

N.B :da utilizzare per le parti più generali, senza scendere nei dettagli più tecnici e specialistici.

REPORT | SNPA 40/2024

1. STATO E TREND DELLA QUALITÀ DELL'ARIA IN ITALIA

Giorgio Cattani¹, Mariacarmela Cusano¹, Alessandro Di Menno di Bucchianico¹, Raffaella Gaddi¹, Alessandra Gaeta¹, Giuseppe Gandolfo¹, Gianluca Leone¹, Maria Antonietta Reatini¹

¹ISPRA

Le elaborazioni sullo stato della qualità dell'aria sono basate sui dati di concentrazione in atmosfera dei vari inquinanti misurati nelle stazioni di monitoraggio appartenenti alle reti Regionali di Monitoraggio della Qualità dell'Aria, distribuite sul territorio nazionale, secondo la zonizzazione e i programmi di valutazione redatti dalle Regioni e Province Autonome ai sensi del D.Lgs 155/2010.

I dati sono raccolti e archiviati in ISPRA, nel database InfoAria, nell'ambito del flusso europeo di dati previsto dalle Direttive Europee vigenti e regolato dalla Decisione 2011/850/EU. A partire dai dati originari, sono stati calcolati i parametri per un confronto con i valori di riferimento per la protezione della salute umana e degli ecosistemi stabiliti dalla normativa e con i valori guida proposti dall'OMS per la protezione della salute umana e recentemente aggiornati (OMS, 2021). Tutti i parametri sono stati calcolati seguendo le regole europee e sono stati sottoposti a verifica da parte di Regioni/PPAA/ARPA/APPA. Per il confronto con i valori di legge e con i valori guida dell'OMS sono state utilizzate le serie di dati con una copertura temporale minima prevista dall'allegato I del D.Lgs 155/2010 (al netto delle perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria).

I superamenti previsti per la protezione della salute umana e i parametri statistici sono stati calcolati per tutte le stazioni urbane, suburbane, rurali (raggruppando la tipologia rurale e rurale near-city) e rurali di fondo (raggruppando la tipologia rurale remota e rurale regionale) seguendo i criteri di ubicazione su macroscale previsti dall'Allegato VIII del D.Lgs. 155/2010. La verifica del rispetto dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione (AOT40v) è stata effettuata per tutte le stazioni suburbane, rurali e rurali di fondo; i valori utilizzati per la valutazione si riferiscono a serie di dati con copertura minima del 90% nel periodo di tempo definito per il calcolo dell'AOT40v (maggio-luglio, dalle 8 alle 20).

L'analisi statistica dei trend (2013-2022) è stata condotta con il Seasonal Kendall Test (SK) ovvero test di Kendall corretto per la stagionalità (Hirsch et al., 1982). Implementare un metodo di destagionalizzazione permette di minimizzare l'effetto delle oscillazioni interannuali dovute alle differenze riscontrabili nei vari anni rispetto al ciclo stagionale medio, di evidenziare l'esistenza di una tendenza di fondo e di quantificare la sua significatività statistica. Esistono differenti metodi per la stima e la ricerca dell'evoluzione di fondo o trend statistico di un qualsiasi parametro variabile nel tempo; negli ultimi 30 anni alcuni di questi sono stati applicati in casi in cui la variabile di interesse fosse una variabile ambientale.

Il test restituisce una stima della riduzione/aumento della concentrazione su base annua cui è associata la relativa incertezza a un dato livello di confidenza ($p < 0,05$). Quando applicato a serie storiche di dati di inquinamento atmosferico, individuare e rimuovere la componente stagionale (destagionalizzazione) può migliorare la stima delle tendenze di fondo, riducendo l'incertezza associata alla stima (Anttila et al., 2010). È stato dimostrato che l'incertezza nella determinazione dell'esistenza di un trend

statisticamente significativo in una serie di dati di qualità dell'aria aumenta esponenzialmente con il diminuire della lunghezza della serie. Per poter apprezzare tendenze di riduzione o aumento molto piccole (dell'ordine di $0,3 \mu\text{g m}^{-3} \text{y}^{-1}$) è necessario disporre di serie di dati lunghe almeno quindici anni. Con serie più brevi la tendenza diventa apprezzabile se risulta più significativa ($1 \mu\text{g m}^{-3} \text{y}^{-1}$) ma la serie deve essere lunga almeno sette anni. La correzione dei dati per gli effetti della meteorologia permette di ridurre l'incertezza associata alla stima e quindi di apprezzare l'esistenza di un trend dello stesso ordine di grandezza a partire da serie di dati relativamente meno estese, almeno dieci anni nel primo caso e cinque anni nel secondo (Hoogerbrugge, 2010).

1.1. Il quadro emissivo

La relazione tra riduzione delle emissioni ("la quantità" di un dato inquinante rilasciato in atmosfera in un dato periodo di tempo in una data area) e la corrispondente riduzione della concentrazione (la quantità di un certo inquinante rilevabile in un dato volume d'aria in un dato luogo e momento o periodo) non è semplice né intuitiva. Gli inquinanti emessi in atmosfera dalle varie sorgenti si diluiscono nel mezzo atmosferico e vengono trasportati a medie e lunghe distanze. Alcuni di essi reagiscono chimicamente tra loro per formare nuovi inquinanti e tali reazioni possono essere favorite o sfavorite dalle diverse condizioni meteo-climatiche.

Gli inventari delle emissioni forniscono in ogni caso un fondamentale metro di valutazione dell'efficacia delle azioni intraprese per ridurre l'inquinamento atmosferico.

In Italia, come nel resto d'Europa, è stato registrato negli ultimi 30 anni un disaccoppiamento tra la crescita economica e le emissioni dei principali inquinanti, dovuto proprio alle azioni implementate per ridurre l'inquinamento atmosferico.

L'adozione di misure volte al miglioramento dei processi di combustione e all'installazione di tecnologie di abbattimento dei fumi nella produzione energetica e nell'industria, il passaggio dall'olio e carbone al gas naturale, come combustibile principale, così come la diminuzione dell'uso di combustibili fossili per la produzione di energia, hanno contribuito alla riduzione delle emissioni di ossidi di zolfo, ossidi di azoto, particolato e composti organici volatili.

La direttiva (UE) 2016/2284 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 14 dicembre 2016, recepita in Italia con il D.Lgs. 81/2018, concernente la riduzione delle emissioni nazionali di determinati inquinanti atmosferici, sul solco del percorso già individuato nell'ambito della *United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) Convention on Long Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP)*, stabilisce gli obblighi di riduzione delle emissioni nazionali di cinque inquinanti, vale a dire il particolato fine ($\text{PM}_{2,5}$), gli ossidi di azoto (NO_x), i composti organici volatili non metanici (COVNM), l'ammoniaca (NH_3) e il biossido di zolfo (SO_2) (UE, 2016). La Direttiva fissa degli obiettivi intermedi, che dovevano essere raggiunti entro il 2020 e degli obiettivi più ambiziosi a partire dal 2030, diversi per ciascun stato membro. Gli obiettivi al 2030 sono espressi come percentuali di riduzione delle emissioni rispetto ai livelli del 2005.

Nella Tabella 1.1. sono riportate le stime di emissione nazionali al 2021 (ultimo anno utile) desunte dall'*Italian Informative Inventory Report (IIR, ISPRA 2023)* redatto nell'ambito della CLRTAP.

Sono riportate le variazioni percentuali rispetto al 1990, per rendere conto del trend di lungo termine, rispetto al 2005, per valutare i progressi rispetto alla richiamata Direttiva e rispetto al 2012, in quanto in questo rapporto analizziamo i trend di medio termine (2013-2022) delle concentrazioni in aria dei principali inquinanti.

Si riassume inoltre nella Tabella 1.2 la situazione riguardo gli altri inquinanti per i quali sono fissati dalla Direttiva 2008/50/EU recepita in Italia dal D.Lgs 155/2010 valori limite di legge per la protezione della salute umana (ossido di carbonio (CO), benzene (C₆H₆) e piombo) e valori obiettivo (benzo(a)pirene – rappresentativo degli idrocarburi policiclici aromatici; arsenico, nichel e cadmio) ma per i quali non sono previsti obiettivi di riduzione nella Direttiva 2016/2284. Nel computo è incluso anche l'andamento delle stime per quanto riguarda il black carbon. Questo componente del particolato infatti è da considerare con particolare attenzione in relazione agli effetti sulla salute che emergono dalla letteratura scientifica e per il quale l'OMS ha indicato, sulla base delle evidenze sanitarie emerse, la necessità di implementare il monitoraggio e l'elaborazione di inventari di emissione, al fine di stimare l'esposizione della popolazione e di individuare azioni di risanamento mirate (OMS, 2021).

Tabella 1.1. (Valori espressi in migliaia di tonnellate/anno ovvero Gigagrammi/anno, Gg/y)

	Target 2020-2029 ^a	Target 2030	2021	Δ% 2021 vs 1990	Δ% 2021 vs 2005	Δ% 2021 vs 2012
PM _{2,5}	168 (-10%)	112 (-40%)	149	-37%	-20%	-20%
NOx	739 (-40%)	431 (-65%)	611	-71%	-53%	-29%
NMVOC	781 ^c (-35%)	649 ^c (-46%)	868 ^d (743 ^c)	-56%	-35%	-16%
NH ₃	400 (-5%)	354 (-16%)	351	-25%	-17%	-9%
SO ₂	267 (-35%)	119 (-71%)	79	-96%	-81%	-57%

^aobiettivo da raggiungere tra il 2020 e il 2029 (tra parentesi la variazione percentuale attesa rispetto al 2005)

^bobiettivo da raggiungere al 2030 (tra parentesi la variazione percentuale attesa rispetto al 2005)

^cobiettivo da raggiungere non includendo nei calcoli la quota parte di emissioni dovuta alle attività agricole e zootecniche di origine diversa dalla combustione.

^dTotale emissioni antropiche comprensive del contributo delle emissioni dovute alle attività agricole e zootecniche di origine diversa dalla combustione.

Tabella 1.2. (Valori espressi in migliaia di tonnellate/anno ovvero Gigagrammi/anno, Gg/y)

	2021	Δ% 2021 vs 1990	Δ% 2021 vs 2005	Δ% 2021 vs 2012
Benzene	4	-90%	-60%	-19%
CO	2044	-70%	-41%	-24%
IPA TOT	67	-26%	+4%	-18%
Arsenico	5,8	-84%	-79%	-67%
Cadmio	4,4	-60%	-49%	-10%
Nichel	31	-73%	-73%	-19%
Piombo	210	-95%	-36%	-16%
Black carbon	19	-62%	-53%	-35%

Le emissioni di tutti gli inquinanti considerati diminuiscono in tutti e tre gli intervalli temporali considerati, con la sola eccezione degli IPA nel confronto 2021 vs 2005.

Risulta già raggiunto in tutti i casi il primo obiettivo della Direttiva 2016/2284, quello da raggiungere entro il 2020.

L'inquinante per il quale si registra una riduzione più significativa è senza dubbio il biossido di zolfo. Per questo inquinante sono già raggiunti gli obiettivi al 2030.

Anche nel medio termine (2005 - 2021) le emissioni dei settori che contribuiscono maggiormente alle emissioni di SO₂ (combustione industriale, processi produttivi, produzione di energia e industria di

trasformazione, che complessivamente, nel 2021 rappresentano il 72% delle emissioni totali) sono continuate a diminuire.

Il biossido di zolfo, insieme ai composti organici volatili, contribuisce alla formazione di particelle ultrafini (di diametro inferiore a $0,1 \mu\text{m}$) che si formano in atmosfera – immediatamente dopo lo scarico - per nucleazione omogenea dei vapori sovrasaturi (e.g. Morawska et al, 2008). Inoltre, contribuisce, insieme agli ossidi di azoto e all'ammoniaca a una delle macro-componenti del particolato nel c.d. modo di accumulazione (particelle comprese tra $0,1$ e $1 \mu\text{m}$): infatti, SO_2 , NO_x e NH_3 , una volta rilasciati in atmosfera, vanno incontro a reazioni chimiche che possono generare nuove particelle di nitrato di ammonio e solfato di ammonio, che contribuiscono (ricadendo nel cosiddetto modo di accumulazione, costituito da particelle aventi diametro aerodinamico nel range $0,1 - 1 \mu\text{m}$) alla concentrazione di massa del $\text{PM}_{2,5}$ e del PM_{10} . Questo fenomeno è particolarmente favorito nel periodo invernale in condizioni di stagnazione atmosferica.

Per quanto riguarda l'ammoniaca, è stata registrata nel 2021 una riduzione del 17% rispetto al 2005, leggermente superiore all'obiettivo previsto per il 2030 (-16% vs 2005). Bisognerà monitorare nei prossimi anni il trend emissivo per confermare tale andamento e il rispetto dell'obiettivo nei tempi previsti.

Inoltre, bisogna considerare la scarsa ambizione di questo obiettivo, ai fini del risanamento della qualità dell'aria, se guardiamo all'importante ruolo dell'ammoniaca nella formazione di particolato secondario. Un recente studio ha infatti evidenziato, tenuto conto dei complessi meccanismi chimico fisici che regolano la formazione del nitrato di ammonio in atmosfera, che la riduzione contemporanea di ammoniaca e ossidi di azoto, in quote percentuali comparabili e significative può risultare più efficace, in termini di riduzione della concentrazione in aria di $\text{PM}_{2,5}$, rispetto alla riduzione prevalente di un singolo precursore (Marongiu et al., 2022). È per questo che accanto a una continua riduzione degli ossidi di azoto, tesa a raggiungere gli obiettivi previsti al 2030, è auspicabile continuare la riduzione delle emissioni di ammoniaca e possibilmente aumentare il suo tasso di riduzione.

Le emissioni nazionali di $\text{PM}_{2,5}$ primario (i.e. le particelle direttamente rilasciate dalle varie fonti) ammontano nel 2021 a 142 Gg (migliaia di tonnellate), con una riduzione del 37% rispetto al 1990 e del 20% rispetto al 2005. L'obiettivo da raggiungere richiede dunque la riduzione delle emissioni di $\text{PM}_{2,5}$ entro il 2030 di circa il 21% rispetto al 2021.

La riduzione delle emissioni degli ossidi di azoto, come visto a proposito dell'ammoniaca, è importante sia perché legata alla riduzione della concentrazione di biossido di azoto in aria (per il quale sono fissati valori limite per la protezione della salute umana) sia per la protezione degli ecosistemi (sono fissati dei livelli critici oltre i quali possono sussistere effetti negativi diretti su recettori quali gli alberi, le altre piante o gli ecosistemi naturali), sia in quanto gli ossidi di azoto agiscono come precursori del particolato secondario, attraverso la formazione di aerosol di acido nitrico (e quindi nitrato di ammonio). Rispetto al 1990 le emissioni sono diminuite del 71%.

Anche in questo caso, per raggiungere gli obiettivi della Direttiva 2016/2284, occorre ancora una sostanziale riduzione - dai 661 Gg del 2021 ai 431 Gg fissati come target al 2030 – pari a circa il 35%. Le fonti principali sono - al 2021 - ancora individuabili nel trasporto stradale (42%) e nelle altre sorgenti mobili (20%) e quindi il successo nel raggiungimento dell'obiettivo è fondamentalmente legato alle misure di mobilità sostenibile e di rinnovo del parco veicolare pubblico e privato, del trasporto delle merci su strada e delle attività marittime. Tuttavia, è prevedibile che anche le misure atte a mitigare l'impatto delle emissioni attribuibili alla combustione nel settore civile-residenziale (che contribuiscono

con una quota del 14% e insistono nel periodo invernale quando le condizioni meteorologiche favoriscono l'accumulo degli inquinanti e la formazione di particolato secondario) abbiano nel medio-lungo termine un'importanza non trascurabile.

I composti organici volatili non metanici contribuiscono direttamente e indirettamente all'inquinamento atmosferico. Tra questi il benzene, è classificato come cancerogeno accertati per l'uomo (IARC, 2018), e deve essere rispetto ai sensi del D.Lgs 155/2010 il valore limite annuale di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nel loro insieme i NMVOC, in relazione alla loro reattività, rappresentano un problema in quanto contribuiscono, come precursori, sia alla formazione di ozono troposferico nella stagione estiva, sia alla formazione di particolato secondario (carbonio organico, prevalentemente nel modo di accumulazione) andando a costituire, in particolar modo nella stagione invernale e in condizioni orografiche e climatiche favorevoli, una quota parte rilevante della concentrazione di massa del PM_{10} e del $\text{PM}_{2.5}$ (vedi capitolo 4).

La riduzione dei NMVOC è quindi strategica per mitigare gli impatti negativi sulla salute umana e sugli ecosistemi – in relazione al loro ruolo nella formazione di ozono troposferico - dell'inquinamento atmosferico.

La distanza attuale dagli obiettivi fissati dalla Direttiva 2016/2284 è ancora di circa il 13% rispetto ai livelli di emissione stimati nel 2021.

Le attività agricole e zootecniche contribuiscono alle emissioni dirette di particolato, IPA e COVNM qualora vengano svolte attività di abbruciamento di materiale vegetale derivante dalle normali attività agricole e selvicolturali (per questo oggi sono vietate nel periodo invernale nelle zone a maggior rischio di superamento dei valori limite di legge per il PM_{10}).

Occorre osservare inoltre che la combustione non industriale – prevalentemente a causa dell'uso degli impianti di riscaldamento alimentati a biomassa legnosa – rappresenta nel 2021 la quota parte maggioritaria delle emissioni di $\text{PM}_{2.5}$ (65%), IPA (80%), ossido di carbonio (64%) e black carbon (47%). Nel periodo 2005 – 2021, in cui complessivamente le emissioni di $\text{PM}_{2.5}$ si sono ridotte del 20% e tutte le fonti principali hanno mostrato una riduzione, il macrosettore "combustione non industriale", risulta in forte aumento (+44% rispetto al 2005), a causa di un sensibile aumento dei consumi avvenuto a cavallo tra il 2004 e il 2009. Tuttavia, anche tale macrosettore ha iniziato a mostrare una tendenza verso la riduzione delle emissioni a partire dal 2010, anche se con oscillazioni inter-annuali dovute all'alternarsi di stagioni invernali più o meno rigide, in conseguenza delle misure di risanamento volte al rinnovo del parco degli impianti domestici a biomassa (vedi per dettaglio il capitolo 8, misure di risanamento della qualità dell'aria: interventi in corso a livello nazionale).

1.2. Il quadro meteo-climatico

Il 2022 è risultato l'anno più caldo della serie storica Italiana dei dati climatici che parte dal 1961. È stata registrata un'anomalia media di +1.23°C, rispetto allo stesso periodo di riferimento, superando di 0.58°C il precedente record assoluto del 2018 e di 1.0°C il valore del precedente anno 2021.

Il 2022 è stato il nono anno consecutivo con anomalia positiva rispetto alla norma.

Il 2022 è stato caratterizzato dalla persistenza di anomalie negative di precipitazione da gennaio a luglio: questo periodo ha fatto registrare a scala nazionale precipitazioni inferiori alla norma del -39%. Quasi tutti i mesi hanno fatto registrare precipitazioni inferiori alla norma.

La precipitazione cumulata annuale è stata inferiore al valore normale su gran parte del territorio nazionale, soprattutto nelle aree centro-settentrionali e in particolare nel nord-ovest (con anomalie fino a -70 %).

Il 2022 risulta essere l'anno più secco dal 1961, con un valore della precipitazione cumulata annuale pari a -21% rispetto alla media climatologica 1991-2020. Al secondo e al terzo posto tra gli anni meno piovosi della serie dal 1961 si collocano rispettivamente il 2001 e il 2017, con valori di anomalia prossimi a quelli del 2022. Tutte le stagioni sono state meno piovose della media; la primavera è stata la stagione più secca (-35%), seguita dall'inverno (-32%) e dall'autunno (-12%).

Per un approfondimento sulle tendenze del clima in Italia si rimanda alla pubblicazione da cui sono stati desunti i dati sintetizzati sopra (SNPA, 2023).

Le condizioni che determinano giorni particolarmente critici per l'inquinamento atmosferico - alta pressione livellata, calma di vento, assenza di precipitazioni, inversione termica a bassa quota - hanno caratterizzato, in particolare nel primo trimestre del 2022, diversi giorni consecutivi, interessando vaste zone del paese, tipicamente interessate da questo fenomeno, come il bacino padano e alcune valli dell'entroterra centro-meridionale.

In queste condizioni, che limitano di fatto il rimescolamento delle masse d'aria e la dispersione verticale degli inquinanti, sono favorite peraltro le reazioni chimiche che portano alla formazione di particelle aerodisperse a partire da inquinanti gassosi (come l'ammoniaca, gli ossidi di azoto e gli ossidi di zolfo) e da composti organici volatili.

L'estate invece è stata caratterizzata da condizioni di forte insolazione e caldo estremo con valori termici particolarmente elevati, persistenti per diversi giorni consecutivi, condizioni che favoriscono i meccanismi che portano alla formazione dell'ozono troposferico.

1.3. Materiale particolato PM₁₀

Per materiale particolato aerodisperso si intende l'insieme delle particelle atmosferiche solide e liquide sospese in aria ambiente. Il termine PM₁₀ identifica le particelle di diametro aerodinamico inferiore o uguale a 10 µm. Più precisamente si definisce PM₁₀ "il materiale particolato che penetra attraverso un ingresso dimensionale selettivo conforme al metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del PM₁₀ (norma UNI EN 12341), con un'efficienza di penetrazione del 50 per cento per materiale particolato di un diametro aerodinamico di 10 µm".

I punti di misura del PM₁₀ per i quali sono disponibili dati validi nel 2022 sono 596. Di questi, 547 (92% del totale) hanno copertura temporale minima del 90% (al netto delle perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria). Tutte le regioni sono rappresentate.

I valori limite del particolato PM₁₀ nell'aria ambiente definiti dalla normativa insieme ai valori di riferimento OMS sono riportati nella Tabella 1.3.

Tabella 1.3: PM₁₀ - Valori limite ai sensi del D.Lgs.155/2010 e valori di riferimento OMS

Periodo di mediazione	Valore limite D.Lgs.155/2010	Valori di riferimento OMS
1 giorno	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per anno civile	45 µg/m ³ (99° percentile delle medie giornaliere)
Anno civile	40 µg/m ³	15 µg/m ³

È stato registrato un solo superamento del valore limite annuale (pari allo 0,2% dei casi). Il valore limite giornaliero è stato superato in 111 stazioni (pari al 20% dei casi). Risultano infine superati nella maggior parte delle stazioni di monitoraggio sia il valore di riferimento annuale dell'OMS (93% dei casi), sia quello giornaliero (88% dei casi) (Figura 1.1).

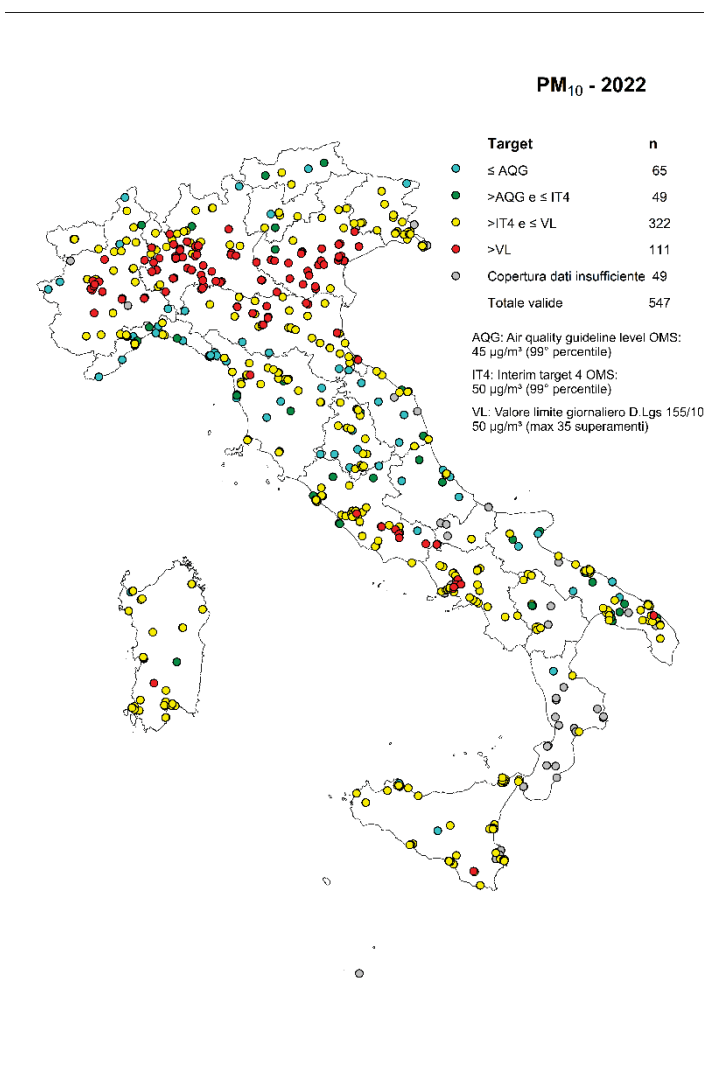
I superamenti del valore limite giornaliero hanno interessato 28 zone su 82 distribuite in 10 regioni.

In particolare, i superamenti sono diffusi nelle regioni del bacino padano sia negli agglomerati che nelle zone pianeggianti suburbane e rurali.

Come noto nel bacino padano esistono condizioni meteorologiche e orografiche uniche, anche rispetto al contesto europeo, che favoriscono, in particolare nei mesi invernali, l'accumulo degli inquinanti in atmosfera e i processi chimico-fisici che determinano la formazione di particolato secondario.

Altre zone dove sono stati registrati superamenti del valore limite giornaliero sono localizzate in Toscana, nella Zona del Valdarno pisano e della pianura lucchese; nel Lazio, nell'agglomerato di Roma e nella zona della Valle del Sacco, in provincia di Frosinone; in Molise, nella zona della pianura Venafrana, in provincia di Isernia; in Campania, nell'agglomerato di Napoli e Caserta; in Puglia, in provincia di Brindisi; in Sicilia, a Ragusa. Alcune di queste zone sono caratterizzate da condizioni simili a quelle del bacino padano dal punto di vista oro-climatico, sia pure con estensione territoriale molto inferiore. In altre zone, invece, i superamenti sono dovuti soprattutto all'emissione diretta da sorgenti locali.

Figura 1.1. PM₁₀. Stazioni di monitoraggio e superamenti del valore limite giornaliero per la protezione della salute (2022).



Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA

L'analisi statistica dei trend delle concentrazioni di PM₁₀ determinate dal 2013 al 2022 è stata effettuata su un campione omogeneo di 462 stazioni di monitoraggio sul territorio nazionale, ovvero tutte le stazioni che hanno prodotto dati in modo continuo nel periodo, con una copertura annuale pari almeno al 75 %.

Per il PM₁₀ non è possibile individuare un trend statisticamente significativo nel 48% dei casi (221 stazioni di monitoraggio su 462).

Si osserva invece un trend decrescente statisticamente significativo nel 45% dei casi (208 stazioni di monitoraggio su 462), con variazione annuale media stimata: $-0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{y}$ ($-2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{y} \div -0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{y}$) (Figura 1.2). Sulla porzione di campione considerato per il quale è stato individuato un trend decrescente statisticamente significativo, si osserva una riduzione media annuale del 2,1% ($-5,9\% \div -0,9\%$).

Bisogna osservare che per la prima volta da quando osserviamo i trend degli inquinanti con questo metodo, i risultati indicano una prevalenza di stazioni dove non è possibile individuare un trend statisticamente significativo.

Nel decennio 2010-2019 (oggetto dell'analisi del primo rapporto nazionale sulla qualità dell'aria – SNPA, 2020) era stato osservato un trend decrescente statisticamente significativo nel 72% dei casi.

Dall'analisi del grafico di figura 1.2 sembra evidenziarsi una situazione di stabilità dei livelli osservati a partire dal 2018 in poi, che rende conto qualitativamente del rallentamento nei progressi verso la riduzione dei livelli di PM₁₀ che si erano registrati fino ad allora.

Figura 1.2. PM₁₀, 2010 - 2022. Numero di superamenti del valore limite giornaliero - Statistiche descrittive calcolate su una selezione di 462 stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale. I punti blu rappresentano la media del numero di superamenti. La linea blu interpola le medie con il metodo LOESS (local scatter plot smoother).

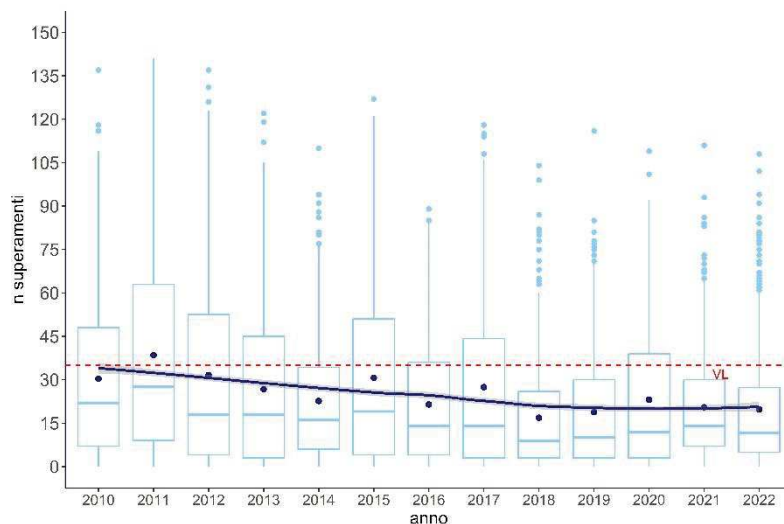
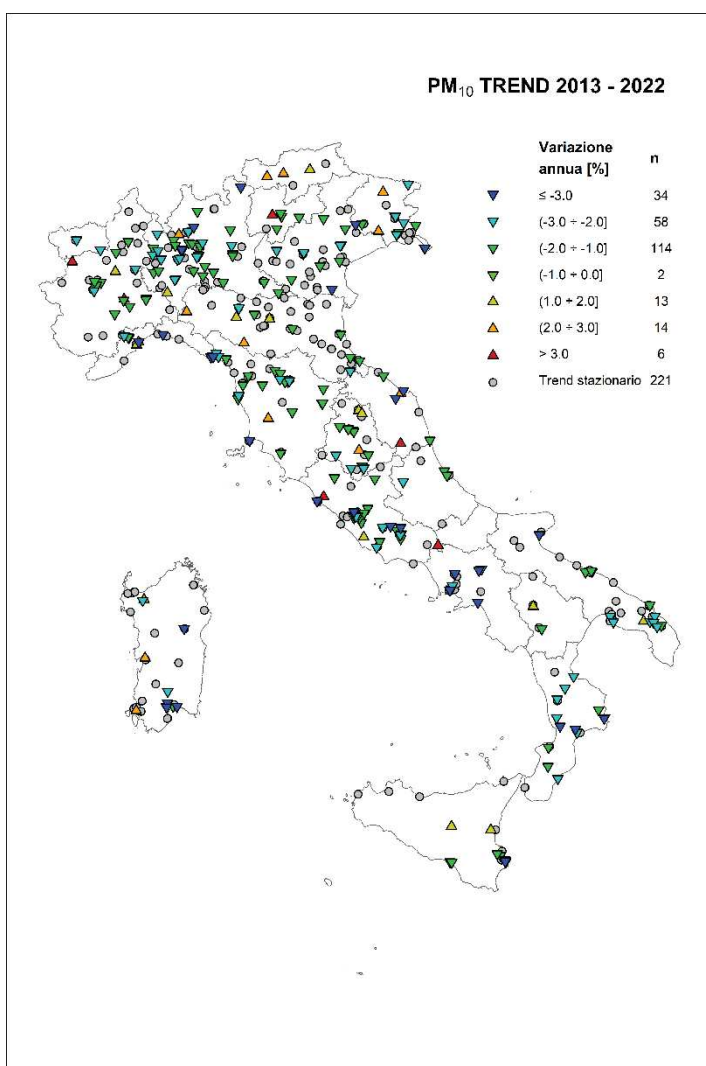


Figura 1.3. PM₁₀, 2013 - 2022. Risultati dell'analisi del trend con il test di Kendall corretto per la stagionalità su una selezione di 462 stazioni. Distribuzione sul territorio delle stazioni analizzate e variazione percentuale media annua stimata della concentrazione.



Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA

1.4. Materiale particolato PM_{2,5}

Il termine PM_{2,5} identifica le particelle di diametro aerodinamico inferiore o uguale a 2,5 µm. Più precisamente si definisce PM_{2,5} "il materiale particolato che penetra attraverso un ingresso dimensionale selettivo conforme al metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del PM₁₀ (norma UNI EN 12341), con un'efficienza di penetrazione del 50 per cento per materiale particolato di un diametro aerodinamico di 2,5 µm".

I punti di misura del PM_{2,5} per i quali sono disponibili dati validi nel 2022 sono 336. Di questi, 299 (89% del totale) hanno copertura temporale minima del 90% (al netto delle perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria). Tutte le regioni sono rappresentate.

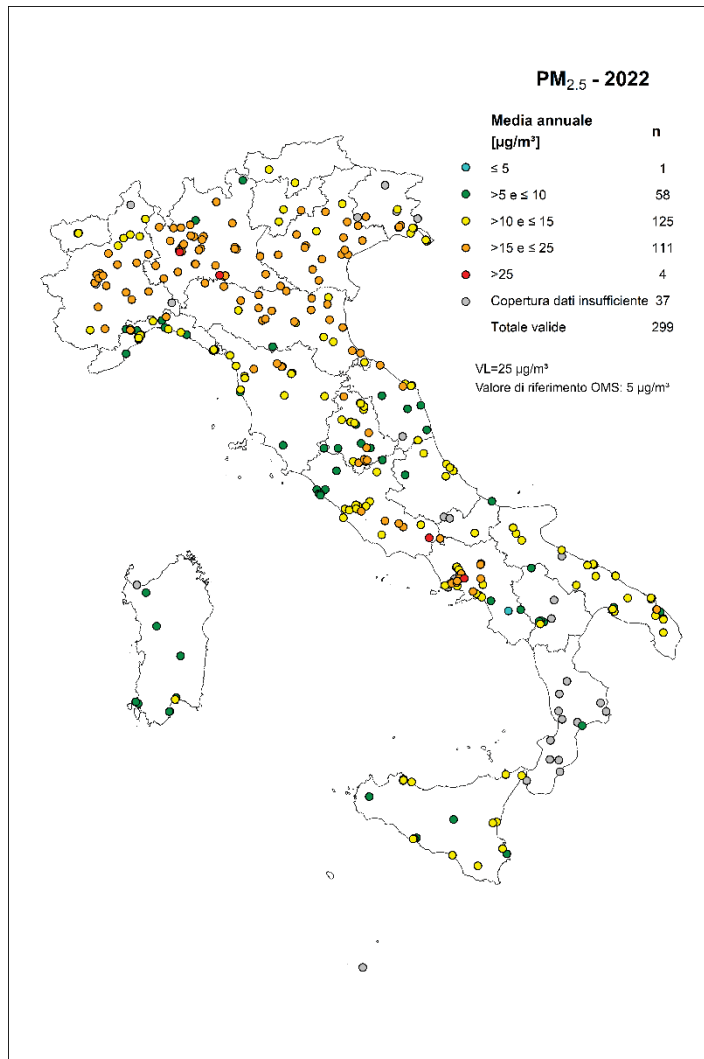
I valori limite del particolato PM_{2,5} nell'aria ambiente definiti dalla normativa insieme ai valori di riferimento OMS sono riportati nella Tabella 1.2.

Tabella 1.4. PM_{2,5} - Valori limite ai sensi del D.Lgs.155/2010 e valori di riferimento OMS (2021)

Periodo di mediazione	Valore limite D.Lgs.155/2010	Valori di riferimento OMS
1 giorno	-	15 µg/m ³ da non superare più di 3 volte in un anno civile (99°percentile delle medie giornaliere)
Anno civile	25 µg/m ³	5 µg/m ³

Il valore limite annuale (25 µg/m³), è stato superato in quattro stazioni pari all'1,3% dei casi. Il valore di riferimento OMS annuale (5 µg/m³) è stato superato in 298 stazioni (99,7% dei casi) (Figura 1.3). Analogamente il valore di riferimento OMS giornaliero (pari a 15 µg/m³ da non superare più di 3 volte in un anno civile ovvero al 99°percentile delle medie giornaliere) risulta superato praticamente ovunque, con le uniche eccezioni di due stazioni di fondo rurale in zona collinare (sopra i 700 m slm). I superamenti del valore limite di legge annuale hanno interessato 6 zone su 82 distribuite in 3 regioni (due in Lombardia, tre nel Lazio e una in Campania).

Figura 1.4. PM_{2.5}. Stazioni di monitoraggio e superamenti del valore limite annuale per la protezione della salute (2022).



Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA

L'analisi statistica dei trend delle concentrazioni di PM_{2,5} determinate dal 2013 al 2022 è stata effettuata su un campione omogeneo di 221 stazioni di monitoraggio sul territorio nazionale, ovvero tutte le stazioni che hanno prodotto dati in modo continuo nel periodo, con una copertura annuale pari almeno al 75 % (Figura 1.6).

Si osserva un trend decrescente statisticamente significativo nel 69% dei casi (153 stazioni di monitoraggio su 221), con variazione annuale media stimata: $-0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($-1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3 \div -0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Sulla porzione di campione considerato per il quale è stato individuato un trend decrescente statisticamente significativo si osserva una riduzione media annuale del 2,5% ($-6,9\% \div -1,1\%$).

Nel 29% dei casi (64 stazioni di monitoraggio su 221) non è stato possibile individuare un trend statisticamente significativo.

Dall'analisi del grafico di Figura 1.5 sembra evidenziarsi una tendenza alla stabilizzazione dei livelli osservati a partire dal 2018 in poi.

Figura 1.5. PM_{2,5}, 2010 - 2022. Media annua - Statistiche descrittive calcolate su una selezione di 221 stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale. I punti blu rappresentano la media delle medie annuali. La linea blu interpola le medie delle medie annuali con il metodo LOESS (local scatter plot smoother).

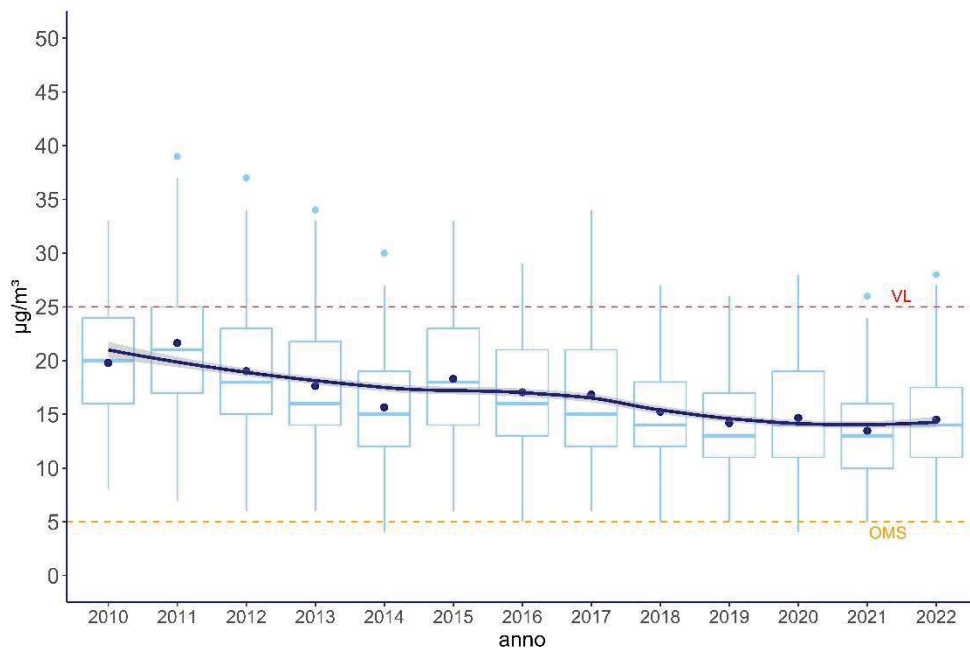
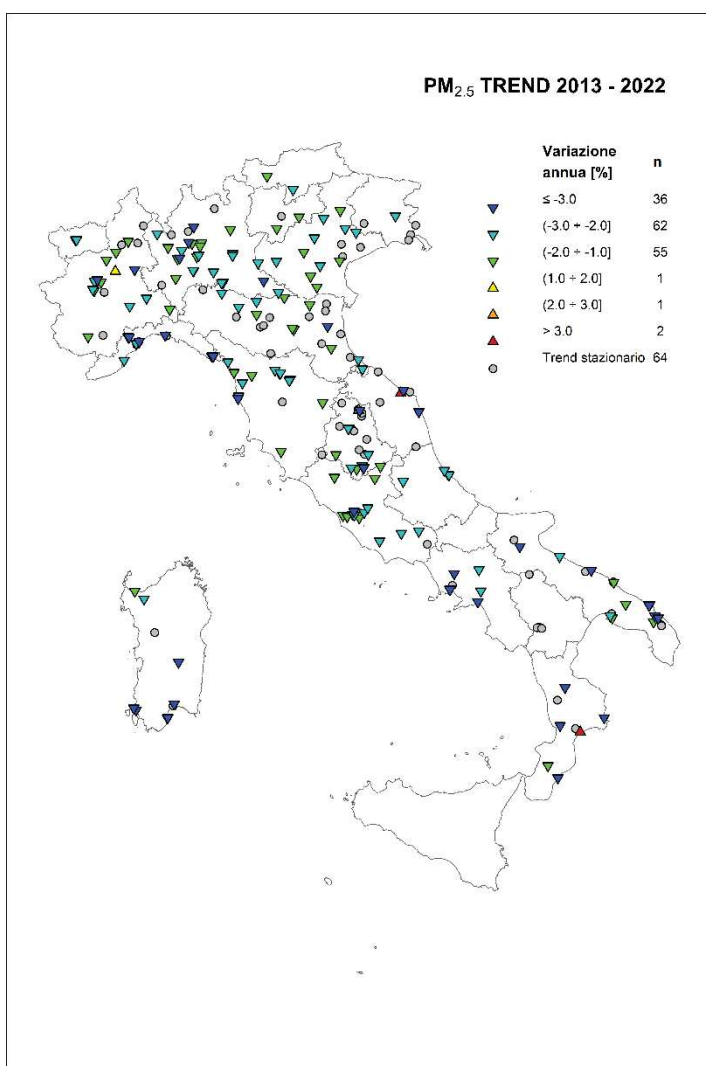


Figura 1.6. PM_{2.5}, 2013 - 2022. Risultati dell'analisi del trend con il test di Kendall corretto per la stagionalità su una selezione di 221 stazioni. Distribuzione sul territorio delle stazioni analizzate e variazione percentuale media annua stimata della concentrazione.



Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA

1.5. Biossido di azoto NO₂

I punti di misura del NO₂ per i quali sono disponibili dati validi nel 2022 sono 651. Di questi, 593 (91,1 % del totale) hanno copertura temporale minima del 90% (al netto delle perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria). Tutte le regioni sono rappresentate.

I valori limite del biossido di azoto nell'aria ambiente definiti dalla normativa insieme ai valori di riferimento OMS sono riportati nella Tabella 1.5.

Tabella 1.5: NO₂ - Valori limite ai sensi del D.Lgs.155/2010 e valori di riferimento OMS

Periodo di mediazione	Valore limite D.Lgs.155/2010	Valori di riferimento OMS
1 ora	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno civile	200 µg/m ³ da non superare mai in un anno civile
Anno civile	40 µg/m ³	10 µg/m ³

Il valore limite orario è rispettato ovunque: in nessuna stazione si è verificato il superamento di 200 µg/m³, come media oraria, per più di 18 volte. Il valore di riferimento OMS, che non prevede superamenti dei 200 µg/m³, è superato in 12 stazioni (pari al 2,0% delle stazioni con copertura temporale sufficiente. Il valore limite annuale, pari a 40 µg/m³ come media annua, è superato in 16 stazioni (2,7%). Il valore di riferimento OMS per gli effetti a lungo termine sulla salute umana, pari a 10 µg/m³ come media annua, è superato in 462 stazioni (77,9%; Figura 1.7).

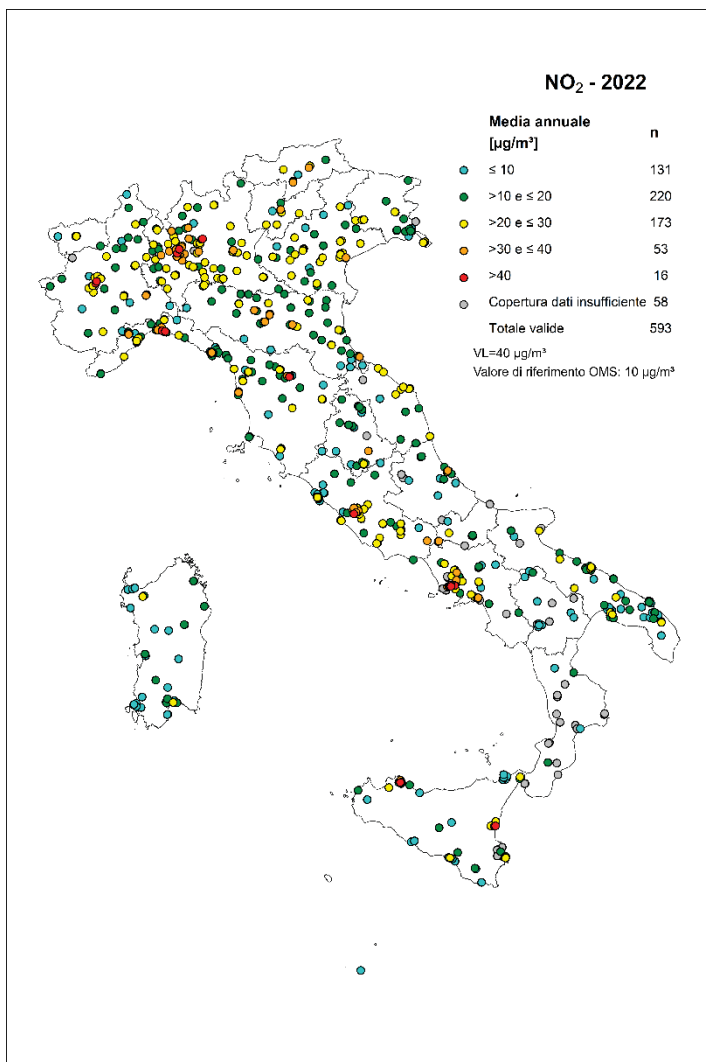
Nel 2022 il superamento del valore limite annuale ha interessato 9 zone, su 82, appartenenti a 7 regioni: Piemonte, Lombardia, Liguria, Toscana, Lazio, Campania e Sicilia. Tutti i superamenti sono stati registrati in stazioni orientate al traffico, localizzate in importanti aree urbane: Torino, Milano, Bergamo, Genova, Firenze, Roma, Napoli, Palermo e Catania.

È evidente il ruolo del traffico veicolare nel determinare localmente i livelli di questo inquinante.

Non bisogna dimenticare tuttavia che gli ossidi di azoto si formano durante qualsiasi combustione dove l'aria sia il comburente, in ragione della presenza di azoto e ossigeno. Nella miscela di reazione il monossido di azoto (NO) è prevalente ed è accompagnato da quote variabili di biossido di azoto (NO₂). Quest'ultimo si forma in atmosfera prevalentemente in conseguenza di reazioni chimiche che coinvolgono l'ossido di azoto (NO) stesso, l'ozono (O₃) e alcuni radicali ossidrilici o organici come HO₂ o RO₂ (dove R è una catena di atomi di carbonio, a saturazione variabile con la possibile presenza di gruppi funzionali di vario tipo).

In una prospettiva di medio termine, vale la pena osservare che il superamento del valore di riferimento dell'OMS, molto più basso del valore limite attualmente vigente, si estende a stazioni di tutte le tipologie, comprese quelle di fondo suburbano e rurale. Se possiamo aspettarci che la futura riduzione delle emissioni da traffico veicolare contribuirà a ridurre anche i livelli di inquinamento diffuso ed esteso alle zone lontane dai centri urbani e dalle arterie di traffico, dovremmo considerare, al fine di ridurre l'inquinamento da biossido di azoto nel prossimo futuro, anche l'importanza strategica di ridurre le emissioni da altre fonti, quali il riscaldamento civile, le emissioni industriali e quelle dovute ad altre sorgenti mobili, come ad esempio le emissioni navali.

Figura 1.7. NO₂. Stazioni di monitoraggio e superamenti del valore limite annuale per la protezione della salute (2022).



Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA

Dall'analisi statistica condotta con il metodo di Mann-Kendall corretto per la stagionalità, per l'NO₂ si osserva un trend decrescente statisticamente significativo nell'82% dei casi (438 stazioni di monitoraggio su 533), con variazione annuale media stimata: $-1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{y}$ ($-5,1 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{y} \div 0,0 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{y}$) (Figura 1.9). Sulla porzione di campione considerato per il quale è stato individuato un trend decrescente statisticamente significativo si osserva una riduzione media annuale del 3,4% ($-8,8 \% \div -0,9 \%$).

Tale riduzione è coerente con quanto osservato nel precedente decennio analizzato (2010-2019, in cui era stato individuato un trend decrescente statisticamente significativo nel 79% dei casi) ed è indicativa dell'esistenza di una tendenza di fondo alla riduzione delle concentrazioni di NO₂ in Italia, che si conferma anche per il decennio 2013-2022.

La figura 1.8 illustra qualitativamente tale andamento.

Su base nazionale, considerando l'insieme di stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio, il 2022 è stato uno degli anni con i livelli più bassi negli ultimi dieci anni (secondo solo all'anno del lockdown e in linea con il 2021), registrando una riduzione media di circa il 30% rispetto al 2013 e di circa il 37% rispetto al 2010 - coerente con la riduzione media annuale descritta sopra. La percentuale di stazioni che supera il valore limite annuale è passata dal 17% del 2013 al 2,7% nel 2022.

Figura 1.8. NO₂, 2010 - 2022. Media annua - Statistiche descrittive calcolate su una selezione di 438 stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale. I punti blu rappresentano la media delle medie annuali. La linea blu interpola le medie delle medie annuali con il metodo LOESS (local scatter plot smoother).

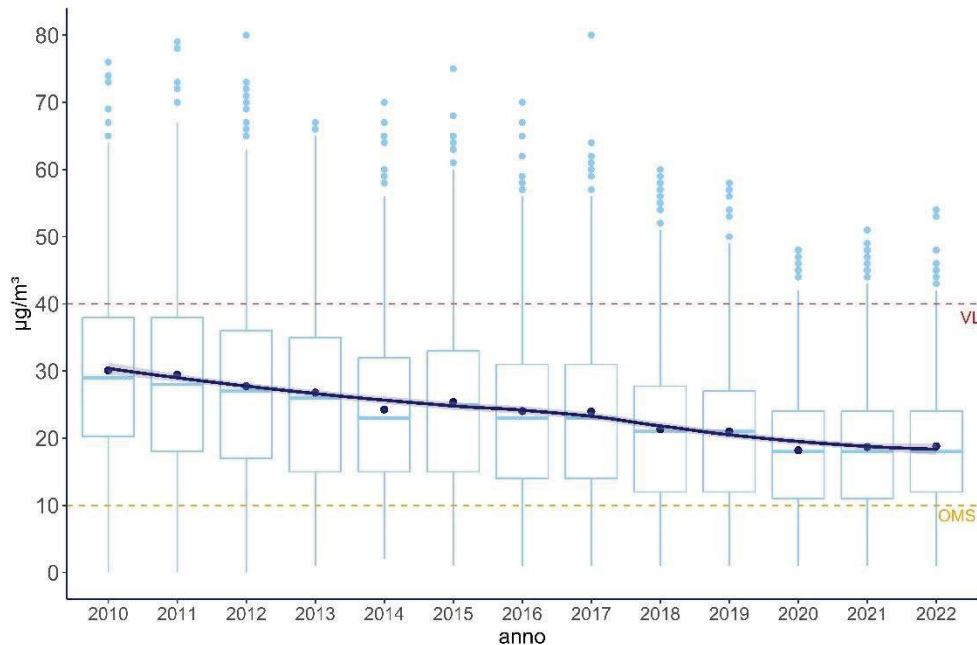
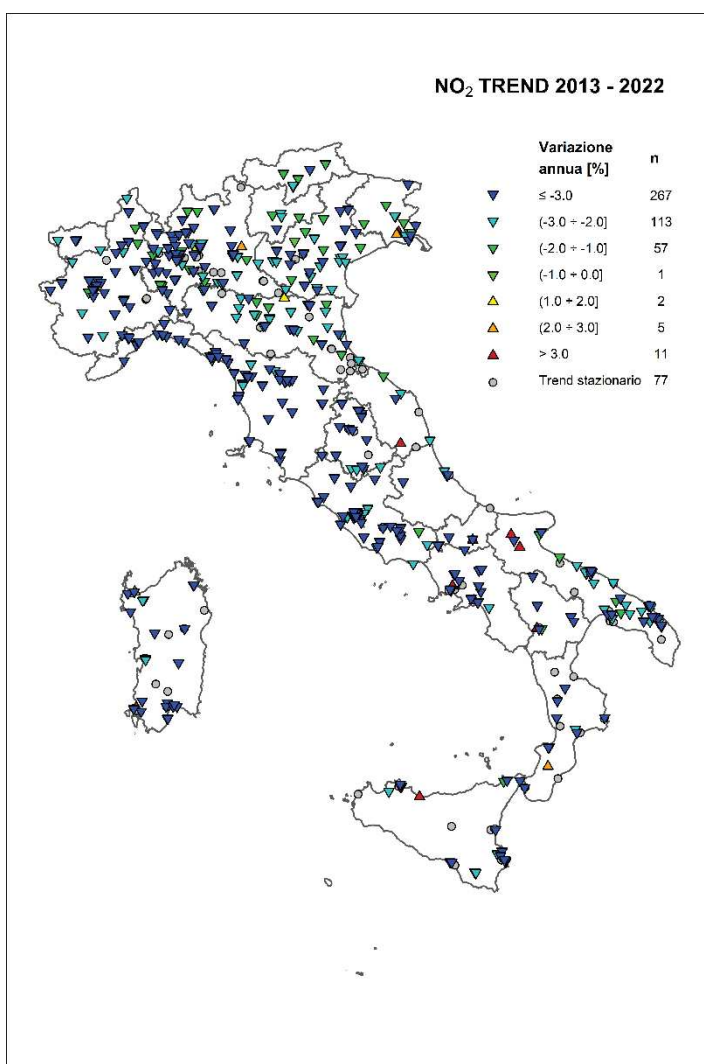


Figura 1.9. NO₂, 2013 - 2022. Risultati dell'analisi del trend con il test di Kendall corretto per la stagionalità su una selezione di 221 stazioni. Distribuzione sul territorio delle stazioni analizzate e variazione percentuale media annua stimata della concentrazione.



Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA

1.6. Benzene e altri inquinanti gassosi (CO, SO₂)

I punti di misura del CO per i quali sono disponibili dati validi nel 2022 sono 207. Di questi, 177 (86%) hanno copertura temporale minima del 90% (al netto delle perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria).

I punti di misura dell'SO₂ per i quali sono disponibili dati validi nel 2022 sono 231. Di questi, 196 (85%) hanno copertura temporale minima del 90% (al netto delle perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria).

I punti di misura del C₆H₆ per i quali sono disponibili dati validi nel 2022 sono 251. Di questi, 228 (91%) hanno copertura temporale minima del 90% (al netto delle perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria).

La riduzione delle emissioni si riflette in modo diretto sulle concentrazioni osservate in aria per questi inquinanti essenzialmente primari. Le osservazioni condotte in Europa e in Italia negli ultimi trent'anni mostrano una costante e coerente diminuzione delle concentrazioni di SO₂, CO, C₆H₆; i livelli di questi inquinanti sono ormai ben al di sotto dei limiti vigenti.

L'attenzione resta comunque massima per quanto riguarda il benzene. Il benzene è stato classificato dalla IARC nel gruppo 1 - *cancerogeno accertato per l'uomo: vi è sufficiente evidenza di cancerogenicità nell'uomo in studi epidemiologici adeguati* (IARC, 2018). Secondo la OMS in conseguenza della accertata cancerogenicità del benzene non è possibile stabilire livelli di esposizione al di sotto dei quali non c'è rischio di sviluppo degli effetti avversi citati. I livelli di esposizione possono essere più alti in prossimità delle arterie stradali maggiormente congestionate dal traffico veicolare o in prossimità di importanti sorgenti industriali. Nel 96,9% dei casi, comunque, i livelli medi annuali sono risultati inferiori alla soglia di valutazione inferiore prevista dal D.Lgs. 155/2010 (2,0 µg/m³). Livelli medi annuali superiori alla soglia di valutazione inferiore (2,0 µg/m³) sono stati registrati in stazioni da traffico a Genova, Firenze, Frosinone, Palermo e Catania e in una stazione di monitoraggio collocata nel quartiere Tamburi di Taranto a ridosso della zona industriale.

Il biossido di zolfo è uno degli inquinanti riconosciuti come potenzialmente dannosi per la vegetazione. Nel 2022 non è stato registrato nessun superamento del livello critico (20 µg/m³ come media annuale) nè del livello critico invernale (20 µg/m³ come media del periodo ottobre – marzo) in continuità con quanto osservato negli ultimi anni.

1.7. Ozono O₃

I punti di misura per i quali sono disponibili dati validi di O₃ nel 2022 sono 365. Le serie di dati con copertura temporale sufficiente per la verifica dei valori soglia e dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana sono l'88,2% (322 su 365). Le stazioni suburbane, rurali e rurali di fondo che rispettano la percentuale minima richiesta per il calcolo dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione (AOT40v) sono 146 su 173.

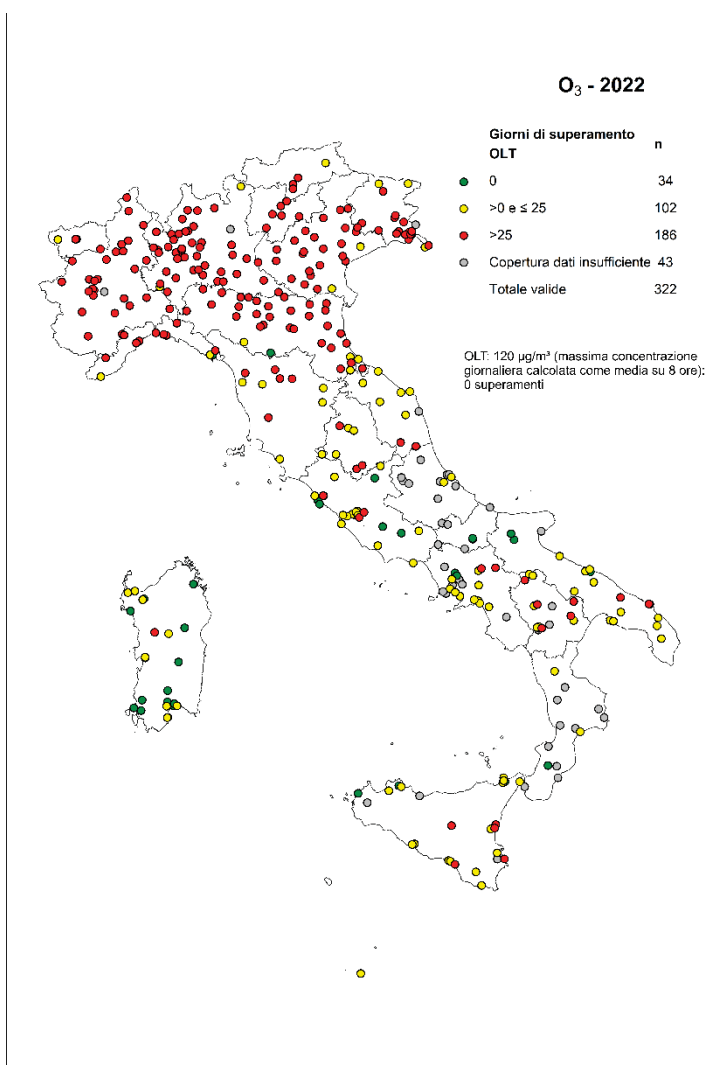
Le soglie di informazione e di allarme per la protezione della salute umana, i valori obiettivo e gli obiettivi a lungo termine per la protezione della salute umana e della vegetazione dell'ozono nell'aria ambiente ai sensi del D.Lgs. 155/2010 sono riportati nella Tabella 1.6.

Tabella 1.6. O₃. Soglia di informazione, soglia di allarme, valore obiettivo e obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana ai sensi del D.Lgs.155/2010

Finalità	Indicatori	Periodo di mediazione	Valore	Data entro la quale deve essere raggiunto il valore obiettivo
protezione della salute umana	Soglia di informazione	1 ora	180 µg/m ³	-
	Soglia di allarme	1 ora	240 µg/m ³ (1)	-
	Valore obiettivo	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore (media su tre anni)	120 µg/m ³ da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni	01/01/2010
	Obiettivo a lungo termine (OLT)	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	120 µg/m ³	Non definito

Nel 2022 l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (OLT) è stato superato in 288 stazioni su 322, pari all'89,4% delle stazioni con copertura temporale sufficiente secondo i criteri dell'Allegato I D.Lgs. 155/2010; l'OLT è stato superato per più di 25 giorni in 186 stazioni (57,8%, Figura 1.10). Le 34 stazioni in cui non sono stati registrati superamenti dell'OLT sono localizzate in siti urbani, suburbani e rurali. Il valore obiettivo per la protezione della salute è stato superato in 165 stazioni su 353 stazioni aventi copertura di dati sufficiente come media su 3 anni secondo i criteri dell'Allegato I D.Lgs. 155/2010. Le soglie di informazione e di allarme sono state superate rispettivamente in 153 (47,5%) e 11 stazioni su 322. Il valore OMS, riferito all'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana pari a 100 µg/m³ come 99° percentile, è quasi sempre superato (309 stazioni su 322, pari al 95,9%). L'obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione (AOT40v) è stato superato in 138 stazioni su 146 (94,5%) con valori molto superiori al limite normativo (6.000 µg/m³*h).

Figura 1.10. O₃. Stazioni di monitoraggio e superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute (2022).



Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA

Mentre sono stati quasi del tutto assenti i superamenti della soglia di allarme (oltre $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media oraria), numerosi e diffusi sono stati i superamenti della soglia di informazione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$), in particolare nelle regioni del bacino padano e in alcune stazioni in quota. I livelli più alti, a causa dei complessi meccanismi che regolano la formazione di questo inquinante, si verificano nelle zone suburbane e rurali sottovento alle masse d'aria provenienti dalle aree maggiormente antropizzate.

Dall'analisi statistica condotta con il metodo di Mann-Kendall corretto per la stagionalità, emerge che nel 42% delle stazioni (123 su 294) non è possibile individuare un trend statisticamente significativo; la tendenza di fondo appare sostanzialmente monotona, e le oscillazioni interannuali sono attribuibili alle naturali fluttuazioni della componente stagionale. Non è stato dunque possibile escludere l'ipotesi nulla (assenza di trend) per il dato livello di confidenza (95%, Figura 1.12).

Si osserva invece un trend crescente statisticamente significativo nel 37% dei casi (110 stazioni di monitoraggio su 294), con variazione annuale media stimata: $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{y}$ ($0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{y} \div 3,3 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{y}$). Sulla porzione di campione considerato per il quale è stato individuato un trend crescente statisticamente significativo si osserva un aumento medio annuale del 1,6% ($0,6\% \div 5,6\%$).

Figura 1.11. O₃, 2010 - 2022. Giorni di superamento dell'obiettivo a lungo termine - Statistiche descrittive calcolate su una selezione di 294 stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale. I punti blu rappresentano la media delle medie annuali. La linea blu interpola le medie delle medie annuali con il metodo LOESS (local scatter plot smoother).

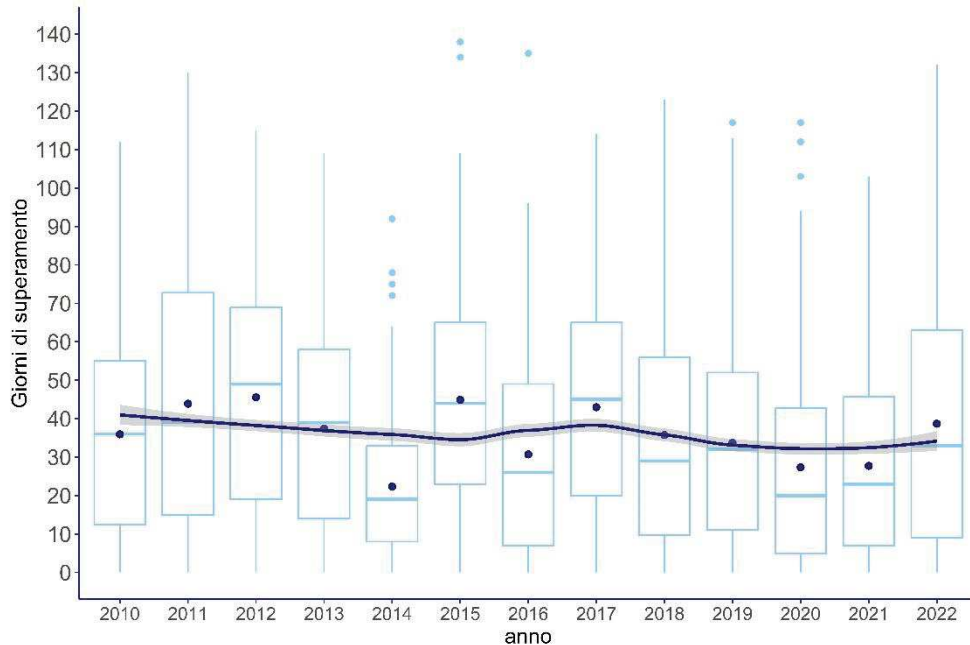
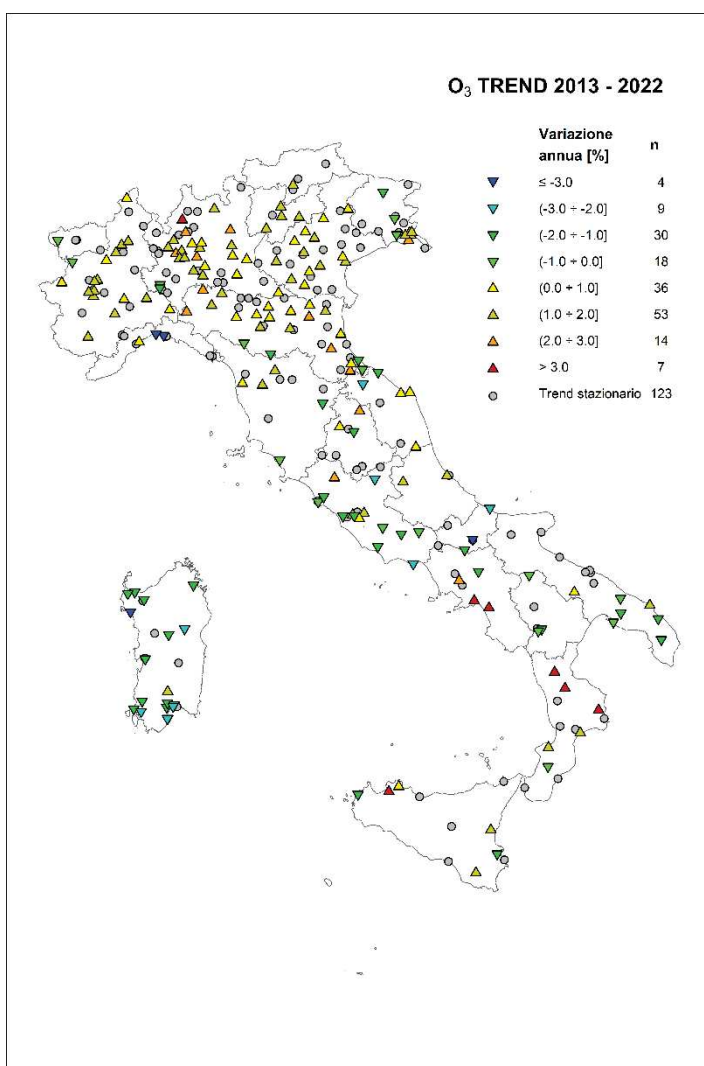


Figura 1.11. O₃, 2013 - 2022. Risultati dell'analisi del trend con il test di Kendall corretto per la stagionalità su una selezione di 294 stazioni. Distribuzione sul territorio delle stazioni analizzate e variazione percentuale media annua stimata della concentrazione.



Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA

1.8. Benzo(a)pirene

La combustione incompleta di materiali organici determina l'emissione in atmosfera di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) quasi totalmente adsorbiti sul materiale particolato.

Si stima che nel 2022 in Italia siano state emesse 66,5 Gg di IPA e le sorgenti principali sono gli impianti di combustione non industriale (78%) e i processi produttivi nell'industria del ferro e dell'acciaio (12,8%).

Sebbene siano inferiori rispetto a quelle citate (3,7%) nelle aree urbane ad alta densità di traffico le emissioni da trasporto su strada dovute a tale fonte possono rappresentare, nei periodi in cui i riscaldamenti non sono in funzione, la sorgente principale.

Livelli elevati di IPA sono rilevabili durante la stagione invernale in relazione all'utilizzo generatori di calore (caldaie, stufe, camini e altri apparecchi domestici) alimentati con legna da ardere, carbone di legna e biomasse combustibili (e.g. cippato e pellet).

Le emissioni di IPA per questo settore sono cresciute in Italia del 36% tra il 2005 e il 2021.

Molti IPA sono cancerogeni, anche se l'evidenza di cancerogenicità sull'uomo relativa a singoli IPA è estremamente difficile, poiché in condizioni reali si verifica sempre una esposizione simultanea a miscele complesse di molte decine di IPA. La IARC (IARC, 2012) ha classificato in particolare il benzo(a)pirene (B(a)P), come cancerogeno per l'uomo (categoria 1).

Il B(a)P è ritenuto un buon indicatore di rischio cancerogeno per la classe degli IPA valutati; è stato stimato un rischio incrementale pari a 9 casi di cancro polmonare ogni 100.000 persone esposte per tutta la vita ad una concentrazione media di 1 ng/m³ di B(a)P. La OMS ha quindi raccomandato un valore guida di 1 ng/m³ per la concentrazione media annuale di B(a)P (OMS, 2000).

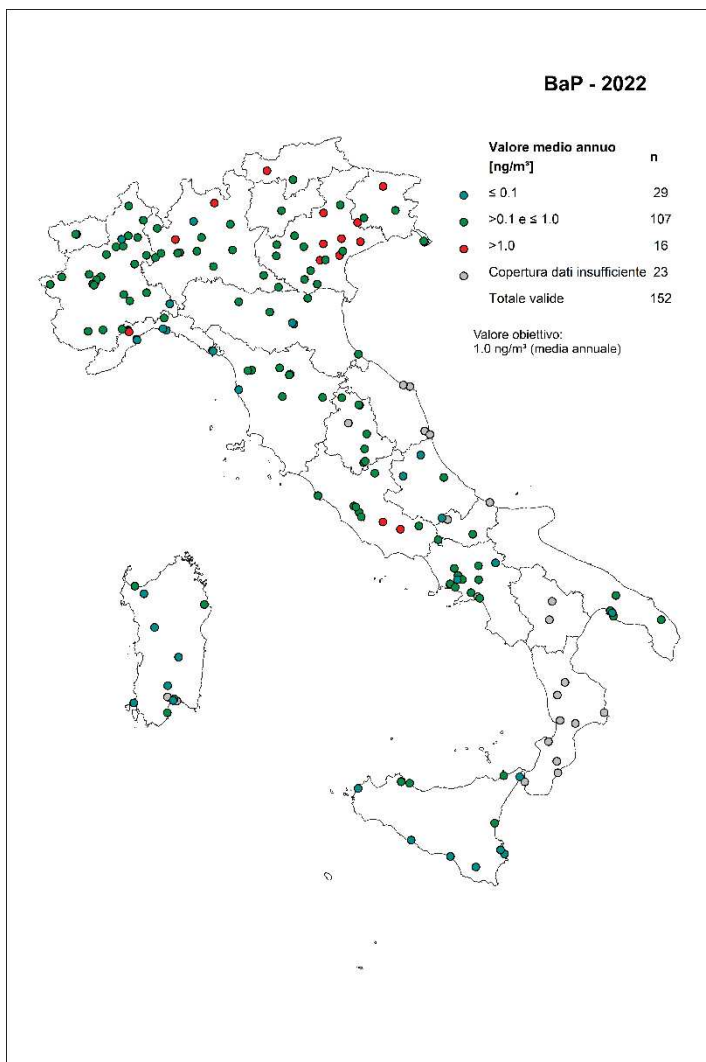
I punti di misura del B(a)P per i quali sono disponibili dati validi nel 2022 sono 175.

Di questi, 152 (87% del totale) hanno copertura temporale minima del 33% (al netto delle perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria) o del 14% e aventi una distribuzione dei dati uniforme nel corso dell'anno seguendo i criteri specifici per il benzo(a)pirene di cui all'allegato del D.Lgs. 155/2010.

Il valore obiettivo (1,0 ng/m³) è stato superato in 16 stazioni (10,5% dei casi) (Figura 1.13.).

Nel 2022 i superamenti del valore obiettivo hanno interessato 10 zone su 77 distribuite in 4 regioni e una provincia autonoma. Il valore obiettivo è stato superato prevalentemente in quelle zone (bacino padano e zone pedemontane appenniniche e alpine, Valle del Sacco nel basso Lazio) dove è maggiore il consumo di biomassa legnosa per il riscaldamento civile e le condizioni meteorologiche invernali favoriscono l'accumulo degli inquinanti. I superamenti nel Savonese in Liguria sono dovuti invece prevalentemente a sorgenti industriali.

Figura 1.13. B(a)P - Stazioni di monitoraggio e superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute (2022).



Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA

1.9. Metalli e semi-metalli (arsenico, cadmio, nichel e piombo).

I punti di misura dell'arsenico per i quali sono disponibili dati validi nel 2022 sono 150.

Di questi, 125 (83% del totale) hanno copertura temporale minima del 50% (al netto delle perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria) o del 14% e aventi una distribuzione dei dati uniforme nel corso dell'anno seguendo i criteri specifici per l'arsenico di cui all'allegato del D.Lgs. 155/2010.

Riguardo al cadmio i punti di misura per i quali sono disponibili dati validi con copertura temporale sufficiente sono 123 su 150; per il nichel sono 118 su 142; per il piombo 115 su 143.

Nel 2022 i livelli medi annuali di arsenico, cadmio e piombo sono risultati inferiori ai valori obiettivo (As e Cd) e al valore limite (Pb) previsti dal D.Lgs 155/2010.

Per quanto riguarda il nichel si segnala il superamento del valore obiettivo in una stazione classificata come suburbana industriale a Terni, nella zona della conca ternana, indicativa delle ricadute della vicina acciaieria.

Livelli localmente significativi di nichel, cadmio e arsenico sono stati documentati negli ultimi dieci anni nelle aree di massima ricaduta delle emissioni industriali diffuse e convogliate degli impianti di produzione e lavorazione degli acciai, ad esempio in uno studio focalizzato sui siti di Aosta, Terni e Vicenza (ARPA Valle d'Aosta, ARPA Veneto, ARPA Umbria, 2018).

L'origine industriale dell'inquinamento da metalli è confermato dai livelli localmente significativi (superiori alle soglie di valutazione superiore) ma inferiori ai rispettivi valori obiettivo registrati negli ultimi 10 anni:

- per l'arsenico, presso il sito industriale di Portoscuso (Sardegna) e a Priolo Gargallo, in provincia di Siracusa, nei pressi del Polo petrolchimico;
- per il nichel, a Sondrio (VIA Paribelli, Lombardia), a Terni (Narno Scalo, Umbria) e a Napoli (San Vitaliano Scuola Elementare Marconi, Campania);
- per il cadmio, a Venezia (VE - Sacca Fisola, Veneto), e nei siti industriali di Priolo Gargallo (Priolo, Sicilia) e di Portoscuso (CENPS7, CENPS4, Sardegna).

Tabella 1.7 – 2022: Arsenico, cadmio, nichel e piombo nel particolato PM₁₀: numero di stazioni per range di concentrazione media annuale

	Stazioni con valori inferiori alla SVI	Stazioni con valori compresi tra la SVI e la SVS	Stazioni con valori superiori alla SVS e inferiori al V.O./V.L.	Stazioni con valori superiori V.O./V.L. D.Lgs.155/2010
Arsenico (As)	124 (≤2,4 ng/m ³)	0 (>2,4 e ≤3,6 ng/m ³)	1 (>3,6 e ≤ 6,0 ng/m ³)	0 (> 6,0 ng/m ³)
Cadmio (Cd)	121 (≤2,0 ng/m ³)	1 (>2,0 e ≤3,0 ng/m ³)	1 (>3,0 e ≤5,0 ng/m ³)	0 (> 5,0 ng/m ³)
Nichel (Ni)	116 (≤10,0 ng/m ³)	0 (>10,0 e ≤14,0 ng/m ³)	1 (>14,0 e ≤20,0 ng/m ³)	1 (> 20,0 ng/m ³)
Piombo (Pb)	115 (≤0,25 µg/m ³)	0 (>0,25 e ≤0,35 µg/m ³)	0 (>0,35 e ≤0,5 µg/m ³)	0 (>0,5 µg/m ³)