

# Riflessioni sulle strategie da adottare per la riduzione dell'inquinamento atmosferico nel bacino padano

## Introduzione

L'inquinamento atmosferico potrebbe costituire l'impatto ambientale più rilevante sull'ecosistema nel prossimo futuro, come rilevato da diversi studi disponibili nella letteratura di settore. Ad esempio, lo studio di Lelieveld et al. (2019) pubblicato nella rivista *European Heart Journal* riporta che l'incremento annuale di mortalità in Europa per inquinamento dell'aria è di 790.000 unità, pari a un tasso specifico di mortalità di 133 su 100.000 abitanti, con conseguenti effetti sulla diminuzione dell'attesa di vita media.

Questa situazione riveste un'importanza critica, soprattutto nella vasta area del bacino padano, caratterizzata da un ampio territorio pianeggiante che si estende per circa 47.000 km<sup>2</sup>. Le peculiarità orografiche di questa regione influenzano le condizioni meteorologiche, con una limitata velocità del vento e frequenti

inversioni termiche durante l'inverno, creando spesso un ambiente poco favorevole alla dispersione degli inquinanti nell'atmosfera. In aggiunta, la Pianura Padana è caratterizzata da fattori legati alle attività umane che possono influenzare negativamente la qualità dell'aria. Quest'area rappresenta una delle zone più densamente popolate d'Europa, con un significativo sviluppo infrastrutturale e produttivo. A conferma della criticità della situazione i dati che emergono dalla ricerca «European City Air Quality Viewer» (2023), l'agenzia Europea per l'Ambiente ha evidenziato che tra le 25 città più inquinate d'Europa, per presenza di polveri sottili nell'aria, ci sono Padova, Venezia, Vicenza, Verona e Treviso.

Per quanto riguarda il quadro normativo, la proposta di revisione delle direttive sulla qualità dell'aria ambiente secondo il Green Deal Europeo, ovvero

Il professor Alberto Pivato ha preso parte attivamente al progetto *Mal d'aria* già dal novembre 2023, intervenendo, insieme ad altri colleghi, al seminario *L'aria che respiriamo. Tre voci a confronto* tenutosi a Padova nell'autunno scorso. Quest'articolo è frutto delle considerazioni che il professor Pivato ha saputo elaborare nel suo percorso di ricerca e collaborazione con gli enti istituzionali e produttivi del territorio. Il professor Alberto Pivato con la sua attenta presenza e il suo contributo scientifico ha certamente lasciato un segno in quante e quanti hanno avuto l'occasione di incontrarlo.

l'insieme di iniziative strategiche che mira ad avviare l'UE sulla strada di una transizione verde, fisserà per il 2030 norme comunitarie più stringenti e più in linea con gli orientamenti dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, indirizzando nel contempo l'UE nel percorso verso l'azzeramento dell'inquinamento atmosferico entro il 2050, in sinergia con gli sforzi dedicati alla neutralità climatica [tab. 1]. Se questi limiti fossero confermati costituirebbero un'ulteriore incognita per le amministrazioni pubbliche: l'Italia è infatti già interessata da tre infrazioni europee su un totale di 84 in materia di qualità dell'aria e più nello specifico relative alle concentrazioni di PM10, PM2.5 e biossido di azoto [tab. 1] (Presidenza del Consiglio dei Ministri 2023).

Anche nella stampa la questione dell'inquinamento atmosferico è molto dibattuta. Gli articoli pubblicati dai principali quotidiani italiani dal 2010 al 2023 che parlano di crisi ecologica corrisponde all'1,14% del totale degli articoli pubblicati. Di questo insieme il 22,96% tratta della crisi ecologica in riferimento all'inquinamento

atmosferico e alla qualità dell'aria. A differenza di grandi eventi catastrofici, le notizie date su smog e scarsa qualità dell'aria sono costanti nel corso del tempo con poche impennate di copertura (eccezione è il caso dell'ILVA di Taranto che è un'altra cosa).

In questo sistema complesso molte sono le proposte da enti pubblici, associazioni ambientaliste ed esperti del settore per ridurre l'inquinamento atmosferico nel bacino padano attraverso differenti misure atte a prevenire e ridurre l'inquinamento atmosferico. Si ricorda infatti come queste iniziative siano attuate già da tempo, come testimoniano i trend temporali sulla qualità dell'aria che forniscono indicazioni importanti sull'efficacia di queste azioni implementate nel tempo. Ad esempio lo studio di Pivato et al. (2023) ha indagato in modo sistematico serie storiche di dieci anni di dati sulla qualità dell'aria (dal 2011 al 2021) nella regione Veneto. I risultati riportati [tab. 1] evidenziano sostanzialmente un miglioramento per tutti i composti analizzati in tutte le tipologie di stazioni di monitoraggio.

**Tabella 1** Riduzione delle concentrazioni in aria di alcuni inquinanti nelle stazioni di monitoraggio della Regione Veneto (2011-21)

<b>Tipologia di stazione di monitoraggio</b>	<b>PM10%</b>	<b>NO%</b>	<b>NO<sub>2</sub>%</b>
Fondo rurale	-20.5%	-48.4%	-24.4%
Fondo urbano	-16.2%	-35.0%	-19.5%
Traffico	-19.9%	-43.1%	-38.1%
Industriale	-9.40%	-33.2%	-25.2%

Il presente documento mira dunque a descrivere queste proposte e a riportare alcune riflessioni su un percorso virtuoso per l'attuazione di strategie efficaci per la loro corretta esecuzione e monitoraggio. Rientrano in questo lavoro i ragionamenti discussi nell'incontro «L'aria che respiriamo: tre voci a confronto» nell'ambito del progetto *Mal d'aria*, tenuto il 17 novembre 2023 a Padova, presso l'archivio antico del Palazzo del Bo dell'Università degli Studi di Padova.

Si evidenzia, infine, fin d'ora che le variegiate proposte specificatamente pensate per la lotta ai cambiamenti climatici non rientrano nello stesso campo di applicazione delle misure

per il controllo dell'inquinamento atmosferico. Se è pur vero che le emissioni climalteranti rientrano in senso lato in questa tematica generale, qui l'attenzione è rivolta prevalentemente a quegli inquinanti, come particolato atmosferico (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, NO), ozono (O<sub>3</sub>), ammoniaca (NH<sub>3</sub>) ecc., che hanno un impatto immediato sulla salute umana e sull'ecosistema. Pertanto, azioni come l'adozione di interventi forestali compensativi in ambito urbano non saranno prese in considerazione. Anche la questione degli odori, se pur connessa, non rientra nella trattazione del presente lavoro.

**Tabella 2** Limiti attuali (Air Quality Directive, 2008/50/EC), limiti proposti dalla direttiva secondo il Green Deal e limiti da WHO per i principali contaminanti in aria per la protezione della salute umana. Nella tabella si riportano anche i riferimenti delle procedure di infrazione europea in materia di qualità dell'aria

<b>Pollutant</b>	<b>Periodo di mediazione</b>	<b>Air Quality Directive, 2008/50/EC<sup>(1)</sup></b>	<b>Proposta di direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa secondo il nuovo Green Deal<sup>(2)</sup></b>	<b>World Health Organization (WHO) Air Quality Guidelines (AQG's) and Estimated Reference Levels (RLs) (WHO 2021; 2023)<sup>(3)</sup></b>	<b>Procedure di infrazione europea<sup>(4)</sup></b>
Particolato fine (PM2.5)	Media annuale	25 µg/m <sup>3</sup>	10 µg/m <sup>3</sup>	5 µg/m <sup>3</sup>	Infrazione 2020_2299
Particolato fine (PM2.5)	Media giornaliera	-	25 µg/m <sup>3</sup> , da non superare per più di 18 volte in un anno civile	15 µg/m <sup>3</sup> , 99 percentile (3-4 giorni di superamento annuo)	Cattiva applicazione in Italia della direttiva 2008/50/CE del 21 maggio 2008, relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa, per quanto concerne i valori limite per il PM2.5.
Particolato (PM10)	Media annuale	40 µg/m <sup>3</sup>	20 µg/m <sup>3</sup>	15 µg/m <sup>3</sup>	Infrazione 2014_2147
Particolato (PM10)	Media giornaliera	50 µg/m <sup>3</sup> , da non superare per più di 35 volte in un anno civile	45 µg/m <sup>3</sup> , da non superare per più di 18 volte in un anno civile	45 µg/m <sup>3</sup> , 99 percentile (3-4 giorni di superamento annuo)	Cattiva applicazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente. Superamento dei valori limite di PM10 in Italia.

<b>Pollutant</b>	<b>Periodo di mediazione</b>	<b>Air Quality Directive, 2008/50/EC<sup>(1)</sup></b>	<b>Proposta di direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa secondo il nuovo Green Deal<sup>(2)</sup></b>	<b>World Health Organization (WHO) Air Quality Guidelines (AQG's) and Estimated Reference Levels (RLs) (WHO 2021; 2023)<sup>(3)</sup></b>	<b>Procedure di infrazione europea<sup>(4)</sup></b>
Biossido di azoto (NO <sub>2</sub> )	Media annuale	40 µg/m <sup>3</sup>	20 µg/m <sup>3</sup>	10 µg/m <sup>3</sup>	Infrazione 2015_2043
Biossido di azoto (NO <sub>2</sub> )	Media giornaliera	-	50 µg/m <sup>3</sup> , da non superare per più di 18 volte in un anno civile	25 µg/m <sup>3</sup> , 99 percentile (3-4 giorni di superamento annuo)	Applicazione della direttiva 2008/50/CE sulla qualità dell'aria ambiente e in particolare obbligo di rispettare i livelli di biossido di azoto NO <sub>2</sub> .
Biossido di azoto (NO <sub>2</sub> )	Media oraria	200 µg/m <sup>3</sup> , da non superare per più di 18 volte in un anno civile	200 µg/m <sup>3</sup> , da non superare per più di una volta in un anno civile	200 µg/m <sup>3</sup>	
Biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> )	Media annuale	-	20 µg/m <sup>3</sup>		
Biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> )	Media giornaliera	125 µg/m <sup>3</sup> , da non superare per più di 24 volte in un anno civile	50 µg/m <sup>3</sup> , da non superare per più di 18 volte in un anno civile	40 µg/m <sup>3</sup> , 99 percentile (3-4 giorni di superamento annuo)	
Biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> )	Media oraria	350 µg/m <sup>3</sup> , da non superare per più di 3 volte in un anno civile	350 µg/m <sup>3</sup> , da non superare per più di una volta in un anno civile	-	
Biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> )	10 minuti	-	-	500 µg/m <sup>3</sup>	
Ozono	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	120 µg/m <sup>3</sup> da non superare per più di 25 volte in un anno civile	120 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte per anno civile come media su tre anni <sup>(5)</sup>	100 µg/m <sup>3</sup> , 99 percentile (3-4 giorni di superamento annuo)	
		-	100 µg/m <sup>3</sup> nell'arco di un anno civile <sup>(5)</sup>		

<b>Pollutant</b>	<b>Periodo di mediazione</b>	<b>Air Quality Directive, 2008/50/EC<sup>(1)</sup></b>	<b>Proposta di direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa secondo il nuovo Green Deal<sup>(2)</sup></b>	<b>World Health Organization (WHO) Air Quality Guidelines (AQG's) and Estimated Reference Levels (RLs) (WHO 2021; 2023)<sup>(3)</sup></b>	<b>Procedure di infrazione europea<sup>(4)</sup></b>
Ozono	Picco stagionale <sup>(6)</sup>	-	-	60 µg/m <sup>3</sup>	
Benzene	Anno civile	5 µg/m <sup>3</sup>	3.4 µg/m <sup>3</sup>	1.7 µg/m <sup>3</sup> <sup>(6)</sup>	
Monossido di carbonio	Anno civile	-	4 mg/ m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte per anno civile	-	
Monossido di carbonio	1 giorno	-	-	4 mg/m <sup>3</sup>	
Monossido di carbonio	Valore medio massimo giornaliero su 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/ m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>	
Monossido di carbonio	1 ora	-	-	30 mg/m <sup>3</sup>	
Piombo (Pb)	Anno civile	0.5 µg/m <sup>3</sup>	0.5 µg/m <sup>3</sup>	0.5 µg/m <sup>3</sup>	
Arsenico (As)	Anno civile	6.0 ng/m <sup>3</sup>	6.0 ng/m <sup>3</sup>	6.6 ng/m <sup>3</sup> <sup>(7)</sup>	
Cadmio (Cd)	Anno civile	5.0 ng/m <sup>3</sup>	5.0 ng/m <sup>3</sup>	5.0 ng/m <sup>3</sup>	
Nickel (Ni)	Anno civile	20 ng/m <sup>3</sup>	20 ng/m <sup>3</sup>	25 ng/m <sup>3</sup> <sup>(7)</sup>	
Benzo(a)pirene (BaP)	Anno civile	1.0 ng/m <sup>3</sup>	1.0 ng/m <sup>3</sup>	0.12 ng/m <sup>3</sup>	

Note:

(1) [https://environment.ec.europa.eu/topics/air/air-quality/eu-air-quality-standards\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/air/air-quality/eu-air-quality-standards_en).

(2) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A542%3AFIN>.

(3) <https://www.eea.europa.eu/publications/status-of-air-quality-in-Europe-2022/europes-air-quality-status-2022/world-health-organization-who-air>.

(4) Presidenza del Consiglio dei Ministri 2023.

(5) Valori obiettivi per l'ozono: <http://eurinfra.politichecomunitarie.it/ElencoAreaLibera.aspx>.

(6) Media della concentrazione media giornaliera massima su otto ore di O<sub>3</sub> nei sei mesi consecutivi con la più alta concentrazione media mobile semestrale di O<sub>3</sub>.

(7) Poiché l'OMS non ha stabilito un limite guida di qualità dell'aria (AQG) per C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, As e Ni, il livello di riferimento stimato (RL) è stato calcolato assumendo un rischio accettabile di un rischio aggiuntivo di cancro nell'arco di vita di circa 1 su 100.000.

## **Le misure per la prevenzione e riduzione dell'inquinamento atmosferico**

Misure per la prevenzione e riduzione dell'inquinamento atmosferico sono in gran parte conosciute e già introdotte in diversi piani per la protezione e il miglioramento della qualità dell'aria del bacino padano. Tra questi ultimi si annoverano: il Primo Accordo tra le regioni del bacino padano per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento atmosferico (2007); il nuovo accordo

di programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure per il miglioramento della qualità dell'aria nel bacino padano (2017); il Piano Regionale di Qualità dell'Aria (PRQA) del Piemonte (2018), ecc.

Nei paragrafi che seguono si riporta una sintetica descrizione delle principali categorie di queste misure, accompagnate da alcuni esempi significativi.

## **Misure per migliorare la consapevolezza del problema**

Si tratta di misure per migliorare la consapevolezza del problema mediante progetti di comunicazione e divulgazione. Esse possono essere rivolte sia a esperti che a non esperti.

Nel primo gruppo rientrano prevalentemente misure quali convegni tecnici, workshop e redazione di documenti tecnici atti a condividere le esperienze di esperti nel settore.

Nel secondo gruppo rientrano misure

quali: i) l'informazione della qualità dell'aria in tempo reale, mediante piattaforme digitali di pubblico accesso; ii) le campagne di sensibilizzazione per la popolazione sugli effetti dell'inquinamento atmosferico e sulle possibili soluzioni mediante anche testimonial noti al pubblico; iii) i progetti formativi ed educativi sulle buone pratiche per la cittadinanza attraverso il mondo scolastico.

## **Il controllo e il monitoraggio delle emissioni e dello stato di qualità dell'aria**

Il controllo e il monitoraggio delle emissioni e dello stato di qualità dell'aria è la misura iniziale e fondamentale sulla quale impostare le politiche ambientali sull'impatto atmosferico.

Per quanto riguarda le emissioni possono essere determinate attraverso

misure sperimentali o, più facilmente, facendo ricorso a database dove sono raccolte le emissioni specifiche per molte tipologie di sorgenti. Quest'ultimo approccio è di gran lunga il più utilizzato e per il bacino padano è significativo il progetto INEMAR (INventario EMISSIONi ARia).<sup>1</sup>

## **La prevenzione e la minimizzazione**

La prevenzione e la minimizzazione mirano a prevenire la generazione di

emissioni gassose attraverso misure gestionali e tecnologiche. Esse

---

1 INEMAR. <https://www.inemar.eu/xwiki/bin/view/Inemar/>.

sicuramente rappresentano la misura più efficace, ma richiede un drastico intervento strutturale sulle infrastrutture e probabilmente sugli stili di vita. Pertanto, una sua piena applicazione è possibile solo in arco temporale lungo.

Nel campo degli impianti fissi, un esempio è costituito dalla selezione e riduzione dei rifiuti contenenti cloro (PVC) conferiti negli impianti di incenerimento, con la conseguente riduzione della potenziale formazione di diossine (Cheng, Hu 2010).

Sul fronte della combustione non industriale altri esempi di misure prioritarie sono rappresentate dalla rottamazione di stufe inquinanti e conseguente sostituzione con apparecchi tecnologicamente più performanti o da interventi per il miglioramento

delle prestazioni energetiche degli edifici. Nel campo del trasporto, un esempio è costituito dalla riduzione del piombo tetraetile nelle benzine che ha comportato una drastica riduzione del piombo nelle aree urbane, così come dalle politiche del *car sharing* per minimizzare il parco veicolare circolante. Altri interventi di riduzione sono volti a promuovere la mobilità di massa al fine di ridurre quella individuale con l'obiettivo di ridurre il numero complessivo di veicoli contemporaneamente in circolazione (ad esempio il *car sharing*, il trasporto pubblico, ecc.).

Sempre nei trasporti, una misura proposta molto comune è quella della rottamazione di veicoli inquinanti e la sostituzione con veicoli a basse emissioni (motori elettrici).

### **Sistemi tecnologici su impianti fissi**

Si tratta di misure basate sulla diretta installazione nell'impianto stesso di apparecchiature atte a trattare il flusso gassoso una volta generato

dal processo produttivo. In questa casistica rientrano i filtri a manica, gli scrubbers, le torri di lavaggio, i biofiltri, ecc.

### **Sistemi tecnologici su sorgenti mobili**

Si tratta di misure aventi la stessa funzione del caso di cui sopra. In questo caso rientra la ben nota misura

costituita dalla marmitta catalitica per le auto e del Selective Catalytic Reduction (SCR) per l'abbattimento degli  $\text{NO}_x$ .

### **I sistemi di contenimento e dispersione del flusso gassoso**

I sistemi di contenimento e dispersione del flusso gassoso mirano da un lato a contenere e/o convogliare in modo controllato le potenziali emissioni da una sorgente; dall'altro, tendono a massimizzare la dispersione del flusso gassoso in aria. Nel primo gruppo si possono annoverare misure nel settore dell'agricoltura per il contenimento dell'emissione dell'ammoniaca come la copertura delle vasche di stoccaggio dei

liquami e lo spandimento interrato di materiali organici non palabili (effluenti zootecnici, frazioni non palabili da separazione meccanica solido/liquido di effluenti zootecnici e di altre matrici organiche, anche digerite). Nel secondo gruppo, invece, rientrano la progettazione e realizzazione di camini per impianti fissi; analogamente anche le marmitte per le sorgenti mobili (marmitte) applicano gli stessi principi.



## Le misure di ‘carattere urbano’

Queste sono misure da realizzarsi prevalentemente nei tessuti urbani pensati per altre funzioni, ma che possono concorrere a un parziale miglioramento della qualità dell’aria. Rientrano in questo gruppo, ad esempio, le aree verdi e l’utilizzo di

cemento additivato con fotocatalizzatori (p.e. grafene o ossidi di titanio) per ridurre specifici composti chimici. Si evidenzia, invece, come una delle strategie più utilizzate a ‘costo quasi zero’ per le amministrazioni è quello delle domeniche ecologiche.

## Progetti di cittadinanza attiva

Queste sono attività ‘partecipate’ dalla popolazione senza specifiche competenze nella materia. Esempi sono i progetti cosiddetti di *citizen science*, per

la promozione della partecipazione attiva del cittadino nella definizione e proposta di strumenti per la gestione dei conflitti ambientali.

## Le misure di carattere economico

Le misure di carattere economico ovvero misure indirette che determinano l’applicazione di una

delle misure precedentemente discusse facendo leva su meccanismi economici premiali o di mercato.

## Lo sviluppo di una strategia integrata

L’implementazione delle azioni/misure precedentemente descritte concorrono al miglioramento della qualità dell’aria secondo modalità differenti. Occorre fin da ora evidenziare che non esiste un’unica misura o una ricetta ‘magica’ per affrontare la grave situazione dell’inquinamento atmosferico in un bacino come quello padano. Vi è pertanto la necessità di definire una strategia integrata che sia efficace nel raggiungere gli obiettivi attesi. Questi ultimi devono essere principalmente stabiliti considerando il contesto normativo attuale [tab. 2] e devono includere anche altri fattori legati all’ambiente, all’economia e alla dimensione sociale.

Queste strategie, intese come insieme di misure da attuare in parallelo, si possono differenziare per scala di intervento, per gli inquinanti prioritari da gestire e per la tipologia di settori

produttivi coinvolti dalle misure.

In termini di scala di indagine, i fenomeni di inquinamento dell’aria risultano influenzati sia dai processi atmosferici che dalle proprietà delle sostanze chimiche. Gli impatti che ne derivano coinvolgono scale spaziali e temporali tra loro molto diverse.

Si distinguono le seguenti scale:

- Scala locale (local scale).

La lunghezza caratteristica è inferiore a 5 km. In generale, il flusso d’aria è molto complesso a questa scala, poiché dipende fortemente dalle caratteristiche della superficie: topografia, edifici, ecc. Ad esempio, il monossido di carbonio (CO) emesso dai veicoli a motore porta a concentrazioni elevate vicino alle strade, con concentrazioni che generalmente diminuiscono con la distanza.

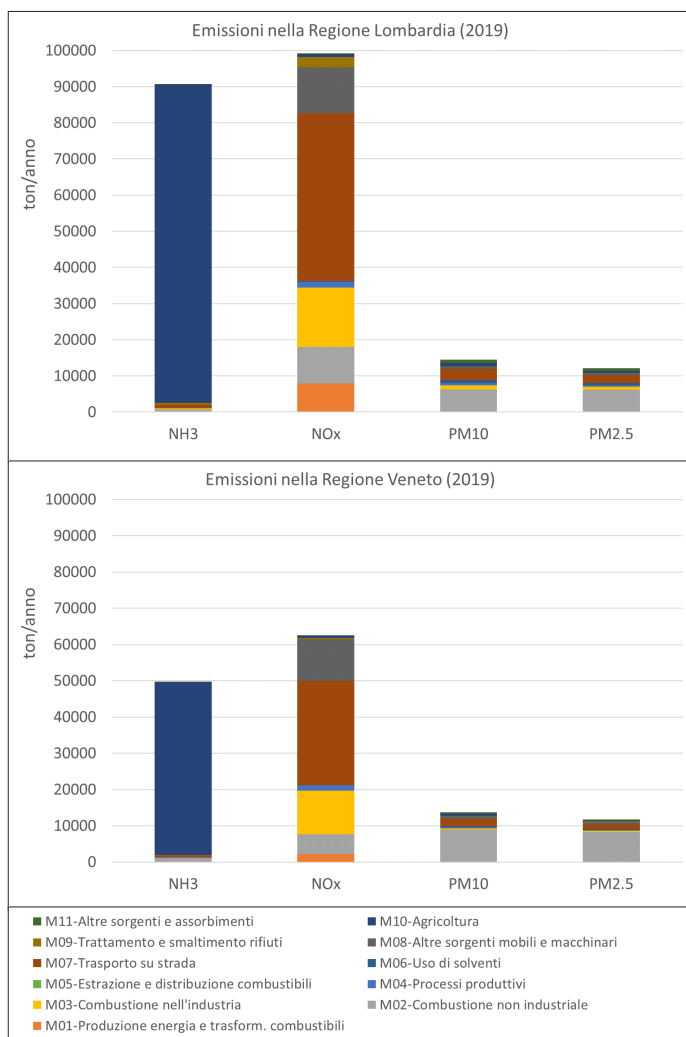
- Scala urbana (urban scale). Questa scala si estende all'ordine di 50 km in orizzontale e 1-2 km in verticale. Nelle aree urbane, eventi ed episodi di inquinamento acuto possono essere registrati quando le condizioni meteorologiche sono caratterizzate da scarso ricambio d'aria (ad esempio velocità del vento basse, come accade spesso nell'area del bacino padano). L'ozono troposferico ( $O_3$ ) è uno dei problemi a scala urbana più rilevanti e deriva dalla formazione di inquinanti secondari.
- Scala regionale o mesoscale (regional scale). Le lunghezze caratteristiche sono comprese tra 50 km e 1.000-2.000 km. Ad esempio, gli inquinanti primari, come gli  $NO_x$ , a lenta degradazione in atmosfera, costituiscono un problema a questa scala e le cosiddette piogge acide ne sono un esempio eclatante.
- Scala globale (global scale). Questa scala si estende a livello mondiale. Alcuni esempi sono costituiti da: Clorofluorocarburi (CFC) usati come propellenti in bombolette spray e il loro effetto nello strato di ozono in alto nell'atmosfera; Cambiamenti climatici generati da eccessive quantità di gas serra (GHG), specialmente metano ( $CH_4$ ) e anidride carbonica.

Per quanto riguarda i composti inquinanti prioritari da considerare nel bacino padano, sono sulla base

della conoscenza attuale il particolato atmosferico (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>), gli ossidi di azoto ( $NO_x$ ,  $NO_2$ , NO), l'ozono ( $O_3$ ) e l'ammoniaca ( $NH_3$ ).

Un aspetto peculiare da considerare consiste nel fatto che gli inquinanti emessi da diverse fonti subiscono processi di trasformazione chimico-fisica in atmosfera, che possono portare alla formazione di nuove specie chimiche rispetto agli inquinanti originali. La reattività chimica degli inquinanti consente di classificarli in due categorie principali: inquinanti primari, emessi direttamente nell'atmosfera e il cui rilascio nell'ambiente proviene da sostanze o particelle prodotte dalla fonte emissiva (ad esempio il monossido di carbonio (CO) e le polveri di origine naturale); e inquinanti secondari, che si formano in atmosfera attraverso reazioni chimiche tra diverse sostanze presenti. Un esempio tipico è l'ozono ( $O_3$ ), che si genera attraverso complesse reazioni fotochimiche a partire dai suoi precursori, come ossidi di azoto ( $NO_x$ ) e composti organici volatili non metanici (NMVOC). Per alcuni inquinanti, come il particolato (PM), risultano rilevanti sia le componenti primarie che quelle secondarie.

Per quanto riguarda la scelta delle priorità da assegnare ai differenti settori produttivi da coinvolgere nelle strategie di intervento, si fa spesso riferimento alle stime di macroinquinanti per macrosettore. Si vedano quelle stimate in Veneto e Lombardia nel 2019 [graf. 1].



**Grafico 1**  
Emissioni di macroinquinanti in Veneto e Lombardia nel 2019 ripartite per macrosettore secondo la procedura INEMAR

## Gestire la complessità: l'importanza del monitoraggio delle strategie attuate

Parafrasando la citazione di Umberto Eco tratta da *Il pendolo di Foucault*, che afferma «Per ogni problema complesso c'è una soluzione semplice, ed è sbagliata», si può concludere che il problema della riduzione dell'inquinamento atmosferico è intrinsecamente complesso e privo di soluzioni semplici.

Nonostante si osservino trend positivi nel miglioramento della qualità dell'aria, il cammino per raggiungere gli obiettivi del nuovo Green Deal, considerando le condizioni morfologiche, meteorologiche e antropiche del bacino padano, rappresenta ancora una sfida significativa per il futuro.

È quindi essenziale sviluppare strategie organiche, strutturali, logicamente coese e trasparenti per implementare nel medio e lungo termine una pluralità di azioni, al fine di raggiungere un livello di qualità dell'aria salubre. Si sottolinea in questo contesto l'importanza del successivo monitoraggio dell'intero processo di attuazione delle misure, anche al fine di controllare la coerenza con gli obiettivi e implementare azioni correttive ove necessario. Un ruolo cruciale in questa fase è attribuito alle misurazioni delle concentrazioni dei composti chimici, ottenute attraverso

la rete ufficiale di monitoraggio conforme alla normativa in vigore. Queste rappresentano l'unica fonte accettabile per verificare il rispetto dei limiti stabiliti dalla direttiva europea e prevenire eventuali procedimenti di infrazione. Tali dati dovrebbero essere divulgati al pubblico attraverso pubblicazioni regolari e resi accessibili tramite database ufficiali gestiti dagli enti di controllo. Un contributo supplementare può derivare dall'approccio della *citizen science*, utilizzando anche sensori a bassa tecnologia, sebbene con le limitazioni associate (ARPAV 2020).

## Bibliografia

- ARPAV (2020). «Potenzialità e limiti nell'utilizzo di sensori low-cost per la misura del particolato atmosferico PM10 in aria ambiente».
- Cheng, H.; Hu, Y. (2010). «Curbing Dioxin Emissions from Municipal Solid Waste Incineration in China: Re-Thinking About Management Policies and Practices». *Environmental Pollution*, 158(9), 2809-14. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.06.014>.
- European City Air Quality Viewer (2023). <https://www.eea.europa.eu/themes/air/urban-air-quality/european-city-air-quality-viewer>.
- Lelieveld, J.; Klingmüller, K.; Pozzer, A.; Pöschl, U.; Fnais, M.; Daiber, A.; Münzel, T. (2019). «Cardiovascular Disease Burden from Ambient Air Pollution in Europe Reassessed Using Novel Hazard Ratio Functions». *European Heart Journal*, 40(20), 1590-6. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz135>.
- Pivato, A.; Pegoraro, L.; Masiol, M.; Bortolazzo, E.; Bonato, T.; Formenton, G.; Cappai, G.; Beggio, G.; Giancristofaro, R.A. (2023). «Long Time Series Analysis of Air Quality Data in the Veneto Region (Northern Italy) to Support Environmental Policies». *Atmospheric Environment*, 298, 119610. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2023.119610>.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri (2023). «Elenco procedure». <http://eurinfra.politichecomunitarie.it/ElencoAreaLibera.aspx>.