



QAES - Qualità dell'Aria negli Edifici Scolastici

La qualità dell'aria interna (IAQ): inquinanti, concentrazioni, indicatori, valori limite



Programma di Cooperazione Interreg V A "Italia – Svizzera 2014-2020"
Progetto "Qualità dell'Aria negli Edifici Scolastici - QAES" (ID n. 613474)



Contenuti

- Indicatori per la valutazione del rischio
- Classificazione inquinanti
- Inquinanti presenti nelle scuole, fonti e limiti di esposizione

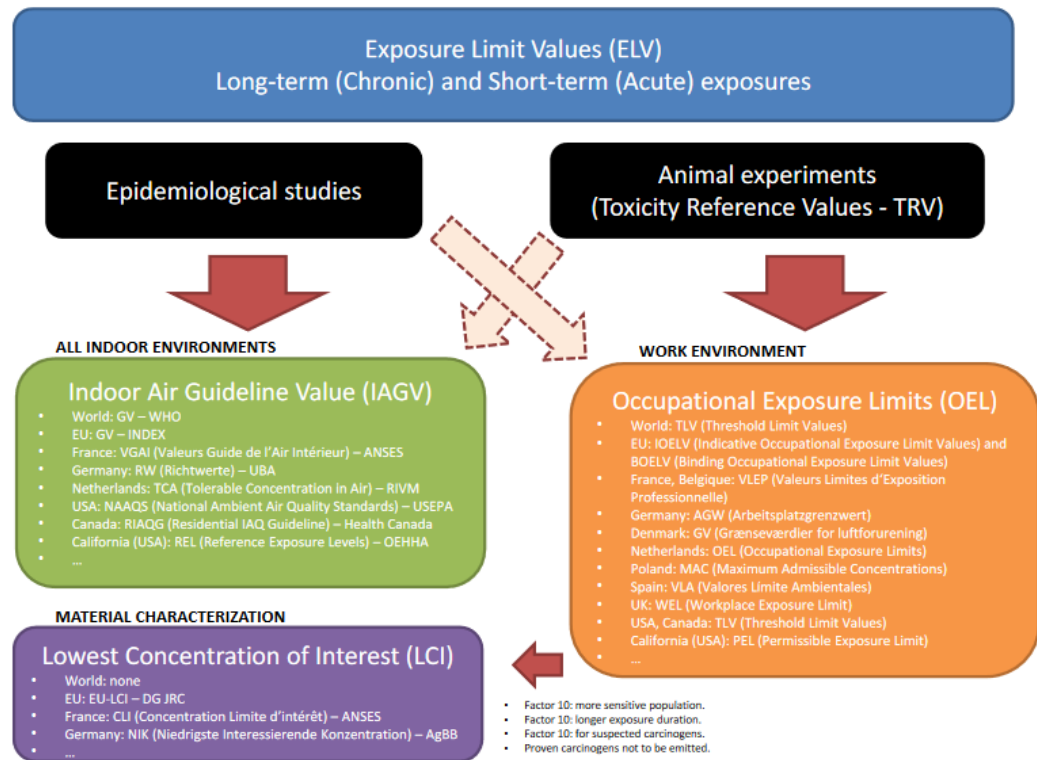


«È la dose che fa il veleno»

Paracelso

Exposure Limit Values (ELVs)

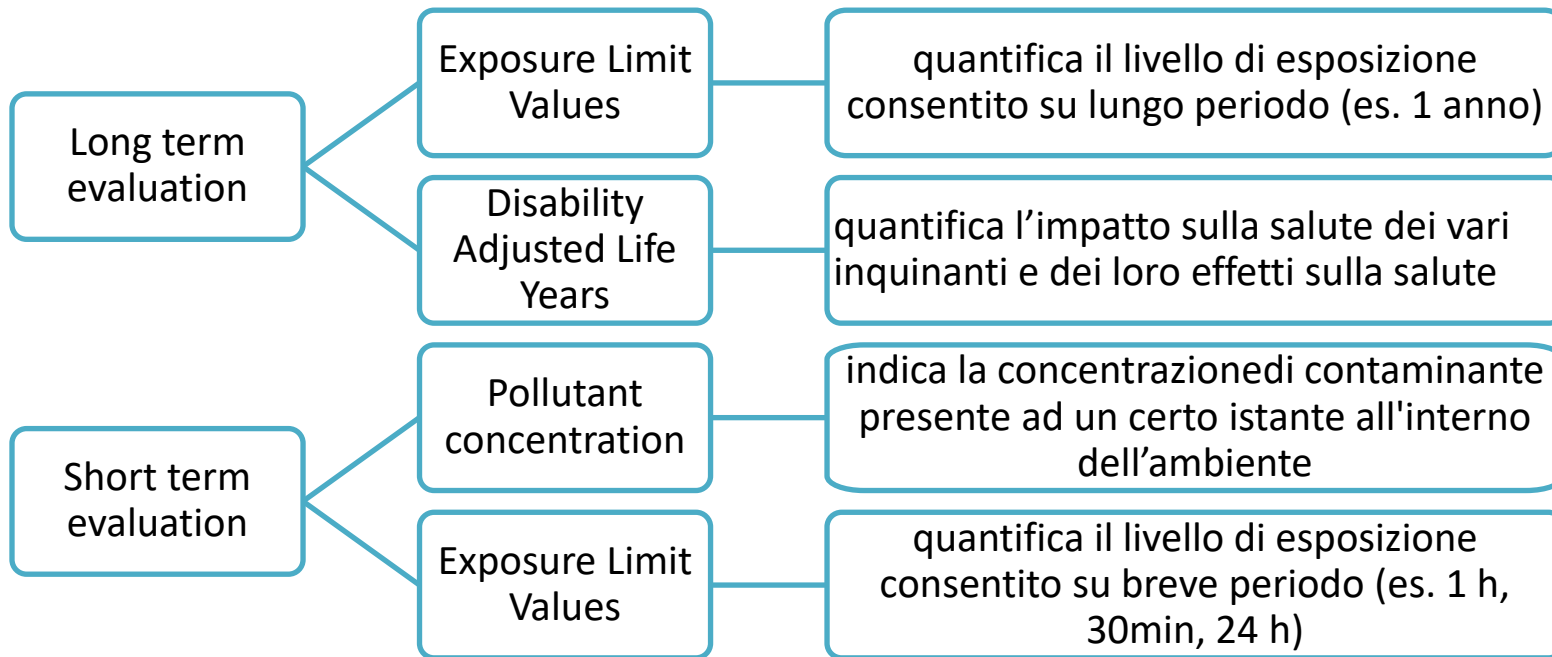
Limite di concentrazione al di sopra del quale l'esposizione comporta rischi per la salute.



Source: IEA Annex 68



Indicatori





Example short term ELVs

	ELV*	Averaging period
Acrolein	6.9	1 h
Carbon dioxide	1250	8 h
Formaldehyde	123	1 h
Nitrogen dioxide	470	1 h
PM10	50	24 h
PM2.5	25	24 h
Radon	400	8 h
TVOC	600	8 h

Periodo di riferimento:

Long term: 1 anno (concentrazione inquinante media durante l'anno) – può essere stimato con campagne di misura di 1-2 settimane in estate e in inverno

Short term > averaging period

Example long term ELVs

	ELV*
Acetaldehyde	48
Acrolein	0.35
α -pinene	200
Benzene	0.2
Formaldehyde	9
Naphthalene	2
Nitrogen dioxide	20
PM10	20
PM2.5	10
Radon	200
Styrene	30
Toluene	250
Trichloroethylene	2
Mold	200



Aspetti da tenere in considerazione

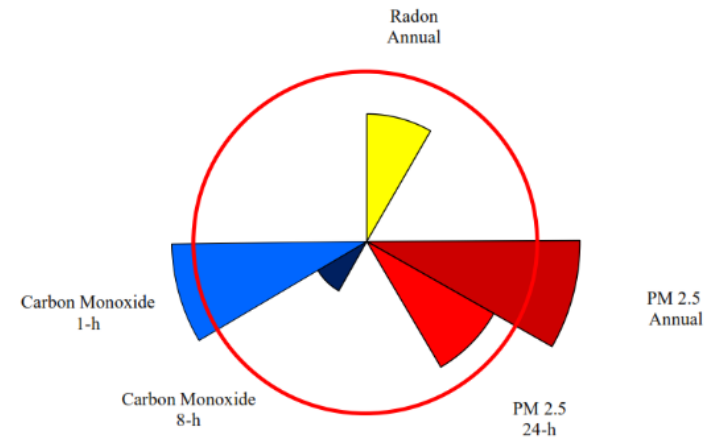
- Periodo di misurazione (long term = ca 1 anno, short term)
- Utilizzo (ore di occupazione, nr di studenti presenti e attività svolte dagli studenti)
- Concentrazione inquinanti outdoor
- Ricambi d'aria (infiltrazioni, ventilazione naturale e meccanica)

Indicatori basati su Exposure Limit Values

Long term ELVs

$$I_i = \frac{C_i}{ELV_i}$$

where C_i is the concentration of pollutant i and ELV_i its exposure limit value.



Source: Teichman et al, 2016

Short term ELVs

$$\sum h | C_i > ELV$$

Nr di intervalli temporali in cui la concentrazione di un inquinante supera il valore limite (ELV)



Disability-Adjusted Life Years (DALY)

DALY can be thought of as one lost year of "healthy" life. The sum of these DALYs across the population, or the burden of disease, can be thought of as a measurement of the gap between current health status and an ideal health situation where the entire population lives to an advanced age, free of disease and disability.

Source: WHO 2016

Può essere calcolato solo su long term exposures.



Disability-Adjusted Life Years (DALY)

$$DALYs = DALY \text{ factor} * \text{disease incidence}$$

DALY lost sono state stimate per ogni inquinante secondo due diversi metodi:

- Metodo intake-incidence-DALY (IND) basato su **dati epidemiologici** che quantificano il tasso di incidenza della malattia secondo funzioni C-R (concentration-response);
- Metodo intake-DALY (ID) method basato su **dati tossicologici di animali** che quantificano l'impatto sulla salute delle sostanze inquinanti inalate.



DALY – METODO IND

$$\Delta incidence = -\{y_0 * [exp(-\beta \Delta C_{exposure}) - 1]\} * population$$

y_0 = diffusione base della malattia per anno

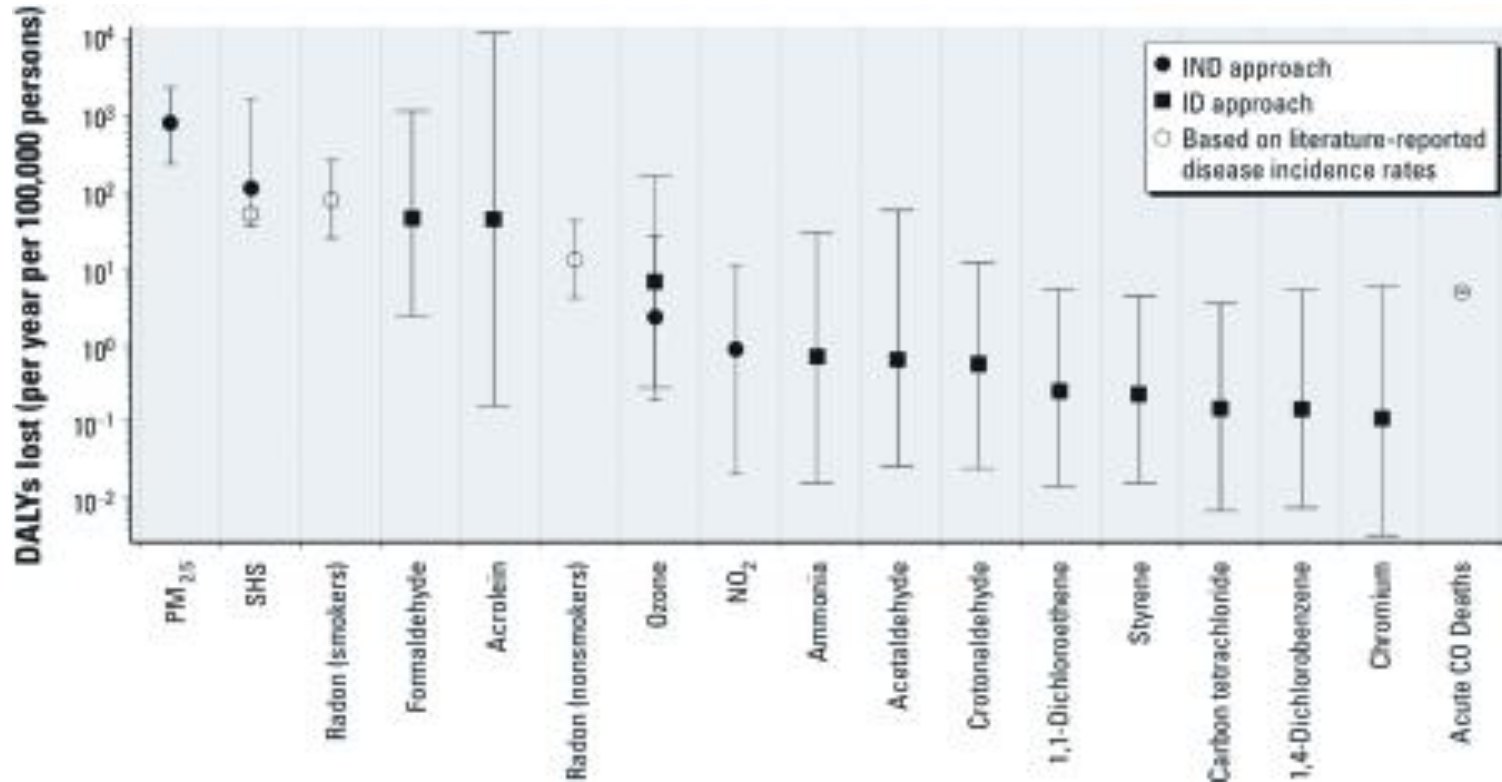
β = coefficiente del cambio di concentrazione

$\Delta C_{exposure}$ = concentrazione relativa all'esposizione, calcolata considerando la concentrazione media dell'inquinante ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) per la percentuale di occupazione dell'ambiente indoor

$population$ = nr di persone esposte (in genere ci si riferisce a 100'000 persone)



DALY



DALY calculate secondo ID method per persone in edifici residenziali negli US. Source: Logue et al., 2011



INQUINANTI PRESENTI NELLE SCUOLE

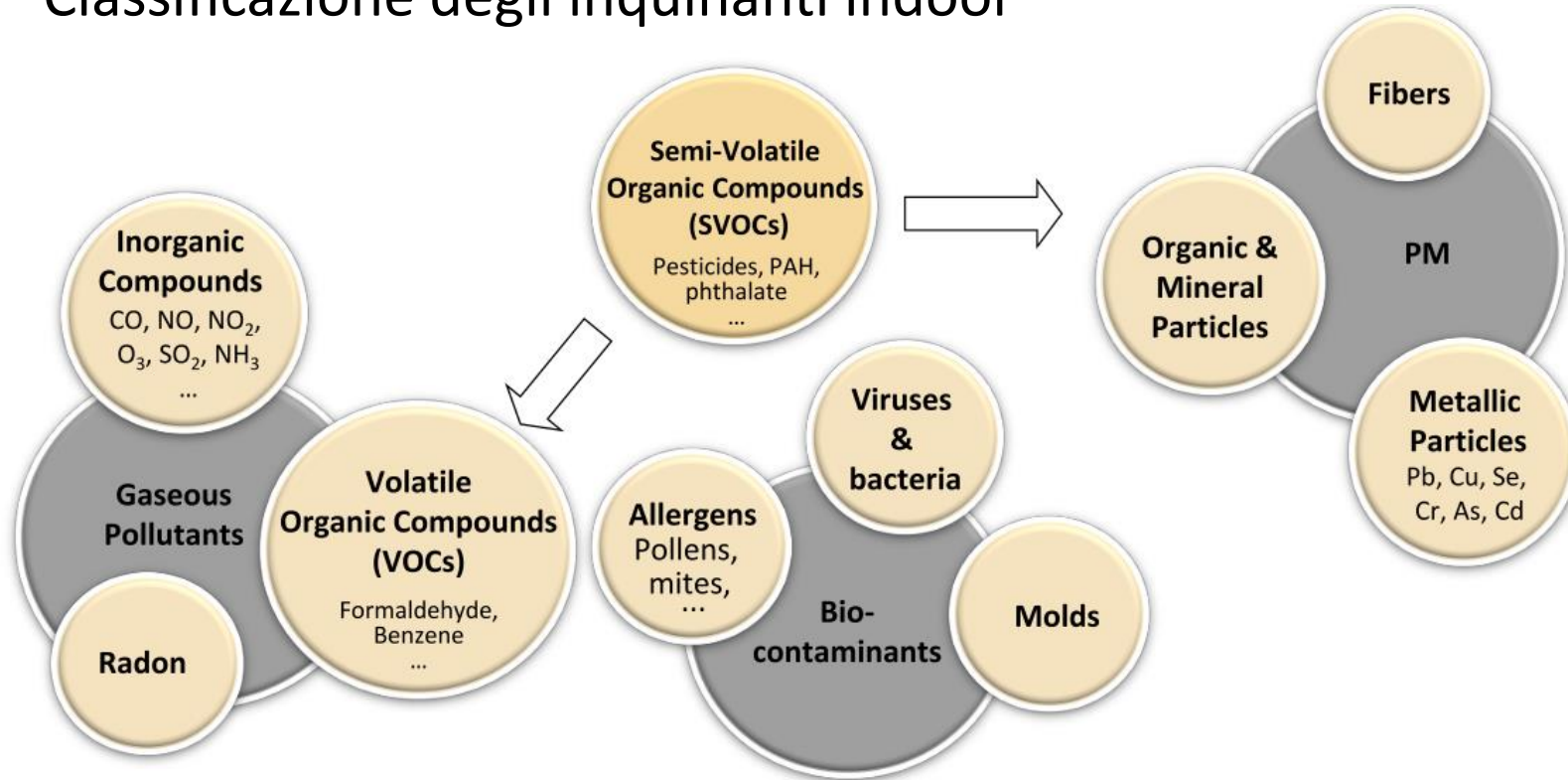


Fattori che influenzano la qualità dell'aria negli ambienti scolastici



Fonte: GARD-I (Baglioni et al., 2010)

Classificazione degli inquinanti indoor



Fonte: IEA Annex 68 (Marc O. Abadie, 2017)



Inquinanti nelle scuole europee

Fattori di natura chimico-fisica

- Formaldeide
- Benzene
- Naftalene
- Tricloroetilene
- Tetracloroetilene
- Benzo(a)pirene
- α -pinene
- d-limonene
- PM2.5
- PM10
- NO₂
- Ozono
- CO
- Radon

Fattori di natura microbiologica

- Endotossine
- Specifici gruppi fungini e batterici:
 - Penicillium/Aspergillus
 - Cladosporium herbarum
 - Aspergillus versicolor
 - Alternaria alternata
 - Trichoderma viride
 - Streptomyces spp.
 - Mycobacterium spp.
- Allergeni
 - Acari della polvere
 - Allergeni derivati da cavallo, gatto e cane

FONTE: progetto SINPHONIE (*Kephalopoulos, Csobod, & de Oliveira Fernandes, 2014*)



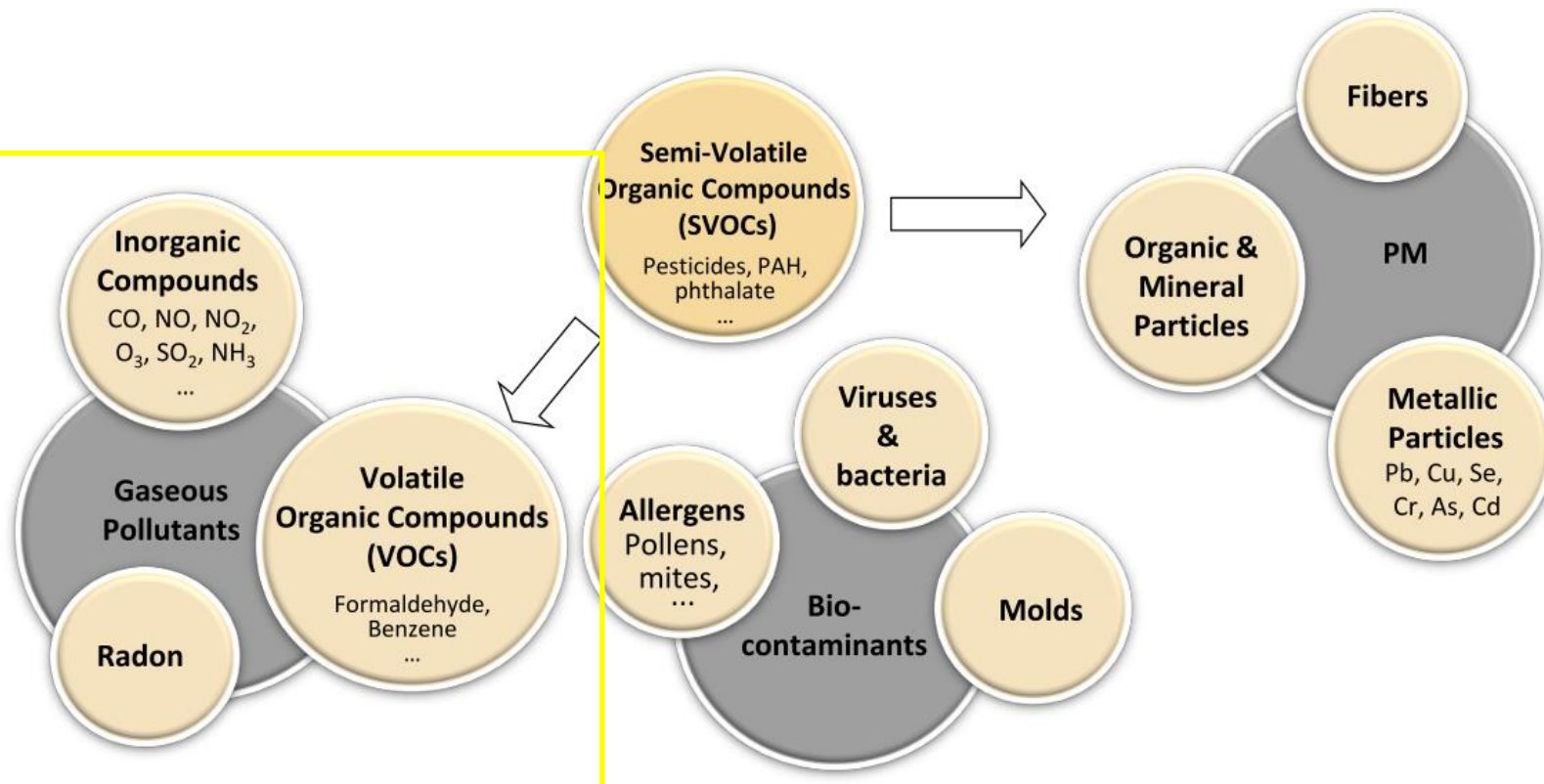
Inquinanti nelle scuole

INQUINANTE

- Caratteristiche
- Fonti
- Effetti sulla salute
- Valore limite di esposizione



- Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS)
- Environmental Protection Agency (EPA)
- American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE)
- Linee guida nazionali (es. “Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden - UmweltBundesAmt”, CAM italiani)



Classificazione degli inquinanti indoor - Annex68 (Marc O. Abadie, 2017)



Composti inorganici

OSSIDI DI AZOTO (NO_x)

Caratteristiche

diossido di azoto (NO₂), ossido di azoto (NO): gas tossici con NO che è un ossidante altamente reattivo e corrosivo. NO reagisce gradualmente con l'ossigeno presente nell'aria per formare NO₂.

Fonti

Inquinamento dell'aria esterna, derivante principalmente dai **processi di combustione (centrali termoelettriche, riscaldamento, traffico)**. Altre fonti indoor sono le stampanti e le fotocopiatrici, cucine didattiche (con fornello a gas), laboratori di chimica-fisica (bruciatore Bunsen)

Effetti

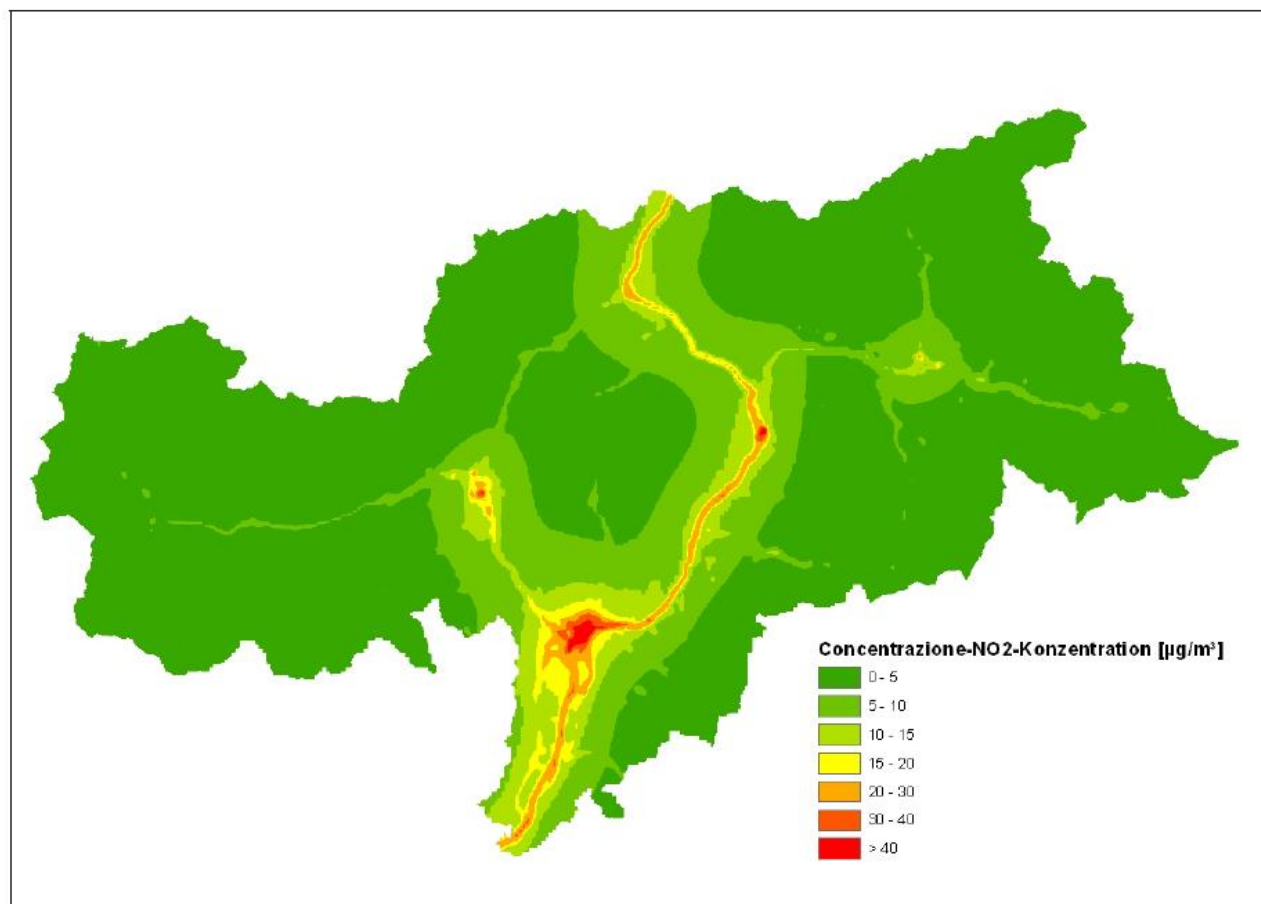
Il diossido di azoto è un gas irritante per l'apparato respiratorio e per gli occhi. Se inalato in quantità elevate può causare bronchiti fino anche a edemi polmonari e decesso.

Valore limite di esposizione

NO₂: 40 µg/m³ (1 anno) e 200 µg/m³ (1 ora) [WHO IAQ 2010, aggiornamento UE-INDEX 2009]



Concentrazioni medie annue di NO₂ misurate a Bolzano (2005)



Programma per la riduzione dell'inquinamento da NO₂ fino al 2015. Agenzia Provinciale per l'Ambiente. Provincia Autonoma di Bolzano – Alto Adige
https://www.comune.bolzano.it/UploadDocs/9140_9138_Programma_NOx.pdf



Composti inorganici

OZONO (O₃)

Caratteristiche

Presenta un tempo di dimezzamento breve (circa 30 minuti). Si origina principalmente nelle reazioni di fotossidazione dalla luce del sole o in presenza di forti campi elettrici o di lampade a luce UV.

Fonti

fotocopiatrici e stampanti laser o dispositivi per la sanificazione delle macchine di ventilazione. L'ozono entra anche per infiltrazione dall'esterno, specialmente in estate.

Effetti

In concentrazioni superiori a 0,05 ppm provoca secchezza delle mucose, mal di testa e, per valori oltre 1,7 ppm perfino edema polmonare.

Valore limite di esposizione

100 µg/m³ (8 h), valido sia per l'ambiente outdoor che indoor. [WHO AQ 2005]



Composti inorganici

MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)

Caratteristiche	Gas incolore, prodotto della combustione incompleta.
Fonti	Fonti esterne: traffico veicolare e sistemi di riscaldamento Fonti interne: cucine didattiche
Effetti	A livelli di esposizione bassi, può provocare una ridotta capacità di movimento e problemi cardiovascolari, congestizia, ictus, asma, tubercolosi e polmonite (WHO IAQ 2010). Concentrazioni elevate sono causa frequente di mortalità.
Valore limite di esposizione	100 mg/m ³ (15 min) 35 mg/m ³ (1 h) 10 mg/m ³ (8 h) 7 mg/m ³ (24 h) [WHO IAQ 2010]



Composti inorganici

ANIDRIDE CARBONICA (CO₂)

Caratteristiche	L'anidride carbonica (CO ₂) è un gas composto da 2 atomi di ossigeno e 1 atomo di carbonio.
Fonti	La CO ₂ è un prodotto di scarto della respirazione cellulare ed è prodotta dall'uomo con la respirazione. In caso di normale attività all'interno di una stanza, una persona adulta produce circa 20 l/h di CO ₂ , mentre i bambini circa 10 l/h. Il contenuto di CO ₂ nell'aria esterna è di circa 0,04% vol. o 400 ppm. Viene inoltre prodotta dalla combustione di un composto organico in presenza di ossigeno.
Effetti	Gli studi del chimico Pettenkofer – internazionalmente riconosciuti e considerati come standard - hanno dimostrato che le persone che si trovano in stanze con una concentrazione di CO ₂ sotto lo 0,1% (1.000 ppm) si sentono a loro agio, mentre con concentrazioni al di sopra dello 0,2% (2000 ppm) si sentono chiaramente a disagio , con diminuzione dell'attenzione, della capacità produttiva e del benessere generale.
Valore limite di esposizione	Il D.lgs. 81/2008 definisce per periodi di riferimento di 8 ore come valore limite di esposizione professionale (VLEP) per la CO ₂ 5000 ppm . La linea guida CasaClima School indica, in caso di ventilazione naturale, di non superare la soglia di 1500 ppm all'interno delle aule scolastiche e consiglia di mantenere il livello inferiore ai 1000 ppm . Secondo l'agenzia federale dell'ambiente tedesca : CO ₂ < 1000 ppm -> ottima qualità dell'aria indoor CO ₂ tra 1000 e 2000 ppm -> livello accettabile CO ₂ > 2000 ppm -> ambiente insalubre.

Composti inorganici

RADON	
Caratteristiche	gas nobile di origine naturale incolore e radioattivo, prodotto di disintegrazione dell'uranio
Fonti	<p>Presente nella crosta terrestre, il Radon penetra negli edifici attraverso crepe, fessure o punti aperti delle fondamenta. I fattori che incidono sulla concentrazione del Radon sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Condizioni dell'edificio - Permeabilità e concentrazione del Radon nel terreno - Ricambi d'aria
Effetti	malattie cancerogene che colpiscono l'apparato respiratorio. Il Radon è stato classificato come agente cancerogeno del gruppo 1 (accertato cancerogeno per l'uomo) [IARC, 1988].
Valore limite di esposizione	<p>< 500 Bq/m³ (media annuale) per luoghi di lavoro, scuole incluse [D.Lgs. 26 maggio 2000 n. 241]</p> <p>< 300 Bq/m³ (media annuale) [WHO IAQ 2010]</p> <p>L'OMS consiglia di rimanere sotto i 100 Bq/m³. Per i bambini è consigliato un livello di esposizione massimo pari a 167 Bq/m³ (WHO).</p>

<https://ambiente.provincia.bz.it/radiazioni/mappa-radon.asp>



Composti organici volatili

<p>Caratteristiche</p>	<p>I VOC sono inquinanti gassosi che possono provenire dall'esterno o da fonti interne: idrocarburi alifatici, aromatici e clorurati, aldeidi (es. formaldeide), terpeni, alcoli, eteri e chetoni, BTEX (benzene, toluene, etilbenzene e xilene). Sono stati identificati e classificati numerosi composti organici in fase gassosa presenti nell'aria degli ambienti confinati:</p> <ul style="list-style-type: none"> - VVOC ("Very volatile organic compounds"), composti molto volatili. - VOC ("Volatile organic compounds"), composti organici volatili in senso stretto. - SVOC ("Semivolatile organic compounds"), composti organici semivolatili. - POM ("Particulate organic matter"), composti associati con il particolato.
<p>Fonti</p>	<p>Mobili realizzati con prodotti in legno pressato (banchi, cattedre e armadi), pannelli isolanti o fonoassorbenti in schiuma di urea-formaldeide (UFFI), pavimenti in plastica, tende resistenti, moquettes e rivestimenti, altri tessuti e colle sono fonti di aldeidi</p> <p>L'emissione di VOC è più alta all'inizio della vita del prodotto e tende a diminuire notevolmente in tempi abbastanza brevi (da una settimana per i prodotti umidi, come vernici e adesivi, a sei mesi per altri composti chimici).</p> <p>La presenza di fumatori all'interno degli ambienti è anch'essa fonte di VOC.</p>
<p>Effetti</p>	<p>dal disagio sensoriale (sinusite, sfoghi della pelle) a gravi alterazioni dello stato di salute (ad esempio il benzene è considerato un inquinante cancerogeno).</p>
<p>Valore limite di esposizione</p>	<p>UE: tVOC (VOC totali) = 200 – 3000 µg/m³ (OMS)</p> <p>tVOC < 500 µg/m³ [CAM]</p>

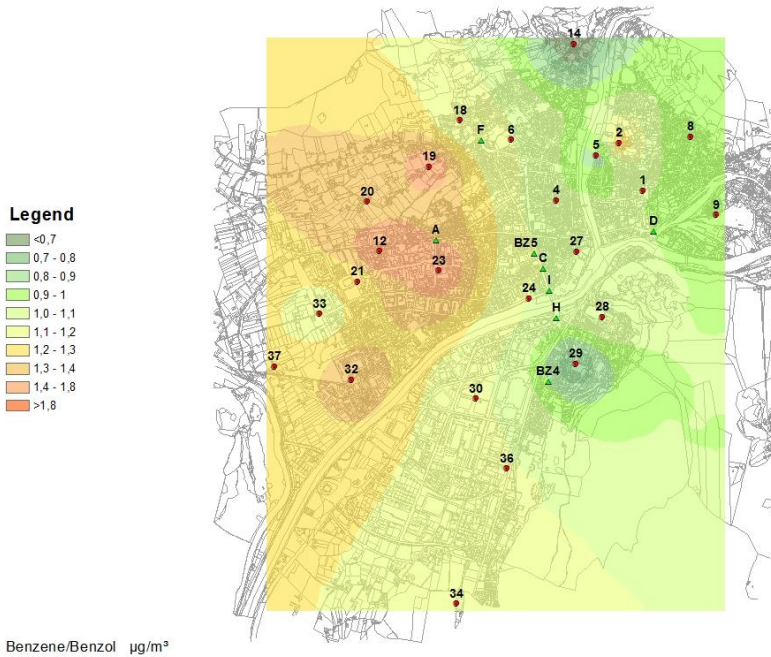


Composti organici volatili

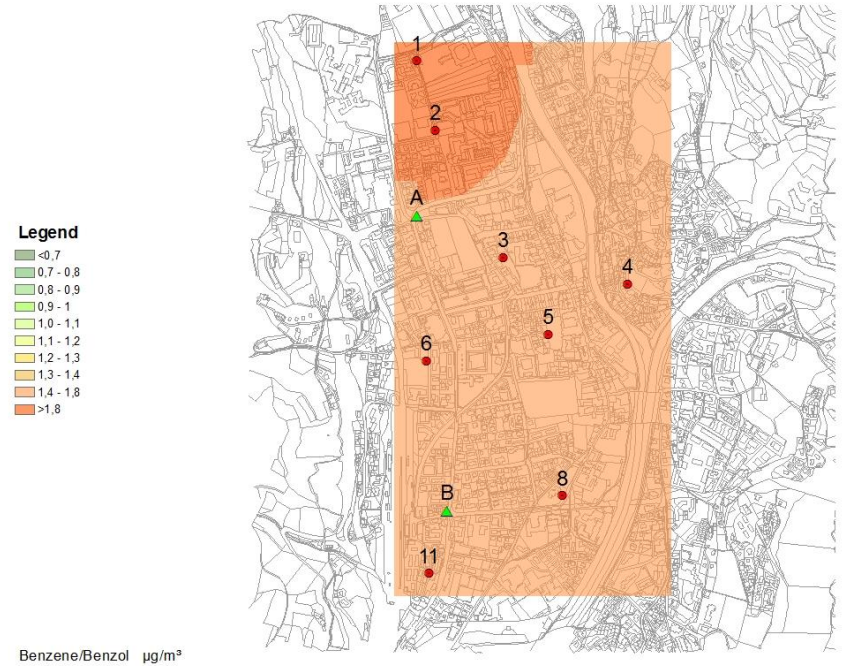
BTEX	
Caratteristiche	Benzene , toluene, etilbenzene, xilene: liquido incolore usato come solvente
Fonti	<p>Benzene: Pitture, vernici e lacche (mobili e materiali edili), pavimenti in gomma e PVC, materiali edili e detergenti, gas di scarico degli autoveicoli.</p> <p>Toluene: Pitture, vernici, inchiostri, detergenti, colle, lacche, rivestimenti</p> <p>Etilbenzene: Tappeti, Vernici resistenti all'acqua e mobili nuovi (<1anno)</p> <p>Xilene: Tappeti, Vernici resistenti all'acqua e mobili nuovi (<1anno). Prodotti per la pulizia</p>
Effetti	<p>Benzene è cancerogeno (gruppo 1) e provoca danni al sistema nervoso centrale.</p> <p>Toluene può provocare irritazioni delle mucose, sinusite e agisce sul sistema nervoso centrale. Etilbenzene e xilene provocano allergie.</p>
Valore limite di esposizione	<p>Benzene: 5 µg/m³ (1 anno) [direttiva UE sulla qualità dell'aria (2008/EC/50)], no safe level [WHO IAQ 2010], < 1 µg/m³ [CasaClima school]</p> <p>Toluene: 260 µg/m³ (7gg), 1000 µg/m³ (30 min) [WHO 2000], 100 µg/m³ [CAM], < 300 µg/m³ [CasaClima school]</p> <p>Etilbenzene: 442 µg/m³ [direttiva EU su VLE professionale 2000/39/CE]</p> <p>Xilene: 870 µg/m³ (1 anno) e 4800 µg/m³ (24h) [WHO IAQ 2010]</p>

Concentrazioni medie annuali di Benzene (2016)

Bolzano



Bressanone

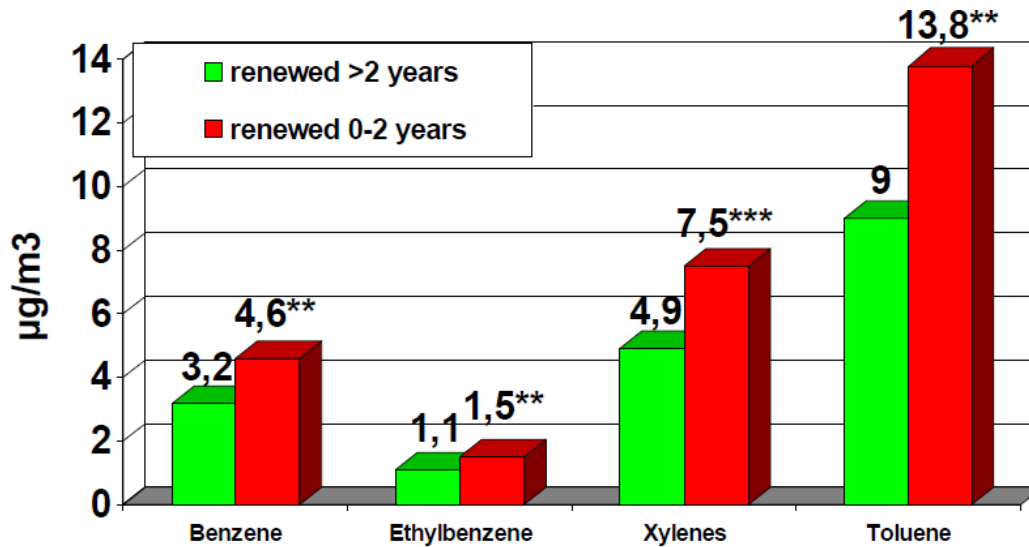


Fonte: <https://ambiente.provincia.bz.it/aria/campagne-misura-qualita-aria.asp>



Composti organici volatili

Correlazione tra concentrazione di VOC e recente rinnovamento delle aule



p<0.01 *p<0.001

Fonte: progetti SEARCH I e II



Composti organici volatili

LIMONENE

Caratteristiche	È utilizzato come agente aromatizzante in numerosi prodotti di consumo utilizzati in ambienti interni.
Fonti	Detergenti e prodotti per la pulizia
Effetti	irritazione degli occhi e delle vie respiratorie, specie in presenza di ozono.
Valore limite di esposizione	450 µg/m ³ [progetto EU-INDEX]



Composti organici volatili

TRICLOROETILENE

Caratteristiche	solvente industriale ampiamente utilizzato.
Fonti	mordenti per legno, vernici, prodotti per il finissaggio, adesivi, bianchetto, sverniciatori e alcuni detergenti.
Effetti	La IARC ha classificato il TCE come probabile cancerogeno per l'uomo (gruppo 2A) sulla base di elementi di prova sufficienti negli animali e limitati elementi di prova nell'uomo.
Valore limite di esposizione	No safe level < 1 µg/m ³ [CasaClima school]



Composti organici volatili

TETRACLOROETILENE

Caratteristiche	liquido incolore facilmente volatile con un odore simile all'etere
Fonti	adesivi, profumi, smacchiatori, finiture in tessuto, idrorepellenti, detergenti per legno e tessuti lavati a secco
Effetti	L'esposizione a PCE può colpire il sistema nervoso centrale, occhi, reni, fegato, polmoni, mucose e pelle. Il PCE è classificato dalla IARC come cancerogeno di gruppo 2A (probabile cancerogeno per l'uomo).
Valore limite di esposizione	250 µg/m ³ (1 anno) [WHO IAQ 2010]



Composti organici volatili

FORMALDEIDE

Caratteristiche

gas incolore con un odore acre ed irritante.

Fonti

Resine per la produzione di truciolato e prodotti in legno pressato (banchi, cattedre e armadi), **pannelli isolanti o fonoassorbenti** in schiuma di urea-formaldeide (UFFI), pavimenti in plastica, tende resistenti, moquettes e rivestimenti, prodotti isolanti, altri tessuti e colle, pennarelli indelebili.

Effetti

prodotti disinfettanti e conservanti (proprietà fungicide e battericide).

irritazione delle mucose degli occhi, irritazione delle prime vie respiratorie, irritazione della pelle, mal di testa, stanchezza e indisposizione;

in seguito all'esposizione per mesi o anni può causare diminuzione della funzionalità polmonare e aumento del rischio di infezioni croniche delle vie respiratorie, fino alla comparsa dei tumori nasofaringei: secondo l'Agencia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) vi è sufficiente evidenza che la formaldeide sia **cancerogena** per l'uomo ed è stata classificata come cancerogeno di categoria 1B (cioè una sostanza nota o presunta avere potenziale cancerogeno mutageno per gli esseri umani.).

Valore limite di esposizione

100 µg/m³ (30 minuti) [WHO IAQ 2010]
 30 µg/m³ (30 minuti) [progetto EU INDEX (2005)]
 < 60 µg/m³ valore massimo [CasaClima school]



Composti organici semi-volatili

IDROCARBURI AROMATICI POLICICLICI (PAH)

Caratteristiche

composti organici costituiti da anelli di benzene, molto diffusi nell'ambiente a causa delle loro proprietà chimico-fisiche che permettono di legarsi ad altre particelle aerodisperse (PM) oppure di diffondersi in forma gassosa nell'aria (ad esempio: **naftalene, acenaftilene, acenaftene, fluorene, fenantrene, antracene, fluorantene, pirene, benzo (a) antracene, crisene, benzo (b) fluorantene, benzo (k) fluorantene, benzo (a) pirene, dibenz (a, h) antracene, benzo (ghi) perilene, indeno (1,2,3-cd) pirene**)

Fonti

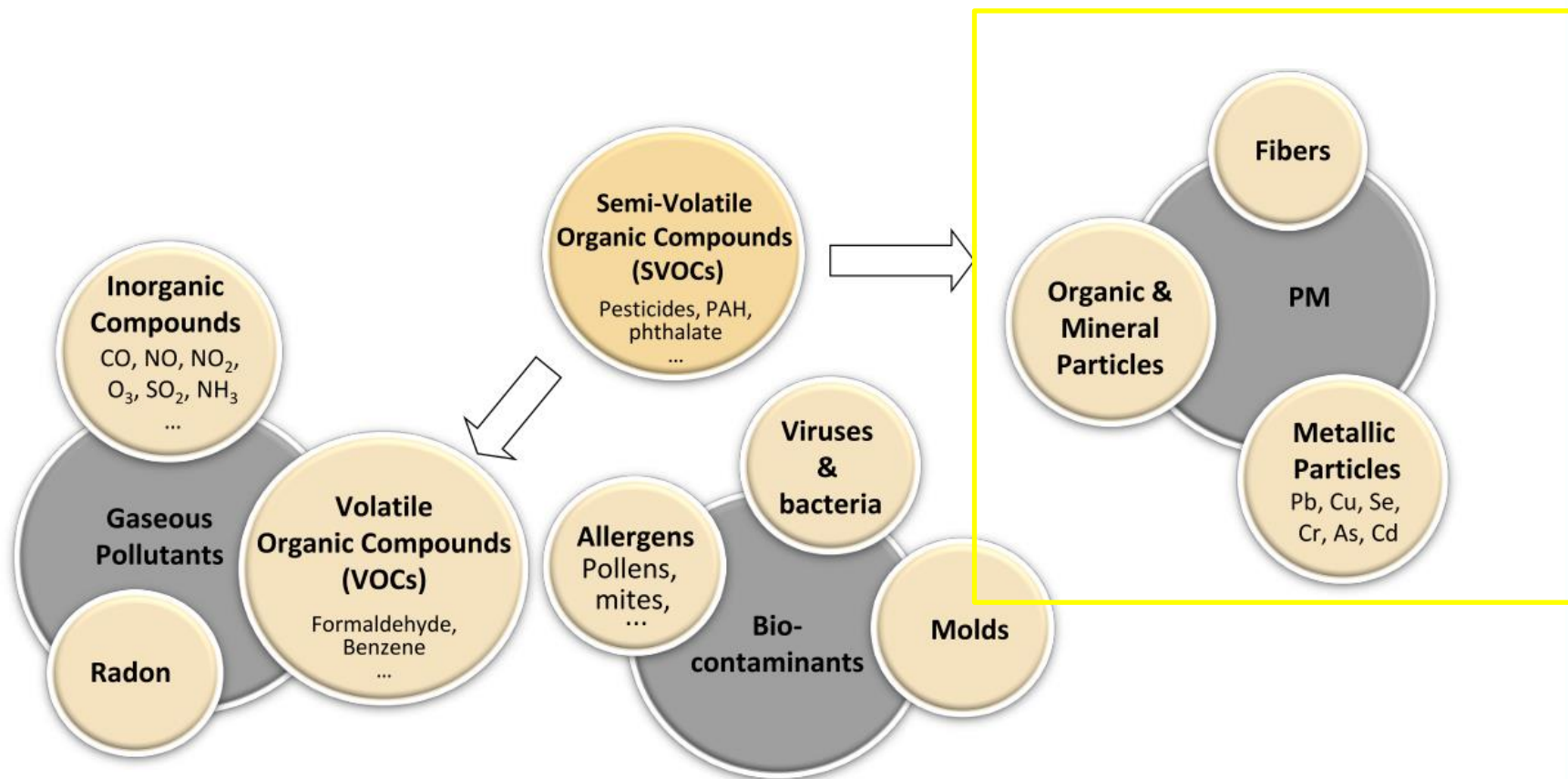
Prodotti dalla **combustione e dalla pirolisi di prodotti organici**: fumo di tabacco, gas di scarico di automobili e sistemi di riscaldamento sono tra le principali fonti. Le emissioni di naftalene provengono principalmente dagli scarichi degli autoveicoli, ma anche da deodoranti per servizi igienitici e insetticidi.

Effetti

Alcuni di questi composti hanno proprietà **tossiche, mutagene e cancerogene**. L'agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) ha classificato il **benzo (a) pirene** come cancerogeno per l'uomo (gruppo I, IARC, 2010), benz (a) antracene, dibenzo (a, l) pirene e dibenz (a, h) antracene come probabile cancerogeno (gruppo 2A; IARC, 2010), e naftalene, crisene, benzo (b) fluorantene, benzo (j) fluorantene, benzo (k) fluorantene e indeno (1,2,3-c, d) pirene come possibili cancerogeni (gruppo 2B, IARC, 2002, 2010).

Valore limite di esposizione

No safe level [WHO IAQ 2010]



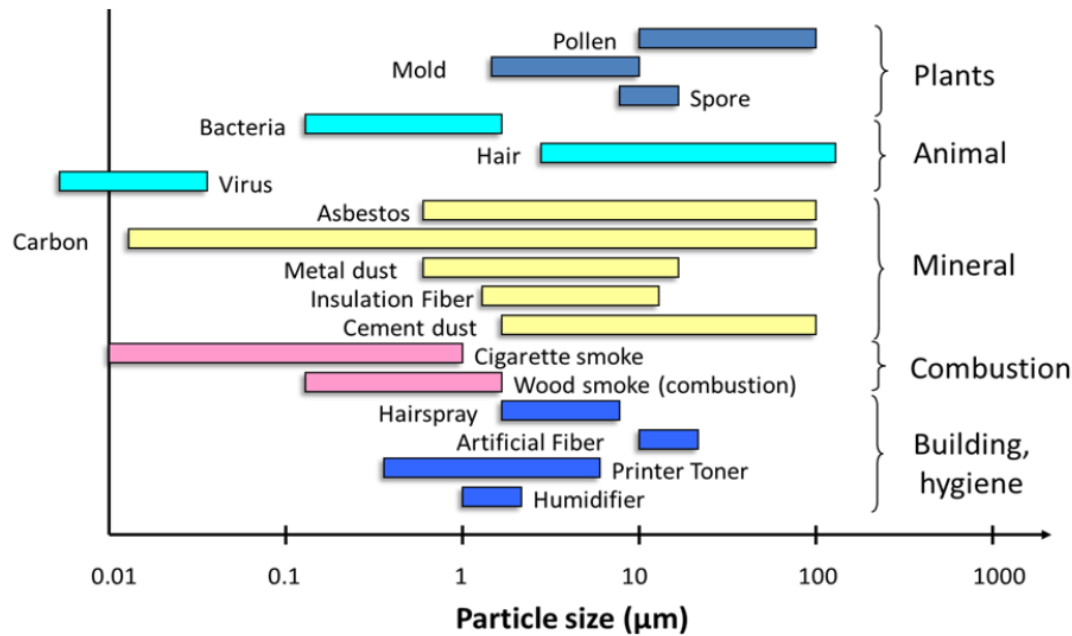
Classificazione degli inquinanti indoor - Annex68 (Marc O. Abadie, 2017)



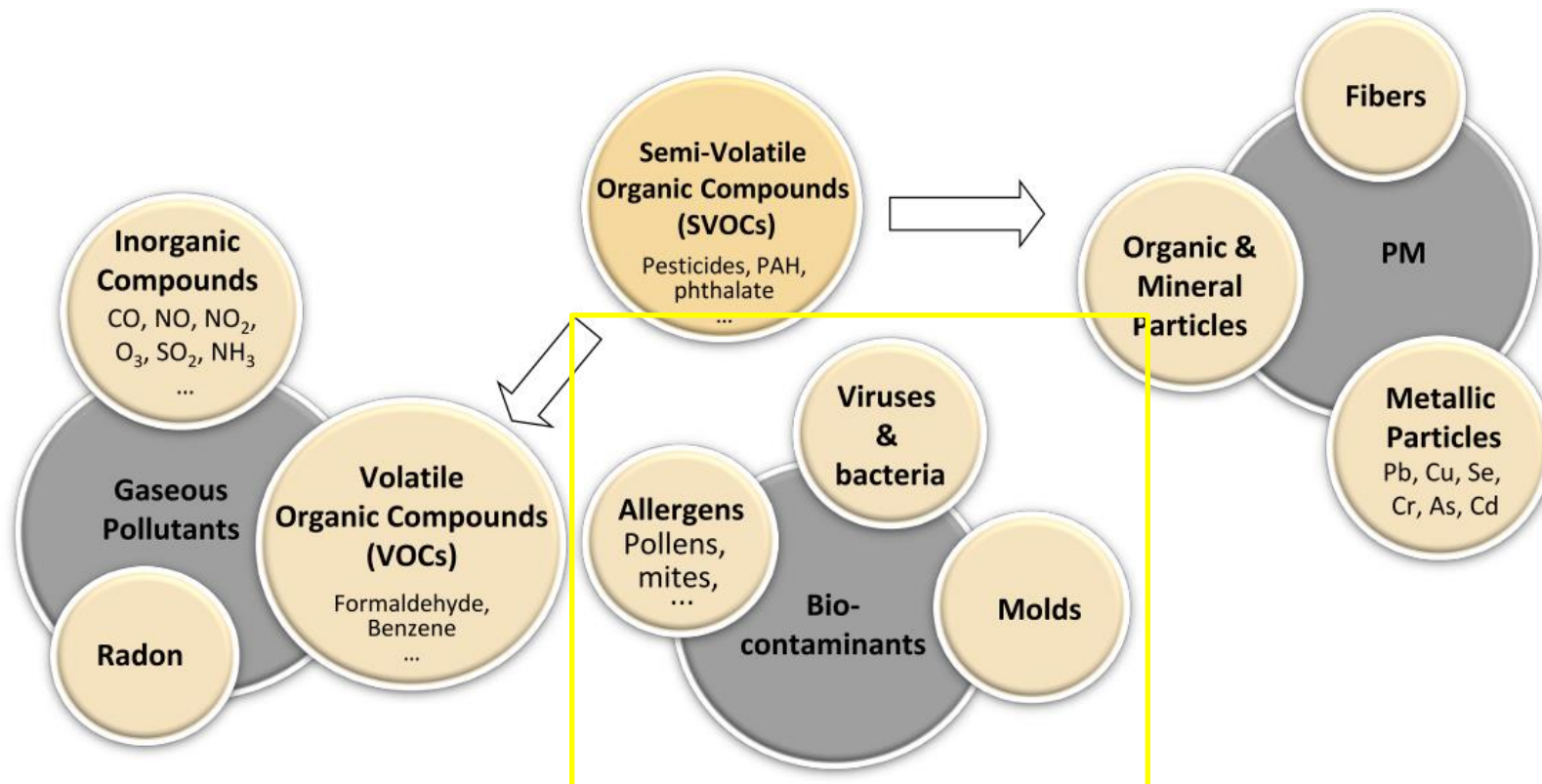
Particelle di particolato aerodisperso (PM)

Caratteristiche	<p>classificate in base al loro diametro:</p> <ul style="list-style-type: none"> ≤ 10 µm – PM10: abbastanza piccole da essere inalate. ≤ 2.5 µm – PM2.5 o particelle fini, abbastanza piccole da passare attraverso il tratto respiratorio superiore e raggiungere i polmoni ≤ 1 µm – PM1 o particelle submicroniche o molto fini, passano attraverso gli alveoli ≤ 0.1 µm – PM0.1 o nanoparticelle o particelle ultrafini, passano attraverso gli alveoli
Fonti	<p>occupanti (scaglie di pelle, fibre di tessuto, possibile condensazione di composti organici volatili), l'arredamento delle aule (lavagne, tavoli, sedie, ecc.) e l'uso di sistemi di condizionamento e riscaldamento dell'aria, giardino sabbioso, cucina, pulizia e uso di apparecchiature da ufficio (stampanti e macchine fotocopiatrici)</p>
Effetti	<p>esposizioni ad elevate concentrazioni di PM anche per brevi periodi possono causare effetti sul sistema cardiorespiratorio dei bambini</p>
Valore limite di esposizione	<p>PM10: 50 µg/m³ (24h) e 20 µg/m³ (1 anno) PM2.5: 25 µg/m³ (24h) e 10 µg/m³ (1 anno) [WHO AQ 2005]</p>

Particelle di particolato aerodisperso (PM)



Dimensione delle particelle sospese nell'aria interna in base alla loro origine (Owen et al., 1990)



Classificazione degli inquinanti indoor - Annex68 (Marc O. Abadie, 2017)



Contaminanti biologici

Caratteristiche	particelle organiche aerodisperse di dimensione dell'ordine dei micrometri, spesso legate ad altre particelle di dimensioni maggiori, costituite da microorganismi (es. acari della polvere), materiali biologici , batteri (es. legionelle), virus , funghi (muffe e lieviti), pollini .
Fonti	<p>Le fonti principali sono: persone, alimenti e rifiuti, aria esterna, presenza di polvere in manufatti tessili, presenza di acqua stagnante o da zone umide all'interno dei materiali da costruzione, umidificatori o condizionatori d'aria in caso di inadeguata manutenzione e pulizia delle macchine.</p> <p>Cattiva manutenzione e mancanza di pulizia possono creare le condizioni favorevoli per la proliferazione di tali contaminanti.</p> <p>Il sovraffollamento e la scarsa aerazione degli ambienti aumentano le occasioni di esposizione degli studenti per via aerogena ad agenti patogeni provenienti da portatori sani o asintomatici, o anche da portatori di malattie in fase di incubazione.</p>
Effetti	<p>Contrazione di malattie infettive: tubercolosi, morbillo, infezioni da stafilococco, influenza e malattia del legionario... per inalazione o per contatto diretto con un altro individuo o indiretto attraverso oggetti contaminati.</p> <p>manifestazioni allergiche causate da muffe, spore fungine, amebe, alghe, batteri, escrementi e derivati da acari, insetti e parassiti, pollini, endotossine, ecc...</p>
Valore limite di esposizione	Non esistono valori di riferimento relativi all'aria indoor.



Contaminanti biologici - indicatori

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

– *Carica batterica psicrofila*

batteri con crescita intorno ai 22°C (intervallo 15-30°C), considerati indicatori di contaminazione microbica ambientale;

– *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.

MPN/m³ = numero più probabile di microrganismi per metro cubo

Fonte: Rapporti ISTISAN 20/03 Qualità dell'aria indoor negli ambienti scolastici: strategie di monitoraggio degli inquinanti chimici e biologici



Quali sono le cause principali di inquinamento interno nelle scuole?

ATTREZZATURE EDILI, COMPONENTI E ARREDAMENTI

Attrezzature per il riscaldamento, la ventilazione e il condizionamento dell'aria (HVAC) - da vasche di raccolta, tubature, bobine e umidificatori	Muffa, polvere, legionella, agenti biologici, batteri
Impianto di generazione (combustione)	CO ₂ , CO, PM, PAH, NO _x
Scarichi a galleggiante asciutti che permettono il passaggio dei gas malsani	Gas tossici, agenti biologici
Materiali sporchi o danneggiati da acqua	Muffe, Acari, Allergeni
Arredi e pavimentazioni	VOC, Formaldeide, Benzene, muffe
Materiali da costruzione	VOC, Formaldeide, Composti inorganici, PM, Fibre minerali
Collanti, pitture, sigillanti, adesivi, vernici	VOC: Formaldeide, Benzene
Pannelli fonoassorbenti, materiali isolanti	Formaldeide
Tessuti (es. tende)	Formaldeide, Acari della polvere



Quali sono le cause principali di inquinamento interno nelle scuole?

FONTI ESTERNE

Fonti varie esterne	Pollini, polvere, spore, muffa, O3
Da emissioni industriali/da traffico veicolare	PM, PAH, NOx, SOx, VOC (Benzene)
Fonti sotterranee / Perdite da serbatoi sotterranei di stoccaggio	Radon, Pesticidi
Giardino sabbioso	PM

ALTRE POTENZIALI FONTI INTERNE

Attrezzature per ufficio come stampanti e fotocopiatrici	VOC, ozono, PM
Attrezzature da laboratorio	Inquinanti specifici a seconda del tipo di laboratorio
Giochi e peluche	Acari della polvere
Prodotti per le pulizie/deodoranti per ambienti, prodotti per disinfestazione	VOC, Pesticidi, PM, IPA
Pennarelli a secco	VOC: Formaldeide
Occupanti (da respirazione, indumenti, ecc)	CO2, agenti biologici (virus e batteri), PM
Presenza di fumatori	VOC, IPA
Insetti e altri parassiti	Agenti biologici, allergeni



Per ulteriori approfondimenti consultare:



Qualità dell'Aria negli Edifici Scolastici

WP3. Indagine sullo stato dell'arte e del mercato

Task 3.1 – Indagine sullo stato dell'arte: criteri e parametri che influenzano la qualità dell'aria negli edifici scolastici



Data: 31.07.2019
 Task Leader: Eurac Research – Istituto per le Energie Rinnovabili
 Autore: Chiara Ugolini
 Co-autori: Annamaria Belleri

© ALL RIGHTS RESERVED

Qualità dell'Aria negli Edifici Scolastici

WP3. Indagine sullo stato dell'arte e del mercato

Task 3.5 – Identificazione degli indicatori prestazionali



Data: 30.11.2019
 Task Leader: Eurac Research – Istituto per le Energie Rinnovabili
 Autore: Annamaria Belleri
 Co-autori: Francesco Babich, Simone Torresin

© ALL RIGHTS RESERVED



Reference

- Marc O. Abadie, Pawel Wargocki, Indoor Air Quality Design and Control in Low-energy Residential Buildings- Annex 68 | Subtask 1: Defining the metrics | In the search of indices to evaluate the Indoor Air Quality of low-energy residential buildings, 2017 <https://www.iea-ebc-annex68.org/documents/final-reports>
- Louis Cony Renaud Salis, Marc Abadie, Pawel Wargocki, Carsten Rode, Towards the definition of indicators for assessment of indoor air quality and energy performance in low-energy residential buildings, Energy and Buildings, Volume 152, 2017, Pages 492-502, ISSN 0378-7788, <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.07.054>
- WHO, 2010. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. World Health Organization Regional Office for Europe, Bonn, Germany. https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf
- WHO, 2005. Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf?ua=1
- The INDEX project final report, Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU, 2005. https://ec.europa.eu/health/ph_projects/2002/pollution/fp_pollution_2002_frep_02.pdf
- Sicurezza e benessere nelle scuole. Indagine sulla qualità dell'aria e sull'ergonomia. Inail 2015. https://www.inail.it/cs/internet/docs/allegato_sicurezza_e_benessere_nelle_scuole.pdf
- Logue, J. M., Price, P. N., Sherman, M. H., & Singer, B. C. (2012). A method to estimate the chronic health impact of air pollutants in U.S. residences. *Environmental health perspectives*, 120(2), 216–222. doi:10.1289/ehp.1104035
- WHO. 2016. DALY. http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/metrics_daly/en/