



QUALITÀ DELL'ARIA E SALUTE DEGLI OCCUPANTI

Guida pratica per ambienti interni salubri e sostenibili

CONTENUTI

1
INTRODUZIONE

2
INQUINANTI DELL'ARIA ESTERNA

3
INQUINANTI DELL'ARIA INTERNA

4
EFFETTI SULLA SALUTE

5
RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI

6
CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI



1 CAPITOLO

INTRODUZIONE

INTRODUZIONE

L'aria degli ambienti interni è considerata un importante fattore ambientale da oltre un secolo. A partire dalla “rivoluzione dell’igiene” avvenuta attorno al 1850, il tema è stato approfondito negli studi ambientali fino a diventare una questione centrale dagli anni '60 in poi.

Oggi la qualità dell'aria interna (IAQ – Indoor Air Quality) è una priorità sia nel settore edilizio sia per la salute pubblica.

Poiché le persone trascorrono **oltre il 90% del loro tempo** in spazi chiusi (case, scuole, uffici, mezzi di trasporto), l'attenzione verso la qualità dell'aria indoor è diventata fondamentale per il benessere, la salute e, in molti ambienti, anche per la produttività e l'apprendimento.

I problemi più gravi legati alla qualità dell'aria si osservano nei Paesi in via di sviluppo, dove per cucinare e riscaldare si bruciano spesso biomasse (legna, carbone, residui agricoli) all'interno delle abitazioni.

Tuttavia, numerosi studi condotti in Europa e Nord America mostrano una forte correlazione tra qualità dell'aria interna e:

- tumore ai polmoni;
- allergie e altre reazioni di ipersensibilità (ad esempio la “Sindrome da edificio malato” – Sick Building Syndrome, SBS – e la “Sensibilità chimica multipla” – Multiple Chemical Sensitivity, MCS);
- infezioni e malattie respiratorie.

Le **allergie** sono in rapido aumento in tutto il mondo, sia nei Paesi sviluppati sia in quelli in via di sviluppo, e sono fortemente legate all'esposizione agli inquinanti presenti negli ambienti interni. In molte regioni del mondo, circa metà della popolazione ne è colpita, con una maggiore incidenza tra i giovani rispetto agli anziani. In numerose aree l'incidenza è praticamente raddoppiata negli ultimi decenni.



ARIA ESTERNA E ARIA INTERNA

Le **attività umane** provocano il rilascio in atmosfera di numerosissime sostanze sotto forma di gas, vapore o aerosol (dispersione di liquidi o solidi). Queste sostanze possono essere pericolose per la salute umana o dannose per l'ecosistema e gli edifici.

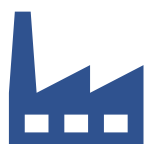
Le principali fonti di inquinamento atmosferico, dovute alle attività dell'uomo, sono i **trasporti** su strada, le **attività**

industriali, la produzione di **energia**, il **riscaldamento** civile e le attività agricole e zootecniche.

L'effetto delle attività umane si traduce con l'aumento della concentrazione di una sostanza rispetto a quella che normalmente è rilevabile in zone remote, dove la presenza umana è ridotta o assente.



Trasporti



Industria



Produzione energia



Riscaldamento



Attività agricole

Principali fonti di inquinanti dell'aria prodotti dall'uomo e dalle sue attività

L'**inquinamento atmosferico** dipende in modo complesso da una serie di fattori:

- l'intensità e la densità delle emissioni, su scala locale e regionale
- lo stato fisico e la reattività delle sostanze disperse in atmosfera
- la velocità di formazione e trasformazione delle sostanze
- i meccanismi di diluizione o di accumulo degli inquinanti
- le condizioni meteorologiche e l'orografia del territorio che influenzano il movimento delle masse d'aria
- il trasporto a lunga distanza e la deposizione

Gli inquinanti **più dannosi per la salute** umana e per gli ecosistemi sono:

- Monossido di carbonio (CO)
- Biossido di azoto (NO₂)
- Biossido di zolfo (SO₂)
- Ozono (O₃)

(Fonte: *isprambiente.it*)

L'aria è composta da vari **gas, particelle e composti chimici e fisici**, e la sua composizione può variare notevolmente a seconda della localizzazione geografica, delle attività umane e delle condizioni meteorologiche.



CAPITOLO
2

**INQUINANTI
DELL'ARIA ESTERNA**

INQUINANTI DELL'ARIA ESTERNA

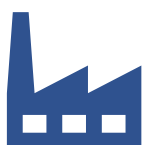
La **qualità dell'aria esterna** rappresenta un tema di crescente importanza per la salute pubblica e la sostenibilità ambientale. L'aria che respiriamo è influenzata da diversi fattori, tra cui le emissioni industriali, i gas di scarico dei veicoli, le attività agricole e le condizioni meteorologiche. Gli inquinanti principali includono particolato fine, ossidi di azoto e ozono troposferico, ciascuno con effetti significativi sulla salute umana e sugli ecosistemi.

In risposta a queste preoccupazioni, l'Unione Europea ha introdotto la **Direttiva 2024/2881**, un quadro normativo ambizioso volto a migliorare la qualità dell'aria nei Paesi membri. Questa Direttiva si basa sull'evidenza scientifica più recente e mira a ridurre l'esposizione della popolazione agli inquinanti atmosferici, con l'obiettivo di proteggere la salute umana e l'ambiente. Tra le misure chiave previste dalla direttiva, vi è l'implementazione di limiti più stringenti per le concentrazioni di particolato e altri inquinanti nell'aria. La Direttiva impone inoltre ai Paesi membri di adottare **piani di azione specifici** per le aree in cui i livelli di inquinamento superano le soglie stabilite, promuovendo l'uso di tecnologie pulite e l'adozione di pratiche sostenibili nei settori industriale e dei trasporti.

Un altro aspetto importante della Direttiva 2024/2881 è l'enfasi sulla collaborazione transfrontaliera. Data la natura spesso transitoria dell'inquinamento atmosferico, la direttiva incoraggia la **cooperazione tra diversi Stati membri per affrontare le problematiche comuni** e condividere le migliori pratiche. Ciò include la standardizzazione delle metodologie di monitoraggio della qualità dell'aria e la promozione di iniziative congiunte per ridurre le emissioni.

La Direttiva riconosce anche l'importanza della **partecipazione pubblica** e dell'accesso alle informazioni. Essa richiede che le autorità nazionali e locali mettano a disposizione del pubblico dati chiari e aggiornati sulla qualità dell'aria, aumentando la consapevolezza e il coinvolgimento dei cittadini nelle strategie di riduzione dell'inquinamento. Questo approccio integrato e partecipativo è fondamentale per garantire l'efficacia a lungo termine delle misure adottate.

La **Direttiva UE 2024/2881** rappresenta un passo significativo verso il miglioramento della qualità dell'aria in Europa. Attraverso un approccio legislativo robusto e coordinato, l'UE si propone di affrontare le sfide ambientali contemporanee, garantendo un ambiente più sano e sostenibile per le generazioni future.



LA DIRETTIVA 2024/2881 SULLA QUALITÀ DELL'ARIA ESTERNA

La Direttiva ha come focus:

- la definizione di **parametri di qualità dell'aria** ambiente finalizzati ad evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente
- la definizione di **metodi e criteri** comuni per la valutazione della qualità dell'aria ambiente negli Stati membri
- il **monitoraggio** della qualità dell'aria ambiente attuale e delle tendenze a lungo termine così come gli effetti delle misure adottate a livello europeo e nazionale

L'obiettivo principale della **Direttiva Europea 2024/2881**, che dovrà essere recepita entro dicembre 2026, è il conseguimento dell'inquinamento zero, "in modo che la qualità dell'aria all'interno dell'Unione sia progressivamente migliorata fino al raggiungimento di livelli non più considerati nocivi per la salute umana, gli ecosistemi naturali e la biodiversità (...) contribuendo in tal modo a creare un ambiente privo di sostanze tossiche entro il 2050".

(Fonte: Direttiva Europea 2024/2881)

Valori limite per la protezione della salute umana

Inquinante	Valori limite/obiettivo da raggiungere da raggiungere entro il 1. gennaio 2026	Limite da raggiungere da raggiungere entro il 1. gennaio 2030	Intervallo temporale
PM _{2,5}		25 µg/m ³ (A)	1 giorno
	25 µg/m ³	10 µg/m ³	annuale
PM ₁₀	50 µg/m ³ (D)	45 µg/m ³ (A)	1 giorno
	40 µg/m ³	20 µg/m ³	annuale
Biossido di azoto (NO ₂)	200 µg/m ³ (A)	200 µg/m ³ (B)	1 ora
		50 µg/m ³ (A)	1 giorno
Biossido di zolfo (SO ₂)	40 µg/m ³ (A)	20 µg/m ³	annuale
	350 µg/m ³ (E)	350 µg/m ³ (B)	1 ora
Benzene	125 µg/m ³ (B)	50 µg/m ³ (A)	1 giorno
		20 µg/m ³	annuale
Monossido di carbonio (CO)	5 µg/m ³	3,4 µg/m ³	annuale
	10 µg/m ³	10 µg/m ³	media massima giornaliera su 8 ore
Piombo (Pb)		4 µg/m ³ (A)	1 giorno
Arsenico (As)	0,5 µg/m ³	0,5 µg/m ³	annuale
Cadmio (Cd)	6,0 ng/m ³ (F)	6,0 ng/m ³	annuale
Nichel (Ni)	5,0 ng/m ³ (F)	5,0 ng/m ³	annuale
Benzo(a)pirene	20 ng/m ³ (F)	20 ng/m ³	annuale
	1,0 ng/m ³ (F)	1,0 ng/m ³	annuale

(A) non superare più di 18 volte/anno

(B) non superare più di 3 volte/anno

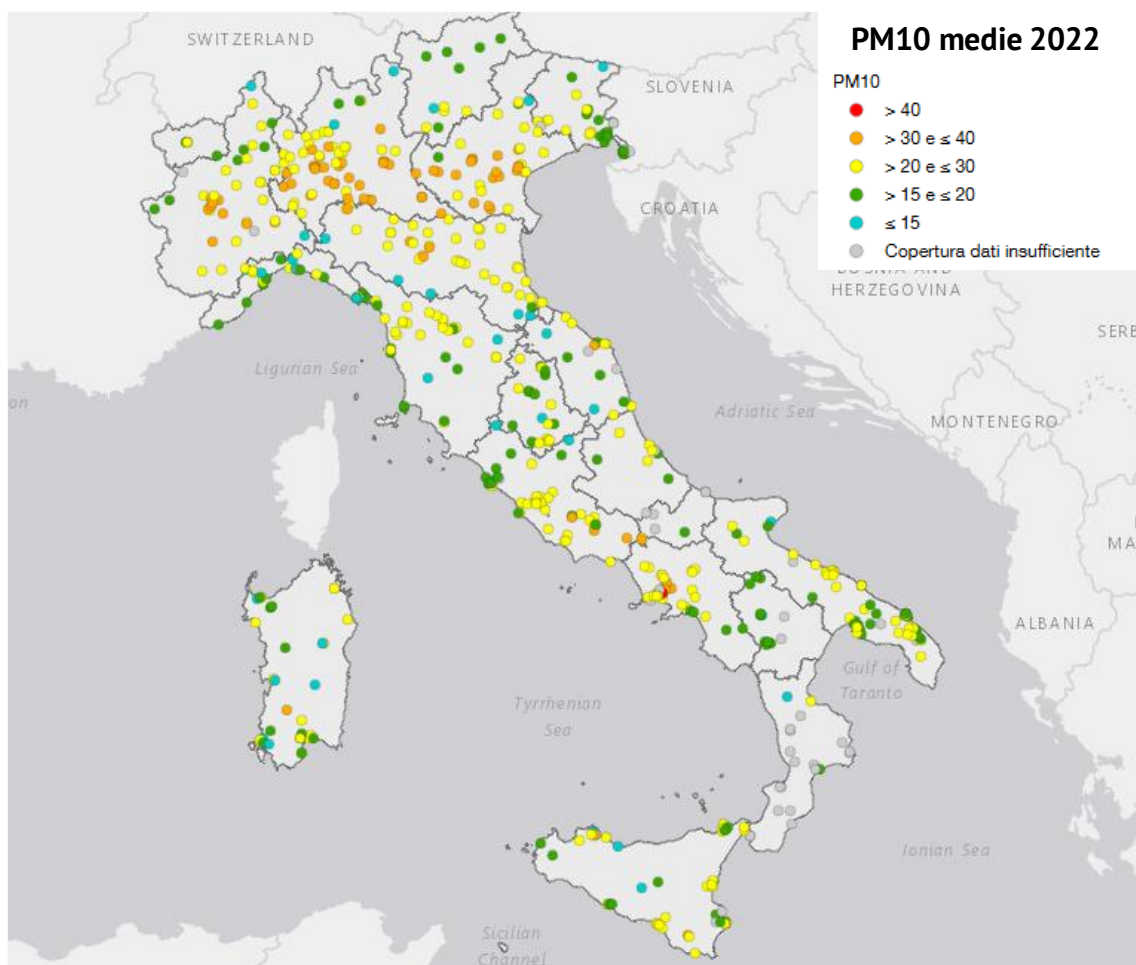
(C) Direttiva 2008/50/CE, recepita in Italia con il D.Lgs. 155/10

(D) non superare più di 35 volte/anno

(E) non superare più di 24 volte/anno

(F) valori obiettivo (e non valori limite)

IL CONTESTO ITALIANO



Fonte: sinacloud.isprambiente.it

In Italia la qualità dell'aria esterna è ancora un problema rilevante, soprattutto nelle grandi città e nel **Bacino Padano**, dove si registrano spesso superamenti dei limiti per PM₁₀, PM_{2.5} e NO₂.

Le principali fonti sono il traffico veicolare, il riscaldamento civile (in particolare biomasse e impianti obsoleti), alcune attività industriali e le pratiche agricole.

Le condizioni meteorologiche e orografiche del **Nord Italia** favoriscono il ristagno degli inquinanti, peggiorando la situazione nei mesi invernali.

Le nuove norme europee (Direttiva 2024/2881) chiedono al nostro Paese ulteriori riduzioni delle emissioni. Per questo sono in corso **piani nazionali e regionali** che puntano su mobilità sostenibile, efficienza

energetica e tecnologie meno inquinanti.

Nelle **grandi città italiane** la qualità dell'aria è fortemente influenzata dal traffico veicolare, dalla congestione stradale e dall'elevata densità di edifici, che favoriscono l'accumulo di inquinanti.

A queste fonti si aggiungono il riscaldamento degli edifici, i cantieri, le attività commerciali e turistiche, che contribuiscono a mantenere elevati i livelli di smog durante gran parte dell'anno. Le amministrazioni locali stanno introducendo misure come zone a basse emissioni, potenziamento del trasporto pubblico e incentivi alla mobilità sostenibile, ma il raggiungimento dei nuovi obiettivi europei richiederà interventi ancora più strutturali e continui.

IL PARTICOLATO ESTERNO

Il materiale particolato **PM10** comprende le particelle con un diametro aerodinamico inferiore a 10 μm (μm è l'unità di misura, micrometro, che corrisponde a un milionesimo di metro), sono presenti nell'atmosfera e possono essere trasportate anche a grande distanza dal punto di emissione.

Le PM10 possono avere sia un'origine naturale che antropica, tra quest'ultima un importante ruolo è rappresentato dall'uso della **legna nel riscaldamento** civile e dal **traffico veicolare**. Queste particelle, possono penetrare nel naso, nella faringe e

- Unità di misura: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (microgrammi per metro cubo)
- Valori medi urbani: PM2.5: 20 - 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Limiti OMS: PM10: 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media 24h)

Il materiale particolato **PM 2,5** rappresenta l'insieme di particelle presenti nell'atmosfera con un diametro aerodinamico inferiore a 2,5 μm (μm è l'unità di misura, un micrometro, che corrisponde a un milionesimo di metro). Queste particelle possono essere trasportate anche a grande distanza dal punto di emissione e si possono insinuare nei polmoni.

Le emissioni di PM 2,5 sono associate ai **processi di combustione** generati da carbone, legna, gasolio ed olio combustibile. Queste particelle sono emesse dai gas di scarico dei veicoli a combustione interna,

- Unità di misura: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (microgrammi per metro cubo)
- Valori medi urbani: PM2.5: 10-15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Limiti OMS: PM2.5: 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media 24h)

nella trachea e alcuni studi hanno dimostrato che quanto più è alta la concentrazione di polveri fini nell'aria tanto maggiore è l'effetto sulla salute della popolazione. (*Fonte: isprambiente.it*)

PM₁₀

dagli impianti per la produzione di energia e per il riscaldamento domestico, dai processi di combustione nell'industria e dagli incendi. (*Fonte: isprambiente.it*)

PM_{2.5}

BIOSSIDO DI AZOTO

Di colore bruno-rossastro e con un odore forte e pungente, il biossido di azoto (NO₂) è un gas potenzialmente tossico per la salute, infatti può irritare le vie respiratorie.

È un inquinante che si forma soprattutto nei **processi di combustione** come quelli generati dal traffico dei veicoli, dagli impianti di riscaldamento, dalle centrali di produzione termoelettriche e dai processi industriali.

(Fonte: *isprambiente.it*)

- Unità di misura: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o ppb (parti per miliardo)
- Valori medi urbani: 20-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Limite OMS: 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media 24h)



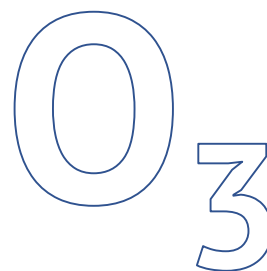
OZONO

La sua presenza al livello del suolo dipende dalle condizioni meteorologiche e quindi può variare sia nel corso della giornata che delle stagioni.

È un gas incolore ed inodore, fortemente instabile e grazie al suo elevato potere ossidante può reagire alla presenza di altre sostanze inquinanti dando origine, nei bassi strati dell'atmosfera, al cosiddetto "smog fotochimico". Tossico ed irritante per l'uomo, può causare tosse, mal di testa e perfino edema polmonare.

(Fonte: *isprambiente.it*)

- Unità di misura: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o ppb
- Valori medi urbani: 50-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (con picchi estivi superiori)
- Limite OMS: 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media 8h)

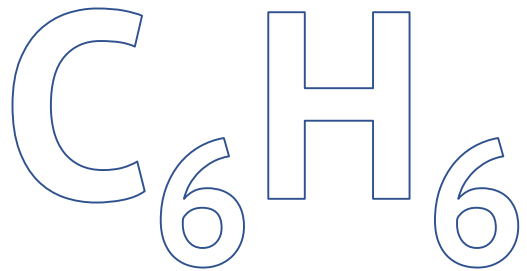


BENZENE

Incolore, dall'odore caratteristico e facilmente infiammabile, il benzene è un componente naturale del petrolio e dei suoi derivati di raffinazione. Si presenta come un liquido volatile, capace cioè di evaporare rapidamente a temperatura ambiente. La sua presenza nell'aria deriva principalmente dallo scarico dei veicoli: per questo è considerato uno dei più importanti inquinanti delle aree metropolitane.

È prodotto anche dagli impianti di stoccaggio e di distribuzione dei combustibili, mentre solo una piccola quantità è formata dagli incendi boschivi, dai residui agricoli e dalle eruzioni vulcaniche. Il benzene è facilmente assorbito per inalazione, mentre è trascurabile la penetrazione attraverso il contatto cutaneo.

(Fonte: *isprambiente.it*)



- Unità di misura: $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Valori medi urbani: 1-5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Limite UE: 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media annua)

MONOSSIDO DI CARBONIO

Il monossido di carbonio è un gas incolore ed inodore che si forma durante i processi di combustione degli idrocarburi. La principale sorgente di CO è rappresentata dai gas di scarico dei veicoli, soprattutto quando sono a "basso regime", ovvero durante il traffico intenso e rallentato. Altre sorgenti sono gli impianti siderurgici e le raffinerie di petrolio, mentre in quantità minore è presente nelle emissioni delle centrali termoelettriche e negli impianti di riscaldamento civile.

Legandosi all'emoglobina al posto dell'ossigeno, impedisce una buona ossigenazione del sangue, con possibili danni sul sistema nervoso e cardiovascolare
(Fonte: *isprambiente.it*)



- Unità di misura: mg/m^3 (milligrammi per metro cubo) o ppm (parti per milione)
- Valori medi urbani: 0.5-2 mg/m^3
- Limite OMS: 4 mg/m^3 (media 24h)

BIOSSIDO DI ZOLFO

Il biossido di zolfo è un gas incolore, dall'odore pungente e irritante. Le principali sorgenti di biossido di zolfo sono gli impianti di produzione di energia, gli impianti termici di riscaldamento, alcuni processi industriali e, in minor misura, i motori diesel. Il biossido di zolfo contribuisce alla formazione di piogge acide e di particolato secondario.

A basse concentrazioni è un irritante per gli occhi e per il tratto superiore delle vie respiratorie, mentre a concentrazioni elevate può causare problemi alle basse vie respiratorie. *(Fonte: isprambiente.it)*



- Unità di misura: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o ppb
- Valori medi urbani: 5-20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Limite OMS: 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media 24h)



DALL'OUTDOOR ALL'INDOOR

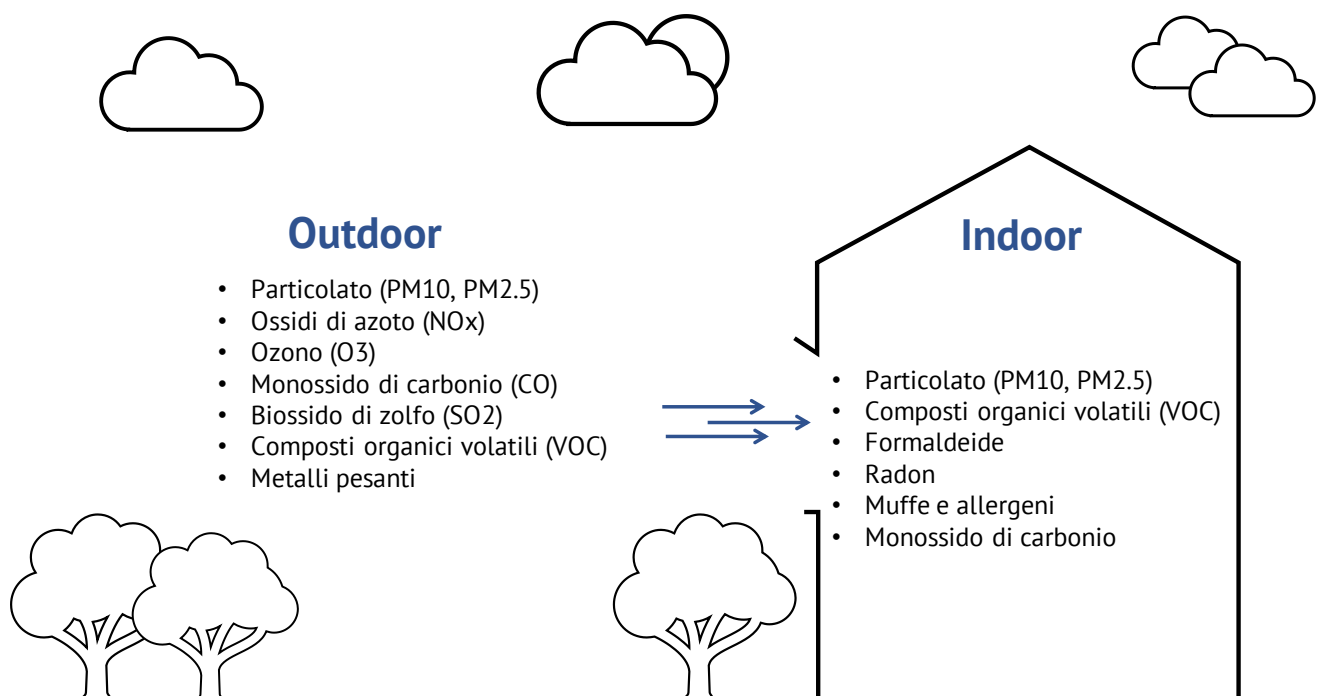
La qualità dell'aria che respiriamo negli ambienti chiusi è intimamente legata a quella **esterna**, in un rapporto di reciproca influenza che caratterizza la nostra esposizione quotidiana agli inquinanti. L'aria esterna (*outdoor*) entra continuamente all'interno degli edifici attraverso l'aerazione (apertura delle finestre), i sistemi di climatizzazione e le infiltrazioni, trasportando con sé particolato, ossidi di azoto, ozono e altri contaminanti tipici dell'inquinamento urbano e industriale. Questa connessione diretta fa sì che le concentrazioni di **alcuni inquinanti** indoor rispecchino, almeno parzialmente, quelle misurate all'esterno, sebbene con dinamiche complesse influenzate dalle caratteristiche costruttive dell'edificio e dalle modalità di ventilazione.

Tuttavia, la **relazione** tra aria esterna e interna non è semplice. Gli ambienti

interni costituiscono microambienti in cui si **aggiungono** sorgenti di inquinamento specifiche, come i prodotti per la pulizia, i materiali da costruzione, gli arredi e le attività umane quotidiane, che possono alterare significativamente la composizione dell'aria.

Può capitare spesso che le concentrazioni di determinati inquinanti risultano **più elevate indoor** che outdoor, creando paradossalmente situazioni in cui chiudere le finestre durante episodi di inquinamento esterno potrebbe ridurre l'esposizione ad alcuni contaminanti ma aumentare quella ad altri.

Comprendere questa complessa correlazione è fondamentale per sviluppare **strategie efficaci** di protezione della salute pubblica, poiché trascorriamo gran parte del nostro tempo in ambienti chiusi.



Principali fonti di inquinanti dell'aria esterna (outdoor) e interna (indoor)

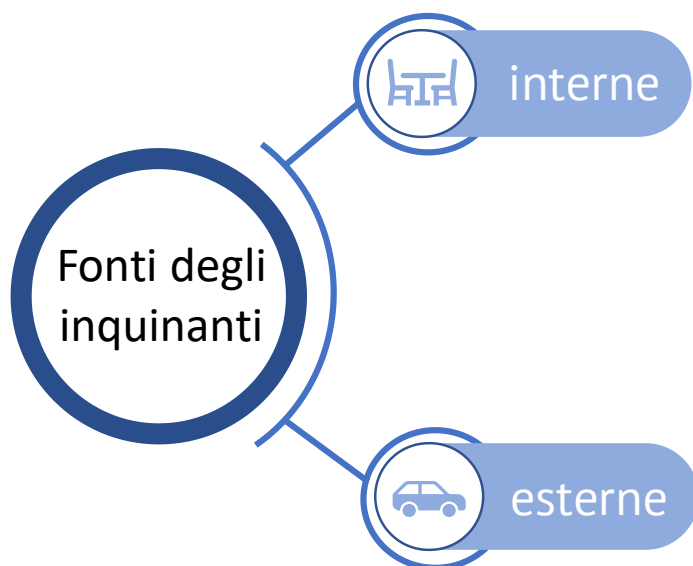


3 CAPITOLO

INQUINANTI DELL'ARIA INTERNA

INDICATORI E INQUINANTI

Gli inquinanti presenti all'interno degli ambienti possono avere due origini:



- emessi dai materiali (struttura e arredi)
- emessi dalle persone e loro attività
- emessi dagli impianti se non correttamente mantenuti

- emessi di impianti civili e industriali, cantieri e depositi di materiale
- emessi del traffico e dai sistemi di riscaldamento
- emessi dal sottosuolo (ad es. radon)

La Prassi di Riferimento **UNI/PdR 122:2022** dal titolo "Monitoraggio della qualità dell'aria negli edifici scolastici - Strumenti, strategie di campionamento e interpretazione delle misure" fornisce per ciascun parametro una descrizione, i dettagli per le misurazioni e un esempio di rappresentazione e di lettura dei dati. Sebbene la UNI/PdR 122:2022 sia relativa agli **edifici scolastici**, i suoi contenuti possono essere estesi anche ad altre destinazioni d'uso quali **edifici residenziali e uffici**.

Il documento UNI/PdR 122:2022, fornisce linee guida dettagliate per il monitoraggio e

la valutazione della qualità dell'aria negli ambienti scolastici, riconoscendo l'importanza di un'aria salubre per il benessere e la salute di studenti e personale scolastico.

La UNI/PdR 122:2022 offre un quadro completo e strutturato per il **monitoraggio della qualità dell'aria** nelle scuole, ponendo l'accento su strumenti tecnici, strategie di campionamento e analisi dei dati.

L'adozione di queste linee guida contribuisce a creare ambienti scolastici più sani e sicuri, promuovendo il benessere di studenti e personale e migliorando le condizioni per l'apprendimento e lo sviluppo.

INDICATORI E INQUINANTI

La Prassi di Riferimento **UNI/PdR 122:2022** dal titolo “Monitoraggio della qualità dell'aria negli edifici scolastici - Strumenti, strategie di campionamento e interpretazione delle misure” fornisce per ciascun parametro una descrizione, i dettagli per le misurazioni e un esempio di rappresentazione e di lettura dei dati. Sebbene la UNI/PdR 122:2022 sia relativa agli **edifici scolastici**, i suoi contenuti possono essere estesi anche ad altre destinazioni d’uso quali **edifici residenziali e uffici**.

Il documento UNI/PdR 122:2022, fornisce linee guida dettagliate per il monitoraggio e la valutazione della qualità dell'aria negli

ambienti scolastici, riconoscendo l'importanza di un'aria salubre per il benessere e la salute di studenti e personale scolastico.

il documento UNI/PdR 122:2022 offre un quadro completo e strutturato per il monitoraggio della qualità dell'aria nelle scuole, ponendo l'accento su strumenti tecnici, strategie di campionamento e analisi dei dati. L'adozione di queste linee guida contribuisce a creare ambienti scolastici più sani e sicuri, promuovendo il benessere di studenti e personale e migliorando le condizioni per l'apprendimento e lo sviluppo.

Parametro di misura	Durata e dettagli delle misure	Normative di riferimento sul campionamento o riferimenti legislativi	Normative di riferimento sui limiti o riferimenti legislativi
CO ₂	Intervallo di misura: 1 minuto	UNI EN ISO 16000-26	UNI EN 16798-1 e CEN/TR 16798-2
VOC	30 min – 2 ore	UNI EN ISO 16000-5	Limiti per alcuni VOC
TVOC	Durata monitoraggio: ore/giorni		-
Formaldeide	30 min – 2 ore	UNI EN ISO 16000-2 ISO 16000-3 ISO 16000-4	Circolare del Ministero della Sanità n. 57 del 22 giugno 1983
Radon	Intervallo di misura: 10 minuti	UNI ISO 11665-1 UNI ISO 11665-5 (misure in continuo)	D.Lgs. 101/2020
	1 anno	UNI ISO 11665-1 UNI ISO 11665-4 (campionamento passivo)	
Polveri (PM _x)	Intervallo di misura: 10 minuti	UNI EN 12341 ISO 16000-34	
	30 min – 2 ore	ISO 16000-37(PM2.5)	
Ossidi di azoto (NO ₂)		UNI EN ISO 16000-15 UNI EN 14211	
Analisi biologiche	Durata misura: 15 minuti per ogni ambiente	NI EN ISO 16000-19 UNI EN ISO 14698-1 Metodo Unichim 1962-2:2006	Linee Guida INAIL, ISS e OMS
Amianto		D.M. 06/09/1994	D.M. 06/09/1994

ANIDRIDE CARBONICA

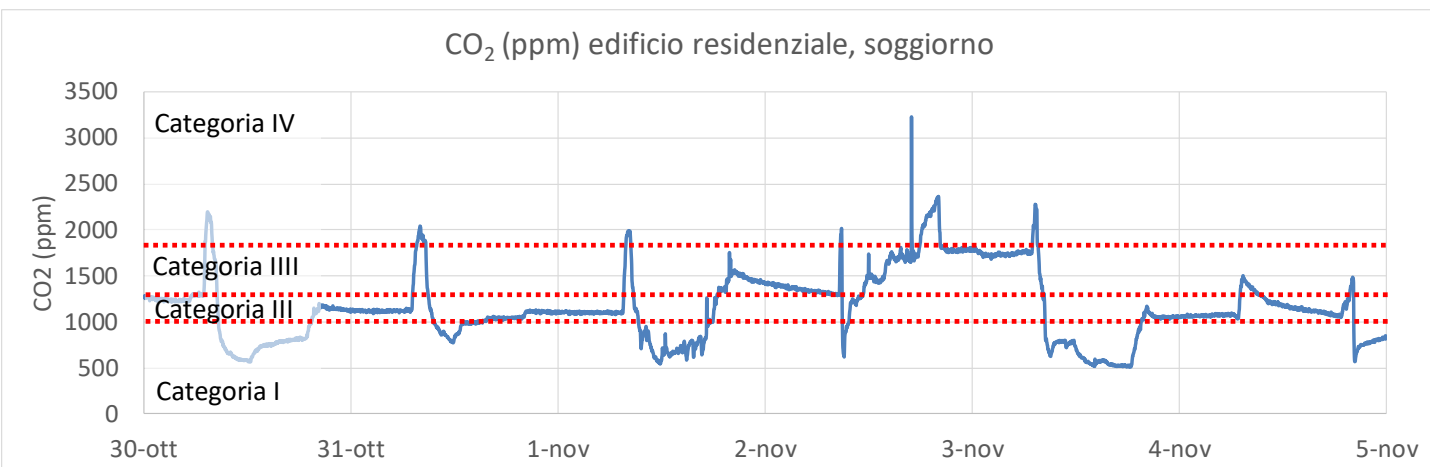
La CO₂ è un gas incolore e inodore, prodotto dall'uomo attraverso la respirazione e generato anche dai processi di combustione. Pur non essendo considerata un inquinante a concentrazioni ridotte, la CO₂ rappresenta il principale **indicatore della qualità dell'aria** perché permette di quantificare facilmente la concentrazione complessiva degli inquinanti indoor



- Unità di misura: ppm (parti per milione)
- Limiti: la norma UNI EN 16798-1 definisce i limiti di concentrazione in funzione delle categorie di comfort. Per una buona qualità dell'aria negli edifici, si assume un valore di 1250 ppm (800 + 450) ppm. Il valore di 450 ppm può essere utilizzato come riferimento della concentrazione di CO₂ esterna, qualora non siano disponibili dati da monitoraggio (Fonte: UNI CEN/TR 16798-2).

Categoria	Concentrazione di CO ₂ (ppm) da sommare al valore di concentrazione esterna per persone non adattate	Concentrazione di CO ₂ (ppm) ipotizzando un valore di CO ₂ esterna di 450 ppm
I	550	1.000
II	800	1.250
III	1.350	1.800
IV	1.350	1.800

È inoltre possibile valutare la qualità dell'aria in edifici esistenti mediante un monitoraggio in continuo della CO₂ e un'analisi delle Categorie della norma in funzione del differenziale tra la CO₂ esterna e quella misurata. In Figura è rappresentato un esempio applicativo.



VOC e TVOC

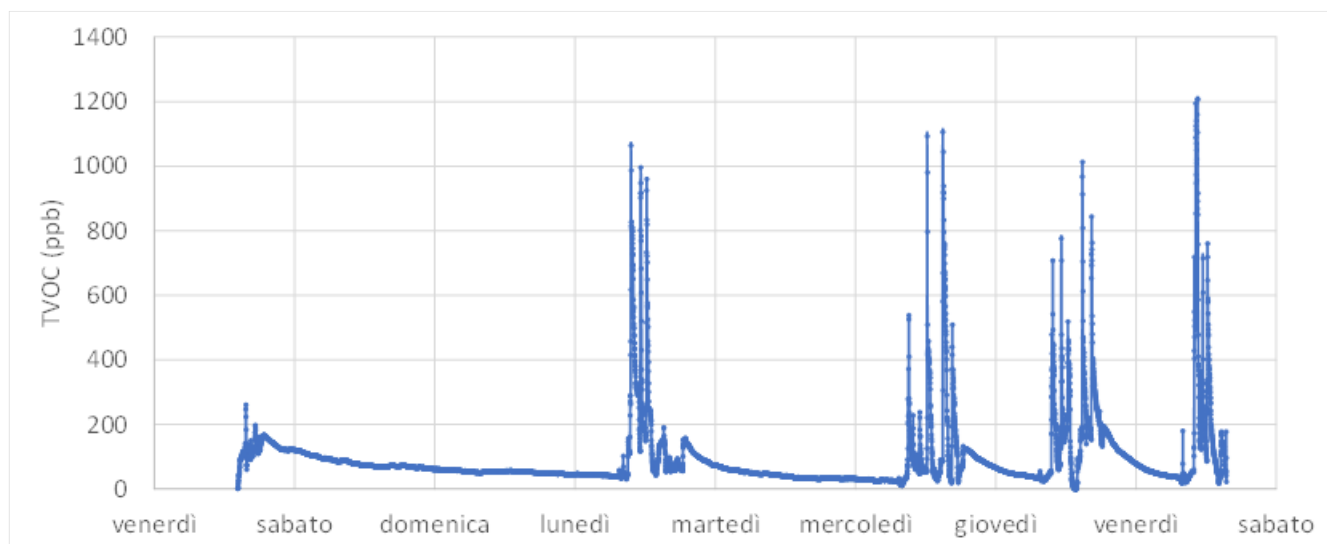
I composti organici volatili - COV o VOC – costituiscono una classe eterogenea di sostanze con comportamenti fisici e chimici differenti, accomunate dall'elevata volatilità e dalla presenza di carbonio legato organicamente. La **sommatoria** dei singoli composti organici volatili si definisce **TVOC** (Total Volatile Organic Compounds) ovvero composti organici volatili totali. Poiché i singoli composti sono numerosi e difficili da determinare singolarmente, talvolta si preferisce determinarli come sommatoria complessiva. Il prelievo per la determinazione dei singoli VOC viene eseguito attraverso dei contenitori per un

determinato tempo (ad esempio 30 minuti) e poi analizzato in laboratorio mediante gascromatografia. I TVOC possono essere monitorati con strumenti attivi ad intervalli definiti, in continuo (ad esempio monitoraggio di una settimana con intervallo di misura un minuto).

VOC

- Unità di misura: $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ppb
- Limiti: Nella norma UNI EN 16798-1 sono riportati i limiti sulle emissioni dei materiali, non vi è limite specifico per la concentrazione di TVOC nell'aria. Vi sono valori guida fissati dall'OMS e da organismi non italiani (come ad esempio Umweltbundesamt tedesco)

Nel grafico è rappresentato l'andamento di TVOC (espresso in ppb) in continuo in un'aula (Fonte: UNI/PdR 122:2022)



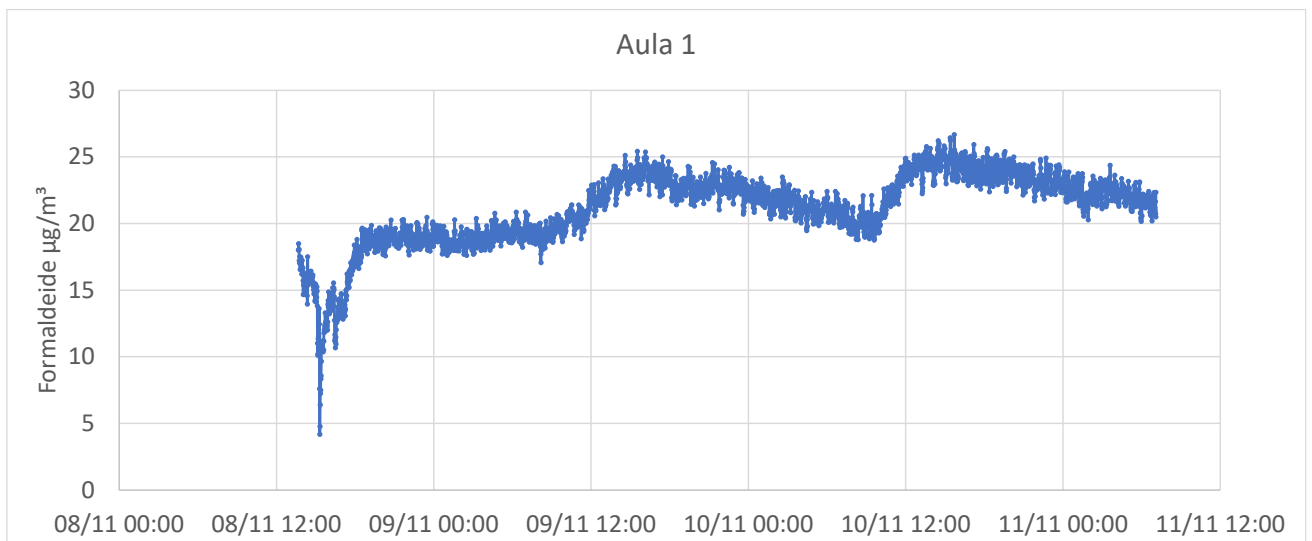
FORMALDEIDE

La formaldeide è un composto organico volatile (VOC) tra i più diffusi e noti, gas incolore con un odore acre ed irritante. Secondo lo IARC è un prodotto cancerogeno di classe A1, è questo il principale motivo di ricerca e dell'esistenza di un limite di legge. Usata nell'industria chimica, nella fabbricazione di oggetti di design d'interni e nei prodotti per la pulizia. Molti prodotti della costruzione contengono formaldeide, in particolare viene utilizzato per la produzione di resine, utilizzate a loro volta per la produzione di truciolato e materiali a base di legno, colle, prodotti isolanti, ecc. La formaldeide viene rilasciata anche a distanza di molti anni dai collanti in cui è presente.



- Unità di misura: $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mg/m^3 ppb
- Limiti: La Circolare del Ministero della Sanità n. 57 del 22 giugno 1983 riporta il limite di concentrazione della formaldeide di 0,1 ppm = $123 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'Organizzazione Mondiale della Sanità riporta un limite di concentrazione della formaldeide di $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Il grafico mostra un monitoraggio invernale in continuo di classe in una scuola dell'infanzia durante un fine settimana. La variazione di concentrazione è legata alla variazione della temperatura e dell'umidità dell'ambiente. (Fonte: UNI/PdR 122:2022)



RADON

Il radon è un **gas nobile di origine naturale** incolore e radioattivo, prodotto di disintegrazione dell'uranio. Presente nella crosta terrestre, il radon penetra negli edifici attraverso crepe, fessure o punti aperti delle fondamenta. Essendo classificato dall'OMS e IARC (International Agency for Research on Cancer) come cancerogeno per l'uomo (Gruppo 1) anche per il radon la legislazione impone valori limite di concentrazione.

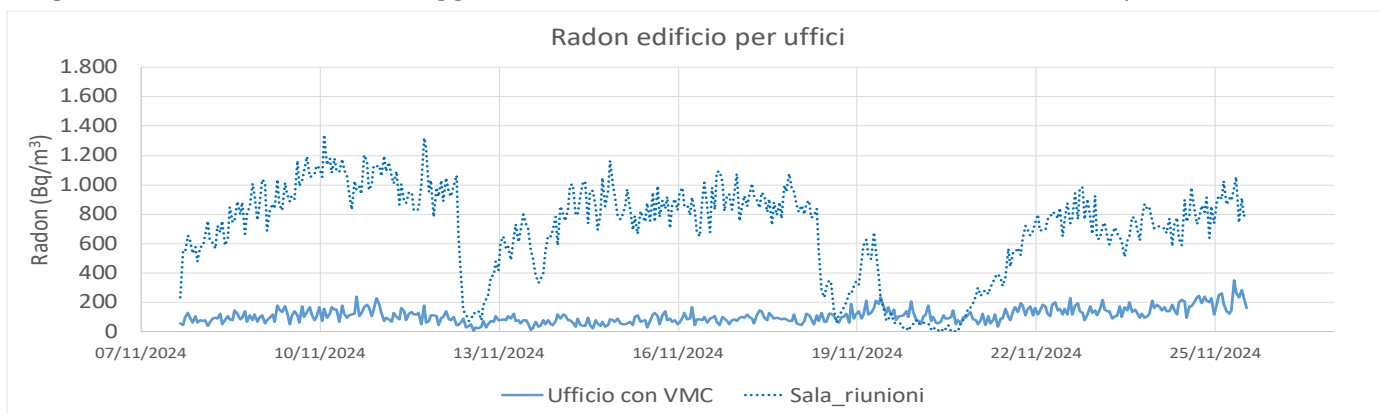
La fonte principale del radon negli edifici sono le **rocce e il terreno sottostante**, dai quali il gas si propaga verso la superficie. Fonte secondaria possono essere alcuni materiali da costruzione.



- Unità di misura: Bq/m³
- Limiti: D.Lgs 101/2020: livello massimo di riferimento espresso in termini di valore medio annuo della concentrazione di attività di radon in aria: 300 Bq/m³ (gli edifici scolastici sono inclusi tra i luoghi di lavoro). Per il residenziale costruito dal 1.1.2025: 200 Bq/m³, mentre per il residenziale costruito prima di tale data il livello di riferimento è 300 Bq/m³. Tali valori sono un livello di riferimento e si consiglia di intervenire per ridurre le concentrazioni anche quando il limite non viene raggiunto, ma si avvicina. Il Decreto **CAM Edilizia 2025** (Affidamento di servizi di progettazione e affidamento di lavori per interventi edilizi, adottati) che si applica agli edifici pubblici (scuole, uffici, residenziale pubblico) riporta un livello di riferimento massimo di 200 Bq/m³.

Tipologia	Livelli massimi di riferimento
Abitazioni esistenti	300 Bq/m ³
Abitazioni costruite dopo il 31 dicembre 2024	200 Bq/m ³
Luoghi di lavoro (uffici, scuole)	300 Bq/m ³
Edifici pubblici (CAM Edilizia, 2025)	200 Bq/m ³

Il grafico mostra un monitoraggio invernale di radon in continuo in un edificio per uffici



IL PARTICOLATO INTERNO

Per ‘polveri’ si intendono tutte le particelle solide che rimangono sospese in aria per un tempo sufficiente a interessare le vie respiratorie. La sigla PM “**Particulate Matter**” viene tradotta con “materiale particellare sospeso”, il numero accanto indica la grandezza del diametro della particella che può variare fino a 10 micron o micrometri (1 micron = 1 milionesimo del metro).

Il PM10 è chiamato anche frazione toracica in quanto, passando per il naso, è in grado di raggiungere la gola e la trachea (localizzate nel primo tratto dell’apparato respiratorio). Le particelle più piccole (con diametro inferiore a 2,5 micron) chiamate **PM2,5** o frazione respirabile, possono invece arrivare

ancora più in profondità nei polmoni.

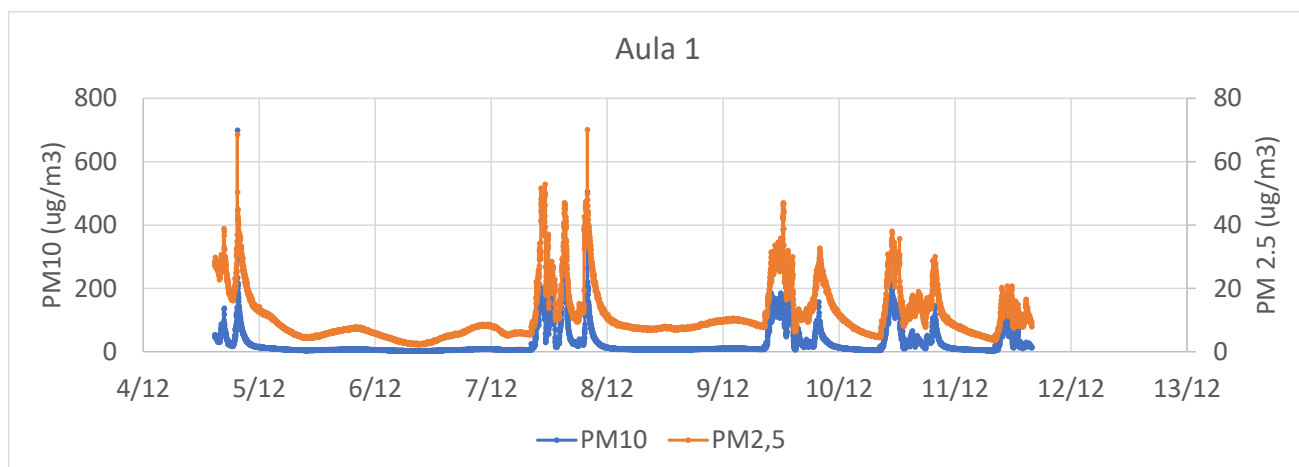
Il materiale particolato **PM10** comprende le particelle con un diametro aerodinamico inferiore a 10 μm (μm è l’unità di misura, micrometro, che corrisponde a un milionesimo di metro), sono presenti nell’atmosfera e possono essere trasportate anche a grande distanza dal punto di emissione.

Queste particelle, possono penetrare nel naso, nella faringe e nella trachea e alcuni studi hanno dimostrato che quanto più è alta la concentrazione di polveri fini nell’aria tanto maggiore è l’effetto sulla salute della popolazione.

PM₁₀ PM_{2.5}

- Unità di misura: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (microgrammi per metro cubo)

Nel grafico sono riportate le concentrazioni di PM10 (in blu, lettura valori sull’asse di sinistra) e di PM 2,5 (in arancione, lettura valori sull’asse di destra) Fonte: UNI/PdR 122/2022



AGENTI BIOLOGICI (IN ARIA)

Sono particelle organiche **aerodisperse** di dimensione dell'ordine dei micrometri, spesso legate ad altre particelle di dimensioni maggiori, costituite da acari della polvere, materiali biologici, batteri (es. legionelle), virus, funghi (muffe e lieviti), pollini

I parametri microbiologici per un'analisi quantitativa di base sono rappresentati da:

- **Carica batterica psicrofila**

batteri con crescita intorno ai 22°C, considerati indicatori di contaminazione microbica ambientale.

- Unità di misura: UFC/m³ di aria (Unità Formanti Colonia per metro cubo di aria), MPN/m³ di aria (Numero più Probabile di Microrganismi per metro cubo di aria)

- Fonti: I microrganismi sono onnipresenti e in grado di vivere e riprodursi utilizzando una moltitudine di substrati. Negli ambienti indoor come quello scolastico, l'apporto microbico dipende soprattutto dall'introduzione e dalla movimentazione di persone e oggetti, inoltre, le caratteristiche di qualità dell'aria indoor, possono essere influenzate dai movimenti di circolazione dell'aria, anche proveniente dall'esterno e, in misura minore dalla peculiarità dei materiali propri dell'ambiente stesso (arredamenti, pitture e rivestimenti delle pareti, ecc.) che, nel corso del tempo, possono rilasciare sostanze o particelle nell'ambiente.

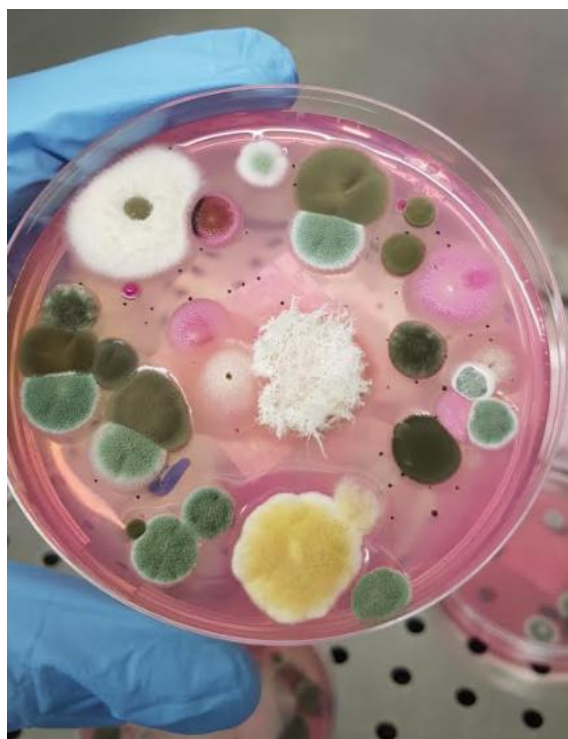
- **Carica batterica mesofila**

batteri con crescita intorno ai 37°C (intervallo 25-40°C), considerati indicatori di contaminazione di origine umana o animale,

- **Carica fungina**

comprendente muffe e lieviti, indicatori ambientali molto importanti, in quanto sono molto spesso correlati ad un'elevata umidità e polverosità, ridotta ventilazione e scarsa qualità dell'aria.

Nella tabella sono rappresentati esempi di dati da monitoraggio in una scuola (Sezione).



Descrizione punto	Data prelievo	Parametro	Condizioni	MPN/m ³
Esterno	31/08	Colonie a 22°C	Dopo la pulizia	120
Esterno	31/08	Colonie a 36°C	Dopo la pulizia	65
Esterno	31/08	Muffe	Dopo la pulizia	460
Sezione	31/08	Colonie a 22°C	Dopo la pulizia	85
Sezione	31/08	Colonie a 36°C	Dopo la pulizia	80
Sezione	31/08	Muffe	Dopo la pulizia	268

MUFFE

Le **muffe** sono microrganismi che crescono in presenza di umidità e scarsa ventilazione, formando macchie scure o verdastre su pareti, soffitti, infissi, mobili e dietro gli arredi.

In casa compaiono spesso in:

- bagno
- cucina
- angoli freddi
- vicino alle finestre
- nelle stanze poco riscaldate o poco arieggiate.

Oltre a rovinare le superfici, le muffe rilasciano nell'aria **spore e sostanze irritanti** che possono causare o peggiorare allergie, asma, riniti, irritazioni a occhi e vie respiratorie, soprattutto in bambini, anziani e persone sensibili.

Le cause principali sono:

- **umidità e condensa** (ad esempio per scarso isolamento termico delle pareti)
- abitudine a stendere il bucato in casa
- cucinare senza cappa o con finestre chiuse
- aerare poco gli ambienti
- infiltrazioni d'acqua o perdite.

Per la proliferazione delle muffe occorre che si verifichino le seguenti condizioni:

- presenza di umidità nell'ambiente e aria quasi ferma.

Le spore di alcune **muffe** come il fungo *Stachybotrys* rilasciano delle tossine che, nei polmoni, possono causare infiammazioni, particolarmente pericolose in bambini e anziani

Per **prevenire le muffe** è fondamentale mantenere l'umidità relativa tra il 40% e il 60%, arieggiare più volte al giorno con aperture brevi ma efficaci, usare cappe con scarico esterno durante la cottura e, se necessario, deumidificatori. Ma la **VERA soluzione è l'installazione di un sistema di Ventilazione Meccanica Controllata VMC**.

Nei casi più seri può essere utile intervenire sull'isolamento delle pareti fredde, ovvero eliminare i ponti termici. Quando la muffa è già presente, oltre a rimuoverla con prodotti specifici, è importante **risolvere la causa dell'umidità**, altrimenti il problema si ripresenterà.



OSSIDI DI AZOTO

Gli ossidi di azoto sono: biossido di azoto (NO_2) e monossido di azoto (NO), questi possono essere presenti in aria ambiente come gas di colore rosso bruno, di odore pungente e altamente tossico.

In ambienti indoor le sorgenti di NO_2 sono costituite dai fornelli da cucina, dalle stufe, dagli impianti di riscaldamento con caldaie interne e dal fumo di tabacco ambientale. Una fonte outdoor è rappresentata dal traffico veicolare e dalla presenza di garage o parcheggi coperti, essendo l' NO_2 contenuto anche nei gas di scarico degli autoveicoli. Ulteriore fonte sono le emissioni gassose convogliate di impianti civili e industriali (Fonte: UNI/PdR 122/2022)

- Unità di misura: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (microgrammi per metro cubo), ppm



AMIANTO

L'amianto, detto anche asbesto è un termine generico, commerciale, che raggruppa un insieme di minerali appartenenti alla serie degli anfiboli e dei serpentini, chimicamente costituiti da silicati idrati di calcio e magnesio.

Grazie alle sue proprietà, l'amianto è stato **ampiamente utilizzato nell'industria dal 1930**, sia in forma pura che miscelato ad altri materiali, ad esempio in associazione al cemento per formare il cemento-amianto (per la produzione di tegole, lastre piane e corrugate, condutture tubi, ecc.) o ad altre sostanze chimiche, per produrre isolanti termici o acustici.

La sola presenza dell'amianto, non rappresenta sempre un rischio, lo può diventare se il materiale che lo contiene è **degradato o danneggiato** in modo tale da disperdere le sue fibre nell'ambiente circostante, ad esempio per effetto di

sollecitazioni meccaniche, per stress termici, per dilavamento di acqua o anche per soli atti di vandalismo.

Malgrado la **L. 257/1992** abbia proibito l'impiego e la produzione dell'amianto e dei materiali contenenti amianto, il rischio di esposizione a tale minerale permane tuttora, poiché la maggior parte dei materiali contenenti amianto sono situati negli edifici pubblici, nelle scuole ed anche nelle abitazioni civili anteriori al 1980. (Fonte: *Progetto di mappatura dell'amianto nelle scuole, Lazio 2015*).

Le principali fonti all'interno degli edifici scolastici sono:

- pavimenti in vinilamianto
- isolante dietro ai radiatori
- intonaci
- guarnizioni caldaie
- pitture.



4 CAPITOLO

EFFETTI SULLA SALUTE

EFFETTI SULLA SALUTE

Numerosi **studi scientifici** confermano che la qualità dell'aria, sia interna che esterna, ha un impatto significativo sulla **salute umana**, con effetti acuti e cronici su vari sistemi dell'organismo. L'inquinamento atmosferico rappresenta uno dei principali fattori di rischio ambientale per la salute pubblica, come sottolineato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, che lo considera una delle principali cause di malattie e decessi prematuri a livello globale.

In Italia, l'inquinamento atmosferico è responsabile di molti decessi prematuri l'anno, soprattutto nelle aree urbane, dove l'esposizione è più elevata. Gli effetti documentati sulla salute includono l'aumento di **malattie cardiovascolari e respiratorie** (come asma e bronchiti), **tumori polmonari e una riduzione dell'aspettativa di vita**.

La qualità dell'aria interna, spesso sottovalutata, può essere peggiore di quella esterna soprattutto in ambienti urbani, a causa della combinazione tra inquinanti che penetrano dall'esterno e quelli generati all'interno. Gli **effetti nocivi** dell'inquinamento indoor comprendono sia sintomi acuti e reversibili (irritazione di occhi, naso e gola, mal di testa, affaticamento e vertigini) sia effetti cronici, come malattie respiratorie e tumori, che possono manifestarsi dopo anni di esposizione.

Particolarmente importanti sono i risultati di studi recenti che dimostrano come anche **basse concentrazioni di polveri sottili** (PM2.5 e PM0.1) in ambienti indoor

siano in grado di attivare risposte infiammatorie e meccanismi biochimici nel tessuto bronchiale umano, aumentando il rischio di malattie polmonari, cardiache e tumorali.

Un'eccessiva **umidità** e una **ventilazione inadeguata** favoriscono la proliferazione di agenti biologici (batteri, funghi, pollini, muffe), responsabili di allergie, asma e disturbi immunitari, oltre a influire negativamente anche su cute, mucose e sistema nervoso.

Studi epidemiologici e sperimentali mostrano inoltre che l'esposizione prolungata a CO₂ in ambienti chiusi, specie in assenza di adeguato ricambio d'aria, può **ridurre le performance cognitive** e compromettere l'apprendimento, in particolare nei bambini.

La letteratura scientifica degli ultimi anni evidenzia come la qualità dell'aria, sia interna che esterna, sia strettamente correlata all'insorgenza di **numeroso patologie**, sottolineando la necessità di strategie di monitoraggio, prevenzione e intervento mirate sia negli ambienti pubblici che privati.



SALUTE: ARIA INTERNA E ESTERNA

Secondo il sito dell'**Istituto Superiore di Sanità** "EpiCentro", la qualità dell'aria interna ed esterna è riconosciuta come uno dei principali fattori di rischio ambientale per la salute umana. L'inquinamento atmosferico, sia indoor che outdoor, è associato a un **aumento di malattie respiratorie, cardiovascolari e oncologiche**, con effetti documentati anche a concentrazioni inferiori ai limiti normativi storici.

QUALITÀ DELL'ARIA ESTERNA (OUTDOOR)

- Le più recenti linee guida OMS fissano limiti molto più stringenti per i principali inquinanti (PM2.5, PM10, NO₂, O₃, SO₂, CO), sulla base delle più recenti **evidenze epidemiologiche**.
- In Italia, gran parte delle stazioni di rilevamento supera i limiti raccomandati OMS per **PM10 e PM2.5**, specie nelle aree urbane e nel Bacino Padano.
- Il particolato fine (PM2.5) e gli ossidi di azoto (NO₂) sono particolarmente associati a malattie cardiovascolari, tumori polmonari, asma e BPCO, con stime di centinaia di migliaia di morti premature annuali in Europa attribuibili all'inquinamento atmosferico.

QUALITÀ DELL'ARIA INTERNA (INDOOR)

- L'aria negli ambienti interni può essere anche più inquinata di quella esterna, a causa della presenza di PM10, PM2.5, NO₂, formaldeide, benzene, composti organici volatili, radon, agenti biologici e muffe.
- La **legislazione** italiana sull'aria indoor è **ancora carente**, ma il sito ISS sottolinea

che trascorriamo la maggior parte del tempo in ambienti chiusi, rendendo particolarmente rilevante il rischio sanitario correlato.

Gli effetti sanitari dell'inquinamento indoor includono:

- Aumento di allergie, asma, infezioni respiratorie, irritazioni oculari e cutanee
- Rischio cancerogeno da esposizione a radon e formaldeide.
- Possibile aggravamento di patologie croniche in soggetti vulnerabili (bambini, anziani, immunodepressi).

Sintesi delle evidenze ISS

- Il Dipartimento Ambiente e Salute dell'ISS svolge attività di monitoraggio e ricerca sulle correlazioni tra inquinanti atmosferici e salute pubblica, confermando la relazione causale tra esposizione agli inquinanti e insorgenza di patologie
- Le raccomandazioni ISS prevedono strategie integrate di informazione, prevenzione e riduzione delle fonti di inquinamento, sia indoor che outdoor, per tutelare la salute della popolazione.

Secondo EpiCentro ISS, **sia l'inquinamento dell'aria esterna che quello degli ambienti chiusi** rappresentano fattori di rischio ben documentati per la salute pubblica, con effetti che vanno dalle patologie respiratorie e cardiovascolari fino ai tumori e alle malattie croniche, e richiedono interventi normativi e di prevenzione basati sulle più recenti evidenze scientifiche.

Fonte: www.epicentro.iss.it



5 CAPITOLO

RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI

RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI

A livello nazionale, **manca una normativa organica specifica**, anche se esistono riferimenti in diverse disposizioni:

- il **D.Lgs. 81/2008** sulla sicurezza nei luoghi di lavoro (che include diversi ambienti tra i quali gli uffici e le scuole),
- il **Decreto CAM Edilizia - 2025** (tratta il tema della qualità dell'aria e l'obbligo della ventilazione meccanica controllata – VMC - negli edifici pubblici) e le indicazioni tecniche relative all'efficienza energetica degli edifici che impattano anche sulla ventilazione.

La qualità dell'aria esterna è oggetto della **Direttiva UE 2024/2881** (DIRETTIVA (UE) 2024/2881 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2024 relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa), che ha introdotto ulteriori parametri di controllo, includendo limiti giornalieri per PM2.5 e NO₂, andando a modificare i limiti già in vigore, riducendoli.

Un ponte di collegamento tra la qualità dell'aria interna e quella esterna viene offerto dalla norma tecnica **UNI EN 16798-1**, dove viene trovata una correlazione tra l'outdoor (fuori dalla porta, ovvero ambiente esterno) e l'indoor (ovvero all'interno degli ambienti).

La qualità dell'aria interna rappresenta un ambito in rapida evoluzione nel settore edilizio, guidata da **normative** sempre più stringenti, evidenze scientifiche crescenti e avanzamento tecnologico.

Negli ultimi anni è in corso una importante transizione, caratterizzata dall'introduzione di nuovi standard normativi che richiedono un approccio più integrato e consapevole alla progettazione e gestione degli edifici.



La storica UNI 10339:1995 è stata ritirata il 4 luglio 2024, senza sostituzione. La **norma UNI EN 16798-1** è lo standard europeo per la ventilazione degli edifici.

Tale aggiornamento riflette l'evoluzione delle conoscenze scientifiche e delle tecnologie disponibili per il controllo della qualità dell'aria.

Un ulteriore impulso deriva dalla già menzionata Direttiva **EPBD Case Green**, con espliciti riferimenti alla qualità dell'aria nonché ambiziosi obiettivi energetici: entro il 2030 tutti gli edifici di nuova costruzione dovranno essere a emissioni zero, mentre entro il 2050 tale obbligo sarà esteso a tutto il patrimonio edilizio europeo esistente.

All'interno della Direttiva sono richiamati diversi concetti sulla **qualità dell'aria**, in particolare l'obbligo di monitoraggio per gli edifici non residenziali.

RIFERIMENTI NORMATIVI E ALTRI DOCUMENTI

Completano l'attuale contesto le norme tecniche e alcuni documenti di riferimento, di recente pubblicazione:

- [UNI/PdR 122:2022 \(monitoraggi IAQ nelle scuole\)](#)
- [UNI 11976:2025 \(monitoraggi IAQ\)](#)
- [Rapporto ISTISAN 25/15 \(qualità dell'aria negli uffici\)](#)

La **Prassi di Riferimento UNI/PdR 122:2022** dal titolo "Monitoraggio della qualità dell'aria negli edifici scolastici - Strumenti, strategie di campionamento e interpretazione delle misure" fornisce per ciascun parametro una descrizione, i dettagli per le misurazioni e un esempio di rappresentazione e di lettura dei dati. Sebbene la UNI/PdR 122:2022 sia relativa agli edifici scolastici, i suoi contenuti possono essere estesi anche ad altre destinazioni d'uso quali edifici residenziali e uffici.

Nel 2025 è stata pubblicata la norma **UNI 11976:2025**, che stabilisce criteri tecnici per la valutazione e il monitoraggio della qualità dell'aria interna negli edifici. La norma, rivolta agli immobili civili (residenziali, terziari e scolastici), stabilisce ai fini dell'ottenimento di condizioni di qualità dell'aria che garantiscano la salute degli occupanti, modalità standardizzate per garantire la ripetibilità e riproducibilità

del processo di registrazione delle informazioni per le valutazioni e i monitoraggi. Fornisce inoltre una check list per la raccolta delle informazioni necessarie alla valutazione dell'aria negli ambienti interni.

Rapporto ISTISAN 25/15 - Qualità dell'aria indoor negli uffici: strategie di monitoraggio degli inquinanti chimici e biologici. Obiettivo del documento è fornire delle corrette strategie di monitoraggio dell'aria indoor negli uffici sia per un'adeguata attività di misura, acquisizione, verifica e valutazione degli inquinanti chimici e biologici, sia per supportare adeguatamente specifici protocolli di prevenzione individuale e collettiva, con l'obiettivo di migliorare lo stato di salute del personale, e per ribadire il ruolo centrale di responsabilità nella promozione e tutela della salute nei luoghi di lavoro.

RIFERIMENTI PER GLI EDIFICI SCOLASTICI

Garantire **ambienti scolastici salubri** richiede un approccio multidisciplinare che integri progettazione architettonica, sistemi di ventilazione adeguati, monitoraggio della qualità dell'aria, manutenzione regolare e, non ultimo, un quadro normativo chiaro e vincolante che stabilisca standard minimi di qualità e procedure di controllo.

Dopo più di tre anni dalla pubblicazione del **DPCM 26 luglio 2022** per la qualità dell'aria negli edifici scolastici si propone un bilancio sulla sua applicazione e sulle critiche che da subito sono state evidenziate dalle Regioni e dalle Agenzia Provinciali e Regionali per l'Ambiente. Il DPCM 26 luglio 2022 stabilisce le linee guida sulle specifiche tecniche per l'adozione di **dispositivi mobili di purificazione e impianti fissi di aerazione negli ambienti scolastici**, definendo anche gli standard minimi di qualità dell'aria.

Il decreto sottolinea che la qualità dell'aria indoor è un requisito essenziale per la

salute della popolazione scolastica e per il suo sviluppo conoscitivo. Prima di ricorrere a dispositivi tecnologici, è necessario implementare misure basilari come l'assenza di arredi inquinanti e la corretta igiene delle superfici, verificando che la semplice ventilazione naturale attraverso l'apertura delle finestre non sia sufficiente a migliorare la qualità dell'aria.

Il documento stabilisce che la qualità dell'aria deve essere valutata attraverso il monitoraggio di **parametri specifici** quali CO₂, formaldeide, benzene, PM10, PM2.5, temperatura e umidità relativa.

Negli edifici scolastici pubblici, dal 2017 e con aggiornamento nel 2025 è obbligatorio applicare i CAM Edilizia per gli edifici nuovi e le ristrutturazioni/riqualificazioni energetiche. Dal 2022 e anche nella versione 2025 i CAM Edilizia **prescrivono la VMC (Ventilazione Meccanica Controllata) obbligatoria** definendo specifiche metodologie per il calcolo delle portate di ventilazione.



RIFERIMENTI PER GLI EDIFICI PER UFFICI

Anche un ufficio (sia pubblico che privato) può presentare un'elevata concentrazione di sostanze inquinanti, con un forte impatto sulla salute. Il tema assume particolare rilevanza considerando che i lavoratori trascorrono mediamente **8 ore al giorno** in spazi chiusi, dove l'esposizione prolungata a inquinanti può generare conseguenze significative sul benessere e sulla produttività.

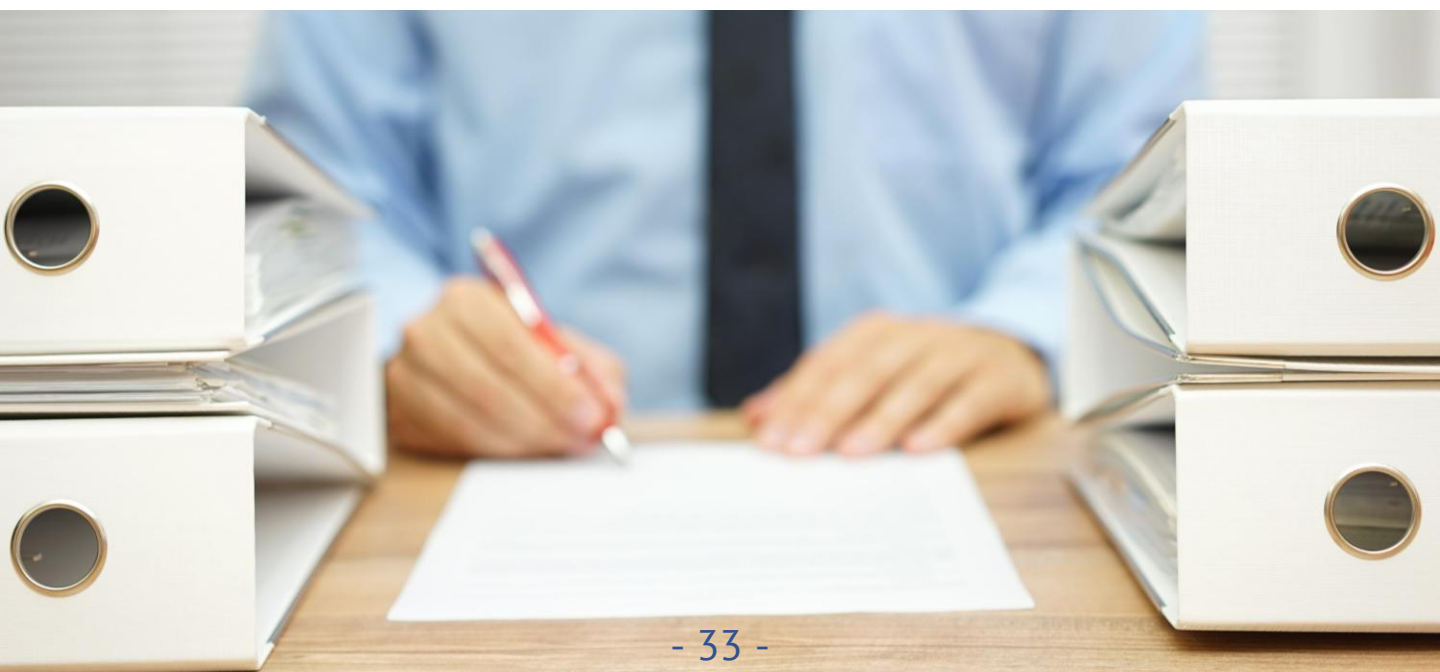
Il **datore di lavoro** è chiamato a effettuare regolarmente la valutazione dei rischi cui sono sottoposti i suoi dipendenti predisponendo le azioni necessarie per ridurre tali rischi anche relativi alla qualità dell'aria indoor (IAQ): indicatori, fattori di inquinamento e metodologie costruttive. Come già anticipato nel presente articolo l'Istituto Superiore di Sanità ha pubblicato nel 2025 un rapporto sulle **strategie di monitoraggio degli inquinanti chimici e biologici negli uffici**, pensato come supporto operativo per datori di lavoro, RSPP, tecnici della prevenzione e operatori del settore.

Gli edifici pubblici, che ospitano dipendenti della pubblica amministrazione e cittadini,

hanno una responsabilità ancora maggiore nel garantire ambienti salubri. Uffici comunali, sedi amministrative, tribunali e altri spazi pubblici devono essere esempi virtuosi di applicazione delle normative sulla qualità dell'aria.

La recente attenzione (dal 2022 e confermata con l'edizione 2025) alla **ventilazione meccanica obbligatoria per gli edifici pubblici** rappresenta un passo importante verso la tutela della salute collettiva, particolarmente rilevante dopo l'esperienza della pandemia che ha evidenziato l'importanza del ricambio d'aria nella prevenzione della trasmissione di agenti patogeni. La qualità dell'aria negli edifici per uffici, pubblici e privati, non è più un aspetto secondario ma una priorità per la salute dei lavoratori.

Investire in **sistemi di ventilazione adeguati**, monitoraggio continuo e manutenzione preventiva significa non solo rispettare gli obblighi normativi, ma creare ambienti di lavoro che favoriscano il benessere, riducano l'assenteismo e migliorino la produttività.



RIFERIMENTI PER GLI EDIFICI RESIDENZIALI

L'inquinamento dell'aria interna degli **edifici residenziali** rappresenta un danno non solo per le persone dal punto di vista del benessere e della salute, ma anche per le strutture architettoniche stesse.

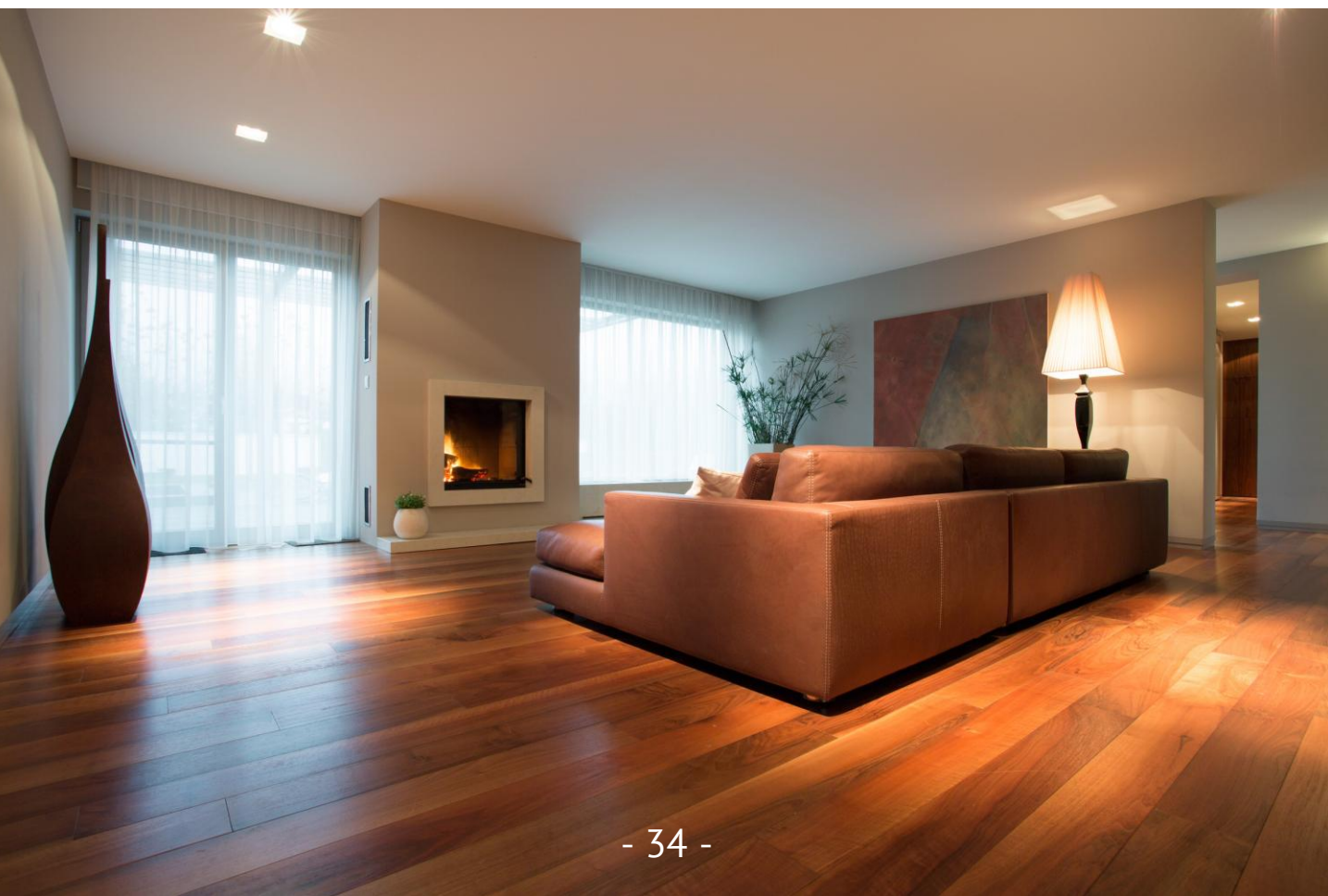
Gli inquinanti indoor sono molti e sono capaci di influenzare e peggiorare la salute delle persone. Le principali fonti di inquinamento nelle abitazioni includono materiali da costruzione, prodotti per la pulizia, fornelli a gas, umidità eccessiva che favorisce la formazione di muffe, e in alcuni contesti la presenza di radon proveniente dal terreno (o dai materiali da costruzione).

Per garantire ambienti residenziali salubri è fondamentale assicurare una ventilazione

adeguata attraverso la scelta di materiali a bassa emissione, il controllo dei livelli di umidità, la scelta di prodotti per la pulizia idonei (controllo delle fonti) e gestendo correttamente l'apertura delle finestre o installando sistemi di ventilazione meccanica controllata.

Il principale riferimento normativo per questi ambienti è la norma **UNI EN 16798-1** e il suo allegato tecnico (parte 2).

La UNI EN 16798-1 stabilisce i parametri di progetto e valutazione dell'ambiente interno (qualità dell'aria, comfort termico, illuminazione e acustica) ai fini della prestazione energetica degli edifici, aggiornando e sostituendo la precedente UNI EN 15251.



PROSPETTIVE FUTURE: IL PIANO NAZIONALE PER LA QUALITÀ DELL'ARIA

Sulla Gazzetta Ufficiale del **2 agosto 2025** è stato pubblicato il *Piano di azione nazionale per il miglioramento della qualità dell'aria*, approvato con delibera del Consiglio dei Ministri 20 giugno 2025.

Il Piano ha una dotazione finanziaria di circa 2,4 miliardi di euro, di cui 1,7 miliardi stanziati dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, e si articola in quattro principali ambiti di intervento:

1. Campagne di **comunicazione e sensibilizzazione** rivolte ai cittadini, per promuovere comportamenti virtuosi e sostenibili,
2. Riduzione delle **emissioni in agricoltura** attraverso l'adozione di tecniche a basso impatto emissivo,
3. Promozione della **mobilità sostenibile**, con

particolare attenzione al trasporto pubblico locale e alla mobilità condivisa,

4. **Efficientamento degli impianti** di riscaldamento civile, favorendo tecnologie meno inquinanti.

Il Piano individua per ogni misura le amministrazioni centrali, regionali e locali cui è demandata l'attuazione della misura.

Le amministrazioni, nel rispetto dei propri ruoli e delle rispettive competenze, individuano le **attività** da porre in essere per la realizzazione di **misure di breve e medio periodo di contrasto all'inquinamento atmosferico** in Italia definite dal Piano, avviando una collaborazione finalizzata alla salvaguardia, al miglioramento e al risanamento della qualità dell'aria ambiente.





6 CAPITOLO

CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

SINTESI DEI PUNTI CHIAVE

I principali inquinanti sono:

- Outdoor: PM2.5/PM10, NO2, O3, SO2, CO, benzene, ammoniaca (precursore di particolato secondario).
- Indoor: PM2.5, NO2 (soprattutto da cottura a gas), COV/VOC (es. formaldeide), radon, muffe/bioaerosol, fumo di tabacco, sottoprodotti di ozonizzazione.
- Effetti sulla salute: incremento di asma, infezioni respiratorie, eventi cardiovascolari, tumori, effetti su sviluppo nei bambini e aggravamento di patologie croniche negli anziani. Non esiste una soglia "sicura" per i principali inquinanti: i rischi crescono con l'esposizione.
- Esposizione reale: passiamo la maggior parte del tempo in ambienti chiusi, l'aria interna dipende sia da sorgenti indoor sia dall'infiltrazione dell'aria esterna.
- Standard e linee guida: valori guida OMS (2021) più stringenti per PM2.5, PM10, NO2, O3, in Europa nuova direttiva qualità dell'aria (2024) con obiettivi al 2030, per gli edifici, progettazione e gestione della qualità dell'aria interna secondo UNI EN 16798-1.
- Co-benefici: interventi su ventilazione, filtrazione ed eliminazione delle fonti di inquinanti migliorano salute, comfort e performance (scuola/uffici), riducendo al contempo emissioni climalteranti.



LINEE GUIDA PER LA PREVENZIONE

POLITICHE E TERRITORIO (OUTDOOR):

- Trasporti: meno traffico e più mobilità attiva, aree a basse emissioni, elettrificazione veicoli, logistica urbana efficiente.
- Riscaldamento civile: sostituzione di stufe/caldaie obsolete e a biomassa, elettrificazione (pompe di calore), efficienza dell'involucro.
- Industria e cantieri: abbattimento fumi/polveri, migliori pratiche e controlli.
- Agricoltura: riduzione emissioni (gestione reflui, coperture, tecniche di spandimento), pratiche a basse emissioni.
- Pianificazione urbana: verde, gestione polveri stradali, riduzione isole di calore.

EDIFICI E GESTIONE (INDOOR):

- Ventilazione: garantire ricambi d'aria adeguati in linea con UNI EN 16798-1, scegliere la ventilazione meccanica controllata con recupero di calore in residenziale/scuole/uffici.
- Filtrazione: filtri ad alta efficienza per particolato fine (classi secondo ISO 16890, efficaci su ePM1).
- Sorgenti: elettrificare la cottura (induzione)

o usare sempre cappe con scarico esterno, eliminare fumo indoor, scegliere materiali/arredi a basse emissioni, manutenzione regolare degli impianti, prevenire e sanare umidità e muffe.

- Radon: misurare in piani seminterrati/terra e intervenire quando vicini al livello di riferimento.
- Parametri target operativi: CO₂ preferibilmente sotto 1250 ppm (UNI EN 16798-1, Categoria II), umidità relativa 40 – 60%.

ABITUDINI INDIVIDUALI:

- Aerare correttamente (brevi aperture incrociate), evitare di ventilare nei picchi esterni di inquinamento. Se non presenti valutare l'installazione di sistemi di ricambio dell'aria
- Tenere puliti filtri/condotte, usare aspirapolvere con filtro ad alta efficienza.
- Evitare spray profumanti, incensi e candele, conservare prodotti chimici ben chiusi.
- Monitorare bollettini ARPA/indice qualità aria, ridurre attività fisica intensa all'aperto in caso di picchi.



PROSPETTIVE FUTURE

- **Normativa più stringente** outdoor (allineamento progressivo agli standard OMS) e crescente regolazione dell'aria indoor in residenziale/scuole/uffici, con requisiti minimi di ventilazione e monitoraggio.
- **Transizione energetica** negli edifici: elettrificazione del riscaldamento e della cottura, phase-out delle combustioni più inquinanti, ristrutturazioni profonde orientate anche alla salubrità.
- **Sensori diffusi e gestione smart:** reti di monitoraggio a basso costo, sistemi HVAC "demand-controlled" (in base alla CO₂), manutenzione predittiva.
- **Nuove sfide:** ondate di calore e ozono, fumo da incendi anche a lunga distanza, attenzione a ultrafini e semivolatili; equilibrio tra efficienza energetica e qualità dell'aria.
- **Salute pubblica ed equità:** priorità a scuole, residenziale sociale e aree ad alto carico di emissioni; programmi di comunicazione e coinvolgimento dei cittadini.



10 DOMANDE E RISPOSTE

1

Che differenza c'è tra PM10 e PM2.5?

Sono particelle solide/liquide sospese; PM2.5 è più fine, penetra più in profondità nei polmoni e ha effetti sanitari maggiori per unità di massa.

6

La cottura a gas è un problema per la qualità dell'aria?

Può produrre alcuni inquinanti legati alla combustione e particolato ultrafine, usa sempre cappa con scarico esterno e, se possibile, passa all'induzione.

2

È vero che l'aria indoor può essere peggiore di quella esterna?

Sì, per la presenza di sorgenti interne (cottura, fumo, VOC, muffe, radon) e ventilazione insufficiente, spesso l'aria esterna contribuisce ulteriormente.

7

È meglio ventilare o usare un purificatore?

L'unica strategia per un ottimale qualità dell'aria è il suo ricambio, che può avvenire mediante ventilazione (naturale e meccanica) o aerazione

3

Quali valori dovrei tenere d'occhio in casa/scuola/ufficio?

CO₂ come indicatore di ricambio dell'aria (meglio < 1250 ppm), PM2.5 il più possibile basso, umidità 40 – 60%.

8

Posso fare attività fisica all'aperto quando l'aria è inquinata?

È consigliabile sorvegliare i bollettini di ARPA e APPA e evitare lo sport all'aperto nelle giornate più inquinante

4

L'apertura delle finestre viene definita ventilazione naturale?

NO!! L'apertura delle finestre è definita aerazione, la ventilazione naturale invece deve essere progettata e gestita

9

Quali sono le destinazioni d'uso prioritarie per il tema della qualità dell'aria?

Residenziale, scuole e uffici

5

Che cos'è il radon e chi deve misurarlo?

È un gas radioattivo naturale che può accumularsi ai piani bassi oppure essere emanato da alcuni materiali. E' consigliata la misura in abitazioni ed è obbligatoria in alcuni luoghi di lavoro secondo la normativa.

10

Quale sarà il titolo del prossimo Quaderno Qvent?

Strategie di miglioramento della qualità dell'aria

Qvent



- Il Gruppo di lavoro Qvent ha come **obiettivo** la valorizzazione, la promozione e lo sviluppo dell'applicazione dei "Sistemi di ventilazione meccanica controllata – VMC" con finalità di miglioramento della qualità dell'aria e del comfort indoor.
- I sistemi sono comunemente denominati **Sistemi VMC** e sono applicati in tutte le destinazioni d'uso.
- Sono composti almeno da: una macchina di ventilazione con scambiatore di calore passivo, sistema di filtrazione e ventilatori, canalizzazione per la distribuzione dell'aria, sistema di regolazione e controllo.
- Il Gruppo di lavoro Qvent è stato fondato nel 2025 dalle seguenti aziende produttrici di sistemi VMC:

COMFORT ENGINEERING
MYDATEC
La VMC termodinamica

Per scoprire tutti i Quaderni Qvent:
<https://www.qvent.it/quaderni-qvent/>