ai livelli di inquinamento. Per la loro copertura spaziale omogenea e per la capacità di fare previsioni e stime, anche in caso di scenari emissivi ipotetici, i modelli sono un complemento valido alle misure, in situ e satellitari.

Nella fattispecie, nell'ambito dell'attività di RSE finanziata dal fondo per la Ricerca di Sistema, si svolgono ricerche che permettono di stimare in che misura il traffico veicolare contribuisce alla concen-

**FIGURA 1**  
Ripartizione delle emissioni di  $\text{NO}_x$  e  $\text{PM}_{10}$  tra i principali settori di attività in Lombardia (a destra) e nella città metropolitana di Milano (a sinistra).

Fonte: INEMAR 2017



trazione di inquinanti e come una flotta di veicoli rinnovata possa contribuire a mitigare l'inquinamento atmosferico. In questo contesto, le limitazioni agli spostamenti imposte ai cittadini dall'emergenza sanitaria rappresentano un'opportunità di indagine unica e irripetibile di verifica sul campo

un interesse ancora più marcato, come mostrano anche alcuni studi presentati nelle scorse settimane (fra tutti, citiamo quello di ARPA Lombardia e di SNPA – Sistema Nazionale di Protezione Ambientale). Qui il problema dell'inquinamento atmosferico deriva da un insieme di concause, a partire dalla densità abitativa e dal tasso di industria-

**“Le limitazioni agli spostamenti imposte ai cittadini dall'emergenza sanitaria rappresentano un'opportunità di indagine unica e irripetibile di verifica sul campo di politiche di mitigazione dell'inquinamento. Per questo RSE ha avviato uno studio in cui si indagano gli impatti del traffico veicolare sulla qualità dell'aria in Lombardia e nell'area metropolitana milanese”**

di politiche di mitigazione dell'inquinamento. Pertanto, sulla base delle competenze consolidate in RSE e grazie ad una collaborazione attiva con AMAT (Agenzia Mobilità Ambiente e Territorio), è stato avviato uno studio in cui si indagano gli impatti del traffico veicolare sulla qualità dell'aria in Lombardia e nell'area metropolitana milanese, le cui evidenze preliminari sono riportate nel seguito.

### EMISSIONI E CONCENTRAZIONI, UN LEGAME COMPLESSO

Qual è il contributo del trasporto stradale nel bilancio emissivo lombardo e milanese? In **Figura 1** è mostrato il quadro regionale e provinciale per i principali inquinanti atmosferici locali (ossidi di azoto e  $PM_{10}$ ), secondo quanto riportato in INEMAR 2017 (INventario Emissioni ARia), l'inventario delle emissioni atmosferiche realizzato da ARPA Lombardia per conto di Regione Lombardia. Dalla Figura si evince come il traffico stradale sia la principale fonte emissiva di ossidi di azoto ( $NO_x$ ), pari su base annuale al 51 per cento per la regione Lombardia e al 65 per cento per la città metropolitana di Milano.

Più articolata la situazione relativa al particolato atmosferico primario, ovvero rilasciato in atmosfera già sotto forma di polveri, che è in larga parte prodotto dall'utilizzo di biomasse combustibili. Se dunque il traffico stradale in città è ancora la principale fonte emissiva di  $PM_{10}$  primario, sull'intera regione non è così e assumono maggio-



re importanza altre fonti, quali la combustione non industriale o il comparto produttivo.

La stima delle emissioni costituisce il primo passo nel percorso di ricostruzione dello stato della qualità dell'aria di un territorio. Infatti, una volta emessi, gli inquinanti subiscono processi di dispersione – determinati dalle condizioni meteorologiche – ed eventualmente, di trasformazione chimica. Sono tali processi che determinano l'effettiva presenza degli inquinanti in atmosfera, generalmente indicata come concentrazione, e che in molti casi rendono complesso il legame fra emissioni e livelli di inquinamento sia in termini assoluti sia in relazione alle variazioni delle concentrazioni.

Per questa ragione è importante stimare quanto ciascuna attività antropica contribuisca non solo all'emissione ma alla concentra-

zione atmosferica di ciascun inquinante e quale possa essere l'effetto di una variazione delle stesse ai livelli di inquinamento.

Alla luce di queste considerazioni, il biossido di azoto ( $NO_2$ ) è il miglior candidato per un'indagine preliminare sugli impatti di una drastica riduzione del traffico veicolare sulla qualità dell'aria. I suoi effetti nocivi per la salute umana sono comprovati: la sua molecola è un agente irritante che agisce sulle mucose delle vie respiratorie, sia a livello nasale che bronchiale. La concentrazione in atmosfera di  $NO_2$  è normata dalla legislazione europea e italiana che limita la sua media annua a  $40 \mu g/m^3$  e il valore limite orario a  $200 \mu g/m^3$ , da non superarsi per più di 18 volte per anno civile. La scelta di analizzare il biossido d'azoto è inoltre data dal fatto che si tratta di un inquinante che risponde rapidamente alle variazioni di emissione, a differenza del particolato che ha una risposta più complessa.

Lo studio è stato realizzato utilizzando un sistema modellistico basato su codici di calcolo in grado di ricostruire l'evoluzione in atmosfera dei processi di dispersione e trasformazione chimica a cui sono soggetti gli inquinanti (modello

**“Il biossido di azoto ( $NO_2$ ) è il miglior candidato per un'indagine preliminare sugli impatti di una drastica riduzione del traffico veicolare sulla qualità dell'aria. La sua molecola – i cui effetti nocivi per la salute umana sono comprovati – è un agente irritante che agisce sulle mucose delle vie respiratorie, sia a livello nasale che bronchiale”**



CAMx). Il modello è stato applicato su un dominio di calcolo che copre l'intero territorio italiano alla risoluzione di 4 km, ma la presentazione dei risultati sarà focalizzata sul territorio lombardo. L'applicazione ha riguardato il periodo 10 febbraio - 29 marzo 2020. Il modello utilizza informazioni relative all'evoluzione della dinamica meteorologica avvenuta nel periodo d'interesse, ricostruita sempre attraverso modelli numerici (modello WRF) ed è alimentato da dati di emissione

derivati da opportuni inventari (nel caso specifico si è fatto riferimento all'inventario nazionale ISPRA).

### IL RUOLO DELLA DINAMICA ATMOSFERICA

La concentrazione di inquinanti è dominata dai fenomeni di trasporto e diffusione in atmosfera, ragione per cui è necessario analizzare l'andamento della qualità dell'aria alla luce delle condizioni meteorologiche che l'hanno accompagnato.

È infatti noto che la persistenza di condizioni anticicloniche, la scarsa ventilazione, l'assenza di precipitazioni e le elevate temperature favoriscano, in generale, l'accumulo di inquinanti, così come le condizioni opposte possono avere un ruolo fondamentale nel ridurre le concentrazioni.

Facendo un confronto con quanto accaduto nei due anni precedenti, il periodo febbraio-marzo 2020 si presenta per alcuni aspetti più simile al 2018 e meno al 2019, che è risultato più anomalo: in sintesi, il paragone ha evidenziato un andamento meteorologico dei primi mesi del 2020 paragonabile, in termini di dinamicità, ai recenti anni passati.

Stabilita la normalità meteorologica del periodo, si sono analizzate, in

dettaglio, le variabili meteorologiche di interesse per l'accumulo degli inquinanti sulla Pianura Padana.

La seconda metà di febbraio è stata caratterizzata da una notevole dinamicità, con l'alternanza di condizioni anticicloniche, che favoriscono l'accumulo degli inquinanti, e giornate ventose e una debole perturbazione con precipitazioni di lieve entità su tutta la Lombardia, generando condizioni tipiche di fine inverno. La fine del mese, invece, è stata caratterizzata da un evento di Föhn molto intenso, con associato drastico calo di temperatura e umidità, seguito da una perturbazione, con accumuli importanti di precipitazione all'inizio del mese di marzo che è stato poi caratterizzato da dinamicità tipica del periodo primaverile. Un forte rialzo termico e la limitata ventilazione, legati alla persistenza dell'anticiclone delle Azzorre nella settimana 16-22 marzo, ha generato condizioni favorevoli all'accumulo di inquinanti, seguito da un periodo con maggiore ventilazione nell'ultima settimana del mese, che è stata caratterizzata dall'afflusso di polveri desertiche sul Nord Italia a partire dalla giornata di giovedì 26 marzo.

TABELLA 1

### Corrispondenza tra provvedimenti messi in atto in Lombardia e fattori di riduzione medi settimanali del traffico

MISURE DI CONTENIMENTO IN LOMBARDIA (DATA DI INIZIO)	CASO STUDIO	RIDUZIONE DEL TRAFFICO IN LOMBARDIA		RIDUZIONE DEL TRAFFICO A MILANO	
		Auto e moto	Commerciali	Auto e moto	Commerciali
Chiusura scuole, musei, cinema e teatri (25 Febbraio)	1° settimana	19%	6%	18%	6%
Istituzione zone rosse (1 Marzo)	2° settimana	23%	5%	17%	5%
IoRestoaCasa (9 Marzo)	3° settimana	56%	32%	53%	32%
	4° settimana	71%	54%	71%	54%
Chiusura attività non necessarie (22 Marzo)	5° settimana	77%	66%	77%	66%

## IL LOCKDOWN: UNA RIDUZIONE DI TRAFFICO SENZA PRECEDENTI

Le limitazioni agli spostamenti imposti dalle misure di contenimento alla diffusione del Coronavirus hanno comportato un forte calo della circolazione di veicoli, soprattutto per quanto riguarda il trasporto privato. I provvedimenti messi in atto durante il periodo di emergenza sanitaria sono stati via via più incisivi, fino all'emanazione del Decreto 9 marzo che ha invitato la cittadinanza a restare a casa e a uscire solo per comprovate esigenze lavorative, motivi di salute e necessità. Non è difficile immaginare come il confinamen-

to di gran parte della popolazione lombarda abbia portato a un dimezzamento del traffico regionale, e l'ulteriore restrizione mirata alla chiusura di tutte le attività, eccetto quelle strettamente necessarie (Dpcm del 22 Marzo) abbia avuto come conseguenza un calo senza precedenti di tutti i veicoli in circolazione.

A livello operativo la stima delle emissioni da traffico è stata possibile applicando alle emissioni BAU (Business As Usual) i fattori di riduzione medi settimanali (vedi **Tabella 1**), distinguendo automobili e moto dai mezzi leggeri e pesanti utilizzati per attività commerciali e produttive (furgoni, ca-



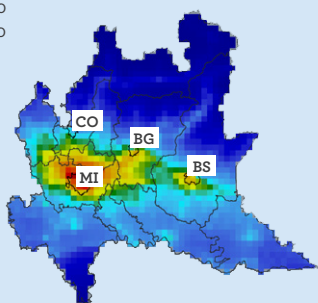
FIGURA 2

### Confronto fra le concentrazioni medie settimanali di NO<sub>2</sub> sul territorio lombardo

24 FEBBRAIO - 1 MARZO / 1° settimana: chiusura scuole

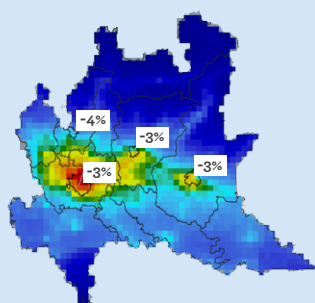
Business as usual

NO<sub>2</sub> µg/m<sup>3</sup>

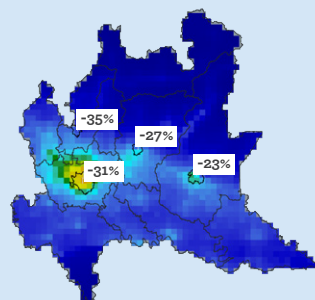
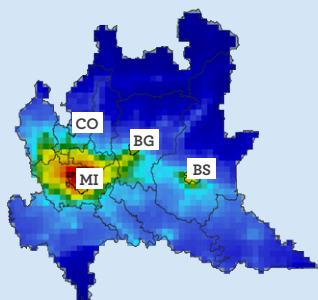


Lockdown

In evidenza la riduzione percentuale della concentrazione nelle principali aree urbane



23 - 29 MARZO / 5° settimana: chiusura attività non necessarie



mion,..). Le 5 settimane oggetto di studio sono scandite approssimativamente dalle misure elencate in tabella, in modo tale da mettere in relazione in maniera diretta provvedimenti e impatti.

## COSA È CAMBIATO NELL'ARIA CHE RESPIRIAMO

Per evidenziare che cosa è accaduto durante il periodo considerato dallo studio, si è confrontata una situazione considerata a emissioni inalterate (BAU) con quella effettivamente accaduta (lockdown), rappresentata con i modelli. Si è scelto di presentare le mappe di concentrazione di NO<sub>2</sub> per la 1° settimana (dal 24 febbraio al 1 marzo) e per l'ultima settimana (dal 23 al 29 marzo) del periodo in esame, perché rappresentative di due situazioni molto differenti di riduzione delle emissioni. Come si apprezza in **Figura 2**, rispetto a ciò che sarebbe accaduto di solito (BAU), si ha una riduzione immediata, seppur modesta, nella prima settimana e incisiva nell'ultima.

Le concentrazioni nel caso BAU presentano per l'intero periodo mas-



simi in corrispondenza delle aree urbanizzate di maggiore importanza, come l'area metropolitana di Milano, la Brianza e le città di Bergamo e Brescia. Durante la prima settimana dell'emergenza, coincidente con le disposizioni prese dalla Regione Lombardia quali la chiusura delle scuole e dei luoghi di aggregazione, lo scenario implementato porta a riduzioni contenute nei valori di biossido d'azoto, nell'ordine di  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con valori massimi nelle aree situate a Nord Est del comune di Milano. Le variazioni in termini percentuali nei principali capoluoghi di provincia si attestano nell'ordine del 3-4 per cento, che corrisponde qualitativamente alla riduzione delle emissioni di  $\text{NO}_x$ , rispetto al totale delle categorie emissive.

La seconda settimana analizzata è caratterizzata dall'adozione di misure restrittive più intense, con la chiusura di tutte le attività considerate non necessarie. Dalle mappe di concentrazione si nota che gran parte della Regione registra valori inferiori ai  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Le riduzioni in termini assoluti sono generalmente superiori ai  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , nella città me-

tropolitana di Milano e nelle aree adiacenti, con massimi superiori ai  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Per quanto riguarda la riduzione percentuale dei valori di concentrazione, è superiore al 30 per cento nei centri urbani della Lombardia occidentale, mentre per i capoluoghi provinciali orientali la riduzione è comunque superiore al 20 per cento.

I periodi non riportati graficamente presentano una riduzione delle concentrazioni nei centri urbani rappresentati in Figura nell'ordine del 3-6 per cento per la settimana dal 2 all'8 marzo, del 13-24 per cento per quella dal 9 al 15 marzo e del 20-35 per cento per la settimana dal 16 al 22 marzo.

Uno studio modellistico è avvalorato dal confronto con le misure, ragion per cui la **Figura 3** mostra

il confronto tra le concentrazioni medie giornaliere di  $\text{NO}_2$  – nel caso base e nello scenario – e le misure delle stazioni di ARPA Lombardia.

Per tutte le stazioni riportate, il caso base risulta ben allineato con le misure nel periodo pre-COVID. Gli effetti della riduzione della mobilità diventano importanti a partire dall'8 marzo: è infatti evidente come la curva delle concentrazioni di lockdown tende a distanziarsi dal BAU, pur in un contesto di generale variabilità delle concentrazioni determinato dalla dinamicità delle condizioni meteorologiche.

Sia modello che misura evidenziano una prima condizione di accumulo che si protrae fino alla fine di febbraio, quando l'arrivo di condizioni perturbate induce una significativa riduzione delle concentrazioni. Successivamente, lo sviluppo di una condizione prolungata di condizioni stabili di carattere anticiclonico permette lo sviluppo di un accumulo molto significativo di inquinanti, il cui effetto sarebbe risultato particolarmente evidente se non avesse avuto luogo il lockdown (linea rossa BAU). Infine, nell'ultima settimana esaminata, il ritorno di condizioni maggiormente perturbate determina una generale riduzione delle concentrazioni, che risulta particolarmente incisivo nella situazione lockdown (linea blu).

I risultati presentati sono ragionevoli, vista la correlazione tra emissioni di ossidi d'azoto e concentrazioni misurate; lo scenario lockdown dimostra infatti come una maggiore riduzione di  $\text{NO}_x$  emesso in atmosfera corrisponda a un valore modellato nello scenario di biossido d'azoto

**“L'analisi presentata introduce elementi di assoluta novità metodologica, perché la condizione di lockdown permette per la prima volta di validare, attraverso confronto con la misura, la capacità del modello di ricostruire non tanto la situazione base, che è la prassi abituale, quanto gli scenari”**

significativamente inferiore rispetto alla simulazione base. Tale effetto risulta particolarmente evidente nelle condizioni di maggiore accumulo, confermando quindi l'importanza di procedere all'implementazione di politiche di riduzione delle emissioni sempre più incisive.

Il risultato ottenuto conferma inoltre la sostanziale capacità del modello di ricostruire i processi in corso, sia meteorologici sia emissivi, che determinano l'evoluzione complessiva delle concentrazioni e, conseguentemente, gli effetti della riduzione delle emissioni del settore trasporto su strada sulla qualità dell'aria lombarda.

La rappresentazione della concentrazione di  $\text{NO}_2$  in caso di lockdown risulta sovrastimare le concentrazioni misurate, soprattutto nella settimana dal 16 al 23 marzo. I motivi di tale sovrastima potrebbero essere molteplici, ma ciò che è importante sottolineare è che il confronto con la misura evidenzia che la riduzione dei livelli di  $\text{NO}_2$  determinato dalla diminuzione delle emissioni potrebbe essere leggermente superiore a quello evidenziato dal modello. Una valutazione più precisa richiederà studi più approfonditi, ma le indicazioni emerse da questo studio forniscono già chiare indicazioni sulla possibile efficacia di politiche di mobilità.

## CONCLUSIONI E PROSPETTIVE

Lo studio modellistico presentato ha permesso di fornire una prima valutazione degli effetti sulla qualità dell'aria del territorio milanese e lombardo determinati dalla riduzione del traffico veicolare, avvenuta a seguito del lockdown nazionale nel periodo febbraio-marzo 2020.

L'analisi si è focalizzata sul biossido d'azoto ( $\text{NO}_2$ ), inquinante nocivo per la salute e fortemente correlato al traffico veicolare, quindi particolarmente indicato per uno

studio di questo genere. Grazie all'applicazione dei modelli matematici è stato possibile effettuare una valutazione quantitativa degli effetti della riduzione del traffico attraverso il confronto fra due simulazioni, mettendo in relazione in maniera diretta e quantitativa provvedimenti e impatti.

L'approccio applicato costituisce uno dei principali valori aggiunti di questo studio e rappresenta un utile complemento alle valutazioni emerse fino ad ora, basate princi-

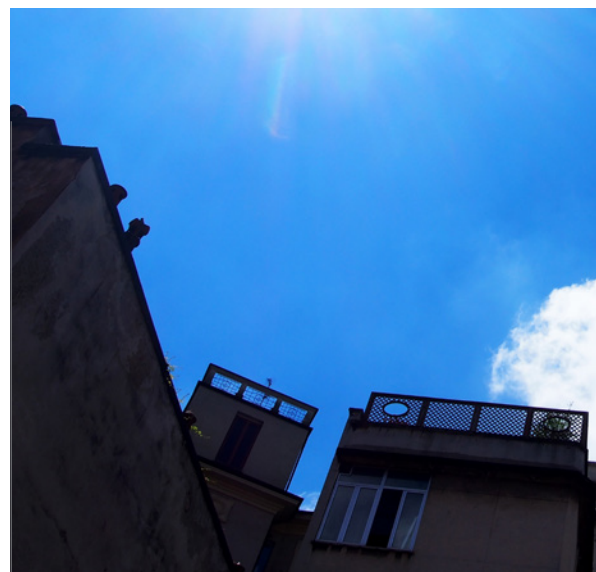
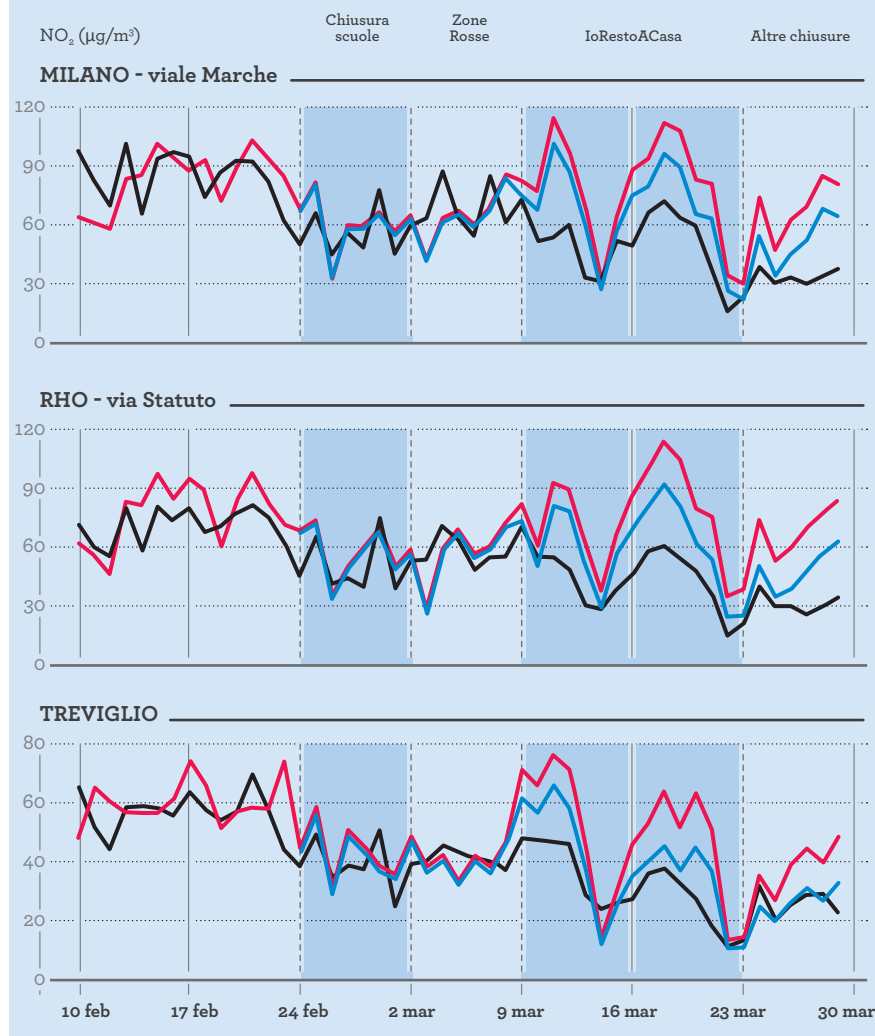


FIGURA 3

Confronto fra le serie temporali delle medie giornaliere di  $\text{NO}_2$  misurate e calcolate dal modello CAMx per la simulazione BAU e Lockdown in corrispondenza di alcune stazioni di misura della rete ARPA Lombardia





palmente sull'analisi dei dati sperimentali. Inoltre, l'analisi presentata, così come i suoi futuri sviluppi, introducono elementi di assoluta novità metodologica, perché la condizione di lockdown permette per la prima volta di validare attraverso confronto con la misura la capacità del modello di ricostruire non tanto la realtà, che è la prassi abituale, quanto le condizioni atmosferiche presunte che si avrebbero a fronte di scenari di mobilità più sostenibili. Questo esperimento

avvalora l'utilizzo dei modelli come strumenti di supporto alle decisioni, sia in questo contesto sia in future applicazioni.

L'applicazione del modello ha evidenziato che la riduzione del traffico veicolare può produrre effetti estremamente rilevanti sulle concentrazioni di biossido d'azoto. In particolare, nelle settimane di maggiore restrizione si osservano riduzioni delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> pari a circa il 30 per cento del valore che si osserverebbe senza lockdown, che corrispondono ad una diminuzione di circa 20 µg/m<sup>3</sup> nelle aree di massimo inquinamento.

È importante sottolineare come il miglioramento significativo della qualità dell'aria si ottenga a fronte di riduzioni particolarmente rilevanti delle emissioni stradali (superiori al 70 per cento); ne deriva quindi che le politiche di mobilità – per essere realmente incisive e al contempo realistiche – devono riguardare un ampio spettro di ambiti di intervento che portino ad una riduzione complessiva dell'utilizzo di mezzi inquinanti. È quindi necessario lo sviluppo di strategie di ampio respiro che introducano una riduzione della mobilità nel suo complesso, ad esempio attraverso politiche di lavoro agile e digitalizzazione dei servizi, un significativo *shift modale* verso mezzi meno impattanti, ad esempio favorendo il trasporto pubblico e la mobilità dolce, e una riduzione delle emissioni del parco circolante.

Lo studio verrà a breve esteso anche al particolato atmosferico (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>), inquinante di particolare criticità e rilevanza soprattutto nel contesto milanese e lombardo, e che richiede la definizione e successiva implementazione di politiche di riduzione altrettanto efficaci. ●

*Le elaborazioni sui dati di mobilità relativi alla città metropolitana sono state gentilmente messe a disposizione da AMAT (Agenzia Mobilità Ambiente e Territorio)*

