

# QUALITÀ DELL'ARIA E GAS CLIMALTERANTI

L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO E IL CAMBIAMENTO CLIMATICO, PUR ESSENDO PROFONDAMENTE INTERCONNESSI, RAPPRESENTANO DUE SFIDE SIGNIFICATIVAMENTE DIVERSE, SIA PER LE PRINCIPALI SOSTANZE CHE NE SONO CAUSA, SIA PER LA SCALA A CUI DEVONO ESSERE VALUTATI I RELATIVI IMPATTI. È IMPORTANTE PERÒ INDIVIDUARE STRATEGIE SINERGICHE.

**N**el dibattito pubblico sui temi ambientali, si tende spesso a confondere o sovrapporre due problematiche distinte come l'inquinamento atmosferico e il cambiamento climatico che, pur essendo profondamente interconnessi, rappresentano due sfide significativamente diverse sia per le principali sostanze che ne sono causa sia per la scala a cui devono essere valutati i relativi impatti.

Da un lato si collocano gli inquinanti atmosferici propriamente detti, come il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), il particolato atmosferico (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>), il monossido di carbonio (CO), il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), l'ozono troposferico (O<sub>3</sub>) e microinquinanti come il benzo(a)pirene. Queste sostanze si caratterizzano per avere conseguenze dirette sulla salute umana, essendo tra le cause di diverse patologie, tra cui quelle respiratorie e

cardiovascolari, oltre a produrre effetti avversi anche sulla vegetazione e gli ecosistemi. Le problematiche relative alla qualità dell'aria vengono tendenzialmente valutate a scala locale, regionale o al più di bacino (ad esempio la pianura Padana), perché già a questo livello spaziale possono emergere situazioni di criticità molto diversificate che necessitano di azioni di risanamento declinate sulle caratteristiche specifiche del territorio, al fine di tutelare nel modo più efficace la salute umana.

Dall'altro lato si definiscono i gas climalteranti (o gas serra, *greenhouse gases*, Ghg), tra cui si annoverano primariamente l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), il metano (CH<sub>4</sub>), il protossido di azoto (N<sub>2</sub>O) e alcuni gas fluorurati, come l'esaffluoro di zolfo (SF<sub>6</sub>). A differenza degli inquinanti atmosferici, questi gas non presentano tossicità alle concentrazioni ambientali, ma si

caratterizzano invece per la capacità di alterare il bilancio energetico del pianeta. La loro scala di azione è globale perché, a prescindere dal luogo in cui questi composti vengono emessi, contribuiscono a potenziare processi, come l'effetto serra, che agiscono a livello planetario. Se quindi l'effetto diretto di questi gas sulla salute è trascurabile, essi hanno un ruolo significativo nell'alterare il clima della Terra.

## L'effetto serra: da meccanismo vitale a minaccia globale

Per affrontare il tema dei gas climalteranti (Ghg), è necessario distinguere tra l'effetto serra naturale e la sua alterazione antropica. L'effetto serra è un meccanismo che ha svolto un ruolo essenziale per lo sviluppo della



FOTO: E. NIELMI - UNsplash

vita sulla Terra: i gas come l'anidride carbonica e il vapore acqueo, presenti naturalmente nell'atmosfera da milioni di anni, hanno la capacità di trattenere parte della radiazione solare, contribuendo a mantenere una temperatura media sulla superficie terrestre ideale per la vita come la conosciamo che, in assenza di atmosfera e di effetto serra, sarebbe stata di diversi gradi sotto lo zero. Il problema attuale, definito riscaldamento globale, è invece legato all'incremento massiccio delle emissioni di alcuni gas climalteranti di origine antropica, che sta accentuando in maniera molto significativa l'effetto serra: l'aumento delle emissioni di questi gas in atmosfera è diventato rilevante con la rivoluzione industriale e ha subito una preoccupante accelerazione negli ultimi decenni.

Non tutti i Ghg hanno lo stesso potere climalterante: a questo scopo è stato definito il *global warming potential* (Gwp), un indicatore che misura quanta energia (calore) viene assorbita da una tonnellata di uno specifico gas in un determinato periodo (solitamente 100 anni) rispetto a una tonnellata di CO<sub>2</sub>. Questo parametro evidenzia che il metano (CH<sub>4</sub>) di origine fossile ha un potere climalterante circa 28 volte superiore alla CO<sub>2</sub>, il protossido di azoto (N<sub>2</sub>O) circa 273 volte superiore, mentre l'esafluoruro di zolfo (SF<sub>6</sub>) arriva a essere oltre 24.000 volte più potente della CO<sub>2</sub> [1].

È bene tuttavia sottolineare che la priorità nelle strategie di mitigazione non dipende solo dal potenziale climalterante del gas, ma soprattutto dalla quantità totale emessa. L'anidride carbonica, pur avendo il Gwp più basso, è emessa in quantità enormi (circa 45 miliardi di tonnellate annue stimate a livello mondiale al 2019), mentre l'esafluoruro di zolfo, pur avendo un Gwp molto alto, ha delle emissioni estremamente esigue (circa 9.000 tonnellate l'anno) [2]. I dati emissivi dei diversi Ghg, espressi in CO<sub>2</sub> equivalente, mostrano che l'anidride carbonica e il metano rappresentano i principali target su cui si stanno focalizzando le politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici, che devono necessariamente agire sulle principali sorgenti emissive di questi gas. La CO<sub>2</sub> deriva quasi interamente dall'utilizzo di combustibili fossili, impiegati per il riscaldamento, i processi produttivi e i trasporti. L'emissione di metano invece ha un'origine antropica per circa il 60%, legata prevalentemente all'agricoltura, all'allevamento (fermentazione enterica), alle discariche e alle perdite nelle reti di distribuzione del gas.

TAB. 1  
EMISSIONI GHG

Emissioni dei principali gas serra stimate a livello globale.

Fonte: Ipcc, 2022

| Gas climalterante                       | Emissione annue (stima 2019) |
|---|------------------------------|
| Anidride carbonica (CO <sub>2</sub> )   | 45.000 milioni di tonnellate |
| Metano (CH <sub>4</sub> )               | 380 milioni di tonnellate    |
| Protossido di azoto (N <sub>2</sub> O)  | 10 milioni di tonnellate     |
| Esafluoruro di zolfo (SF <sub>6</sub> ) | 0,009 milioni di tonnellate  |

TAB. 2  
EMISSIONI GHG (CO<sub>2</sub> EQ.)

Emissioni dei principali Ghg espresse come CO<sub>2</sub> eq.

Fonte: Ipcc, 2022

| Gas climalterante                       | Emissione equivalenti di CO <sub>2</sub> |
|---|--|
| Anidride carbonica (CO <sub>2</sub> )   | 45.000 milioni di tonnellate             |
| Metano (CH <sub>4</sub> )               | 10.640 milioni di tonnellate             |
| Protossido di azoto (N <sub>2</sub> O)  | 2.730 milioni di tonnellate              |
| Esafluoruro di zolfo (SF <sub>6</sub> ) | 218 milioni di tonnellate                |

## La qualità dell'aria: la criticità del particolato

Quando si parla di qualità dell'aria, l'inquinante più critico, specialmente in aree come il bacino padano, è il particolato atmosferico (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>). Una frazione di queste polveri sottili (detta primaria) è quella che viene emessa direttamente in atmosfera, mentre una quota di particolato (detto secondario), si genera per reazioni chimiche in atmosfera a partire da due precursori principali, il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) e l'ammoniaca (NH<sub>3</sub>). In relazione al particolato primario la combustione di biomasse per il riscaldamento domestico (legna e pellet) rappresenta nel nord Italia il settore emissivo più significativo, seguito dai trasporti e dall'industria, mentre per quanto concerne la frazione secondaria, il biossido di azoto è legato principalmente al traffico veicolare e più in generale ai processi di combustione, mentre l'ammoniaca è derivante quasi esclusivamente dal settore agricolo e zootecnico (gestione dei reflui e fertilizzazioni). Questa natura "composita" del PM<sub>10</sub> spiega perché sia necessario agire simultaneamente su diversi settori emissivi (riscaldamento, trasporti e agricoltura) per poter ridurre efficacemente le concentrazioni di particolato sottile in atmosfera. In relazione al rapporto tra qualità dell'aria e cambiamento climatico, va anche detto, per inquadrare la complessità della tematica, che alcuni inquinanti atmosferici, tra cui il particolato, il monossido di carbonio, il biossido di zolfo, gli ossidi di azoto, l'ozono e i composti organici volatili, possono avere un ruolo anche nei processi legati all'effetto serra, anche se di entità relativamente limitata e soprattutto nel breve e medio periodo. Ad esempio il *black carbon* e la frazione carboniosa

organica delle polveri sottili tendono ad assorbire la radiazione solare, favorendo l'effetto serra, mentre il particolato di natura inorganica riflette parzialmente la radiazione, agendo in contrasto con l'effetto serra.

## Soluzioni sinergiche e nodi da sciogliere

La sfida odierna è individuare strategie che contribuiscano coerentemente a ridurre il problema del riscaldamento globale e quello della qualità dell'aria, massimizzando le sinergie ed evitando, dove possibile, i conflitti. La strada maestra è l'abbandono graduale (*phase out*) delle fonti fossili, che si attua principalmente sostituendo l'utilizzo per fini energetici di petrolio, metano di origine fossile e carbone con fonti rinnovabili senza combustione (come idroelettrico, eolico, fotovoltaico e geotermico), permettendo di abbattere sia la CO<sub>2</sub> sia gli ossidi di azoto e parte delle polveri sottili. In questo contesto si inseriscono in maniera virtuosa le politiche per la mobilità sostenibile: il passaggio alla mobilità elettrica (alimentata da rinnovabili), la mobilità dolce (ciclabile e pedonale) e il potenziamento del trasporto collettivo riducono sia i gas serra sia i precursori del particolato secondario (NOx). Parallelamente, l'efficientamento energetico degli edifici (cappotti termici, nuovi serramenti) rappresenta una soluzione trasversale che consente di consumare meno energia, indipendentemente dalla fonte utilizzata. Un altro settore chiave per le sinergie è l'agrozootecnica. Poiché agricoltura e allevamento sono responsabili sia di emissioni climalteranti (metano e protossido di azoto) sia di precursori del particolato (ammoniaca), alcuni

interventi quali la copertura delle vasche di stoccaggio dei reflui zootecnici, la valorizzazione energetica dei reflui (biogas) e il dosaggio ottimale dei fertilizzanti possono avere un effetto sinergico nella riduzione delle emissioni di ammoniaca e di Ghg. Esistono però ambiti in cui strategie per il clima e la qualità dell'aria rischiano di entrare in conflitto: un esempio concreto è rappresentato dall'uso delle biomasse legnose (legna e pellet) per il riscaldamento. La legna è infatti considerata una fonte rinnovabile e "neutra" dal punto di vista delle emissioni di CO<sub>2</sub>: l'anidride carbonica emessa durante la combustione è infatti la stessa che la pianta ha assorbito dall'atmosfera durante la sua crescita, garantendo un saldo emissivo netto pari a zero (se la foresta viene gestita in modo sostenibile). Tuttavia, dal punto di vista della qualità dell'aria, la combustione del legno presenta a oggi delle oggettive criticità essendo una delle principali fonti di emissione di particolato primario (PM<sub>10</sub>) e di composti tossici e cancerogeni come il benzo(a)pirene. A questo proposito è bene però sottolineare che la quantità di emissioni di inquinanti atmosferici dipende in maniera estremamente significativa dal tipo di impianto che viene utilizzato, oltre che dalle modalità con cui viene stagionato il combustibile. Un camino aperto alimentato con legna in ciocchi emette circa 800 grammi di PM<sub>10</sub> per ogni gigajoule di energia prodotta, mentre una stufa a pellet di ultima generazione ("5 stelle") ne emette circa 40 grammi. Ferma restando quindi la potenziale criticità per la qualità dell'aria delle biomasse, lo svecchiamento del parco impianti è una priorità assoluta per mitigare il conflitto tra tutela del clima e aria pulita. Nel bacino padano ad esempio, l'utilizzo delle biomasse è abbastanza diffuso, anche in pianura, poiché in media una famiglia su cinque fa un uso frequente di questa risorsa e soprattutto per gli impianti a legna è ancora molto rilevante la quota di apparecchi con più di 15 anni, assimilabili quindi alla fascia di gran lunga più emissiva [3]. In questo contesto, nelle aree di pianura e nei fondovalle urbanizzati, dove le criticità legati ai livelli di polveri sono spesso più significative, l'uso della legna, in particolare negli apparecchi più vetusti, deve essere disincentivato a favore ad esempio di impianti alimentati a fonti rinnovabili che non prevedano la combustione (quali pompe di calore ecc.). Diversamente, nelle zone montane dove non vengono superati i limiti per



FOTO: S. KARDIE - UNSPASH

il PM<sub>10</sub> la biomassa può rappresentare una risorsa valida per il clima, a patto di utilizzare impianti di ultima generazione, per minimizzare le emissioni di polveri sottili, di composti organici volatili e di benzo(a)pirene. La piena consapevolezza della distinzione tra sfide climatiche e qualità dell'aria è il presupposto imprescindibile per una comunicazione chiara, che eviti di generare confusione su tematiche così delicate e complesse. Informare correttamente la popolazione è inoltre un passo obbligato per favorire la comprensione di strategie politiche territoriali che, per essere efficaci, richiedono sempre più spesso adattamento e impegno diretto da parte di tutti i cittadini.

**Luca Zagolin**

Unità organizzativa Qualità dell'aria,  
Arpa Veneto

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Intergovernmental panel on climate change (Ipc), 2021, *Sixth assessment report (Ar6), Working group I, "The physical science basis"*.
- [2] Intergovernmental panel on climate change (Ipc), 2022, *Sixth assessment report (Ar6), Working group III, "Mitigation of climate change"*.
- [3] Prepair, 2020, *Indagine sul consumo delle biomasse legnose nel bacino padano*, [www.lifeprepare.eu/wp-content/uploads/2017/06/D3\\_Report-indagine-sul-consumo-domestico-di-biomasse-legnose-1.pdf](http://www.lifeprepare.eu/wp-content/uploads/2017/06/D3_Report-indagine-sul-consumo-domestico-di-biomasse-legnose-1.pdf)
- [4] Nasa earth observatory/Noaa National centers for environmental information, <https://earthobservatory.nasa.gov/features/GlobalWarming/page2.php>
- [5] Eea, 2025, *Europe's air quality status*, [www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/air-quality-status-report-2025](http://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/air-quality-status-report-2025)
- [6] Snpa, 2026, "Qualità dell'aria 2025, i primi dati dalle regioni", [www.snambiente.it/notizie/temi/aria/qualita-dellaria-2025-i-primi-dati-dalle-regioni/](http://www.snambiente.it/notizie/temi/aria/qualita-dellaria-2025-i-primi-dati-dalle-regioni/)