

Qualità dell'Aria Indoor

Mestre 20.02.2024 -ARPAV

Ambiente confinato

ambienti indoor si intendono gli ambienti confinati di vita e di lavoro non industriali:

- ▶ le abitazioni,
- ▶ gli uffici pubblici e privati,
- ▶ le strutture comunitarie (ospedali, scuole, caserme, alberghi, banche, etc.),
- ▶ locali destinati ad attività ricreative e/o sociali (cinema, bar, ristoranti, negozi, strutture sportive, etc.)
- ▶ mezzi di trasporto pubblici e/o privati (auto, treno, aereo, nave, etc.).



90%

Esposizione in Ambiente di Lavoro

ART.221 D.Lgs 81 del 2008 Campo di applicazione

- ▶ Il presente capo determina i requisiti minimi per la protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza che derivano, o possono derivare, dagli effetti di **agenti chimici presenti sul luogo di lavoro** o come risultato di ogni attività lavorativa che comporti la presenza di agenti chimici
- ▶ I requisiti individuati dal presente capo si applicano a tutti gli agenti chimici pericolosi che sono presenti sul luogo di lavoro

ART.221 D.Lgs 81 del 2008 Definizione: attività che comporta la presenza di agenti chimici

- ▶ attività che comporta la presenza di agenti chimici: ogni attività lavorativa in cui sono utilizzati agenti chimici, o se ne prevede l'utilizzo, in ogni tipo di procedimento, compresi la produzione, la manipolazione, l'immagazzinamento, il trasporto o l'eliminazione e il trattamento dei rifiuti, o che risultino da tale attività lavorativa;



Obiettivo dei monitoraggi indoor

- ▶ 1) rispondere ai reclami presentati dai fruitori degli ambienti;
- ▶ 2) condurre attività di sorveglianza a seguito di situazioni accertate di inquinamento;
- ▶ 3) condurre attività di sorveglianza per valutare l'efficacia di un eventuale rimedio adottato;
- ▶ 4) eseguire la raccolta di specifiche informazioni per agevolare i processi decisionali in sede di valutazione dell'esposizione della popolazione con riferimento ai diversi tempi di permanenza in un dato ambiente;
- ▶ 5) verificare il rispetto di valori guida stabiliti dalle autorità competenti.



Agenti Fisici

- ▶ Amianto
- ▶ Radon
- ▶ Fibre inorganiche (lana di vetro, lana di roccia ..)



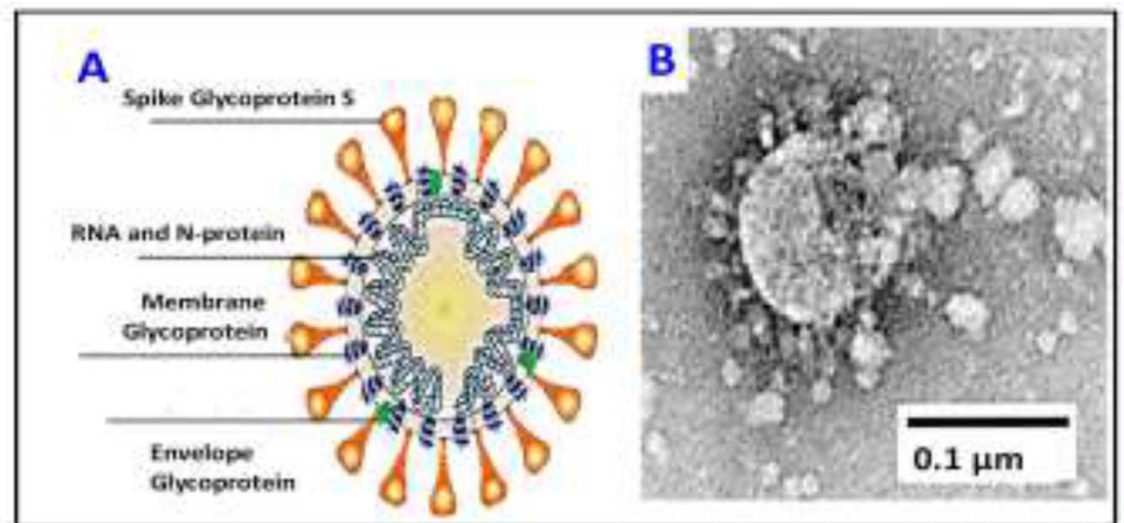
- ▶ Radon: prodotto dal decadimento del ^{238}U e del ^{226}Ra
- ▶ Gli isotopi radioattivi del Radon hanno peso atomico 220 e 222
- ▶ Il decadimento avviene per emissione di radiazione α
- ▶ TD 55,61 sec per isotopo 220 e 3824 giorni per isotopo 222

- ▶ Amianto o asbesto: Crisotilo, Amosite, **Crocidolite**, **Tremolite**, **Actinolite**, Antofilite
- ▶ Sono silicati di magnesio con diverse percentuali di sodio, calcio, ferro
- ▶ La pericolosità è data dalla conformazione delle fibre

- ▶ Fibre inorganiche: lana di vetro e di roccia
- ▶ Sono silicati amorfi facilmente espulsi dall'organismo
- ▶ Le fibre sono tenute assieme da resine⁵

Agenti Biologici

- ▶ Batteri
- ▶ Virus
- ▶ Pollini
- ▶ Muffe/Funghi
- ▶ Acari
- ▶ Blatte
- ▶ Parassiti ematofagi
- ▶ Allergeni Degli Animali Domestici



Agenti Chimici

- ▶ Anidride Carbonica (CO₂)
- ▶ Monossido di Carbonio (CO)
- ▶ Biossido di Azoto (NO₂)
- ▶ Biossido di Zolfo (SO₂)
- ▶ Composti Organici Volatili (VOC)
- ▶ Formaldeide (CH₂O)
- ▶ Benzene (C₆H₆)
- ▶ Idrocarburi Policiclici Aromatici
- ▶ Ozono (O₃)
- ▶ Particolato Aerodisperso
- ▶ Fumo di Tabacco Ambientale
- ▶ Pesticidi

NEUROPSYCHOLOGICAL DISORDERS

Cognitive dysfunction,
poor brain connectivity,
hyperactive behaviors,
delayed gross motor



RESPIRATORY PROBLEMS

Nose and throat irritation, asthma,
lung diseases



CARDIOVASCULAR CONDITIONS

Corona heart diseases, stroke,
hypertension



CANCER

Lung cancer, NPC carcinoma,
non-NPC upper
respiratory tract carcinoma,
brain tumors, leukemia



EYES

Eye irritation



SKIN

Allergic contact dermatitis



INFANT BIRTH OUTCOMES

Low birth weight,
small head circumference



KIDNEY

Risk of end-stage renal disease



RADON

Il radon è un gas radioattivo naturale, prodotto dal decadimento radioattivo del radio, generato a sua volta dal decadimento dell'uranio, elementi presenti, in quantità variabili, ovunque nella crosta terrestre.

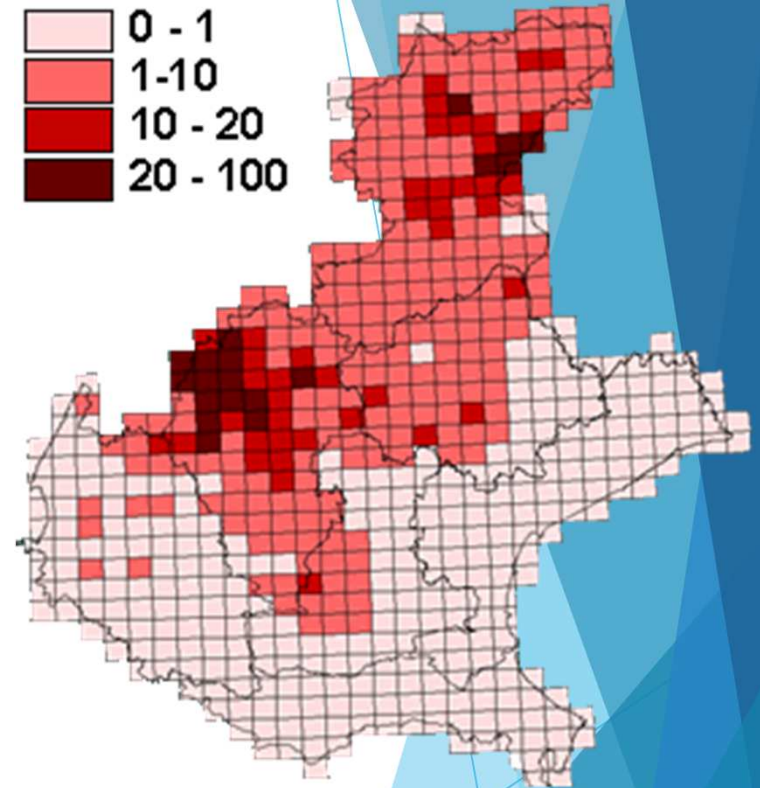
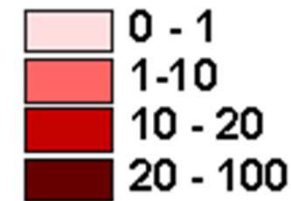
La principale fonte di emissione di radon nell'ambiente è il suolo, insieme ad alcuni materiali da costruzione, ad esempio, tufo vulcanico. Il radon fuoriesce dal terreno, dai materiali da costruzione e dall'acqua: può accumularsi negli ambienti chiusi, raggiungendo concentrazioni elevate. In queste situazioni, se inalato a lungo, il radon è pericoloso.

Il Radon copre il 52% dell'esposizione alla radiazione naturale

È considerata la seconda causa di tumore al polmone dopo il fumo di sigaretta. Il rischio di contrarre il tumore aumenta in proporzione all'esposizione al gas. In Veneto si stima che ogni anno circa 300 persone contraggano il cancro ai polmoni causato dal radon

Nel periodo 1989 - 94 è stata realizzata un'indagine nazionale sull'esposizione al radon nelle abitazioni che ha quantificato in 70 Bq/m³ la concentrazione media italiana e in 59 Bq/m³ quella media del Veneto

WHO raccomanda valori di riferimento nazionali inferiori a 100 Bq/mc



% di case con valori attesi
> 200Bq/mc

Misure passive di Radon:

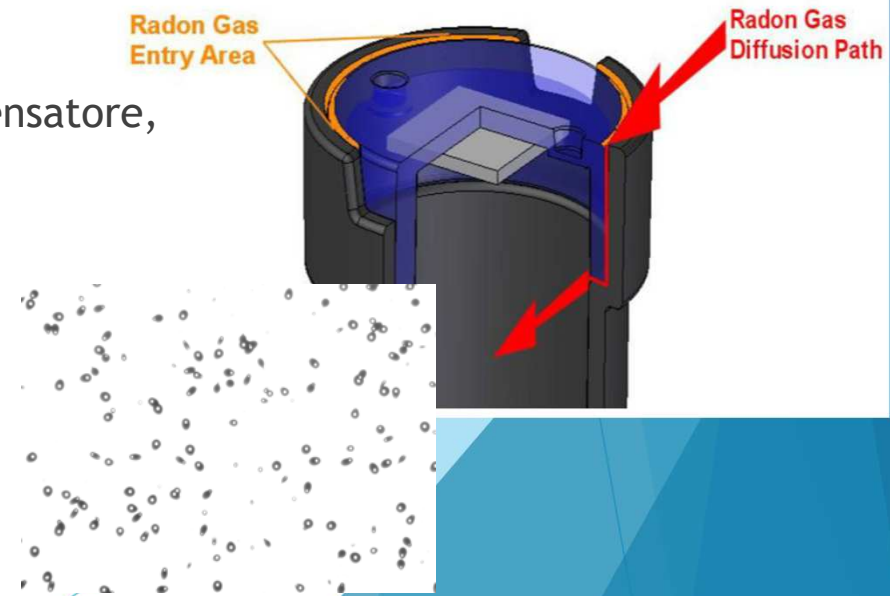
- ▶ Dosimetri passivi: UNI EN ISO 11665-4:2021

I più utilizzati sono costituiti da un materiale polimerico (es CR-39) dove le particelle alfa emesse dal radon e dai prodotti di decadimento lasciano delle tracce latenti dovute alla rottura del polimero, le tracce vengono poi evidenziate mediante un procedimento chimico (bagno in soda) e rilevate tramite microscopio ottico automatizzato.

Le misure passive hanno tempi lunghi di esposizione, superiori anche a 4 mesi, il LOQ è indicato in 5 Bq/mc

Altri dosimetri passivi sono:

- ▶ ad elettrete: misura l'alterazione della carica di un condensatore, a causa del passaggio di particelle ionizzanti
- ▶ carbone attivo, assorbe il radon, in laboratorio si misurano tramite lettura della radiazione gamma i prodotti di decadimento del radon, in particolare ^{214}Bi , ^{208}Tl



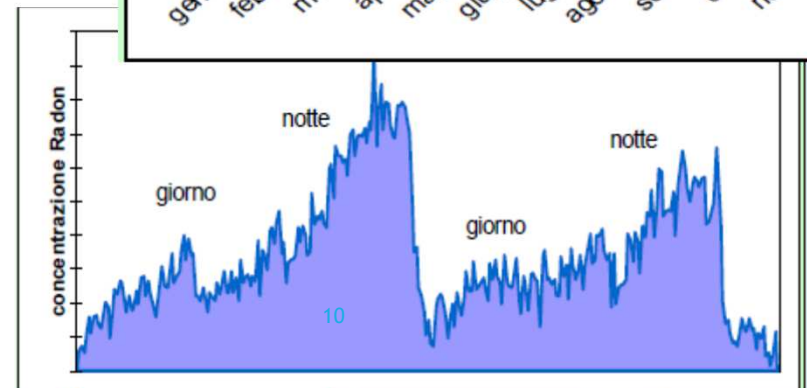
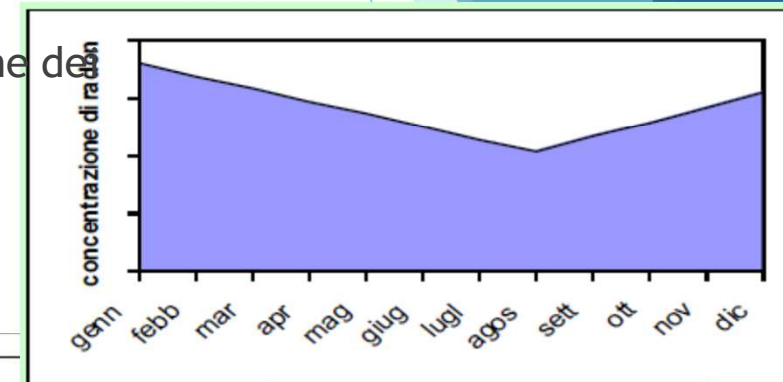
Misure attive di Radon

- ▶ Rivelatori a camera a ionizzazione (AlphaGuard range da 2 a 2×10^6 Bq/mc)
- ▶ Rivelatori a stato solido

Sono utile per la verifica delle procedure messe in atto per la sanificazione dei locali, la loro bonifica.

Le operazioni per ridurre l'impatto del radon in dipendenza delle varie cause possono essere:

- ▶ Rimozione dei materiali di costruzione
- ▶ Impermeabilizzazione dell'edificio
- ▶ Aerazione dell'edificio con ventilazione forzata
- ▶ ...



Radon e normativa

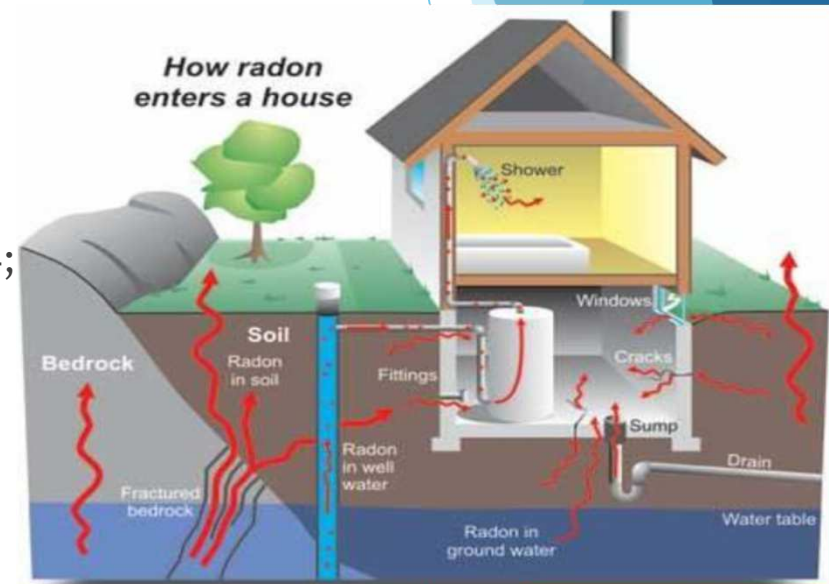
- ▶ Legislazione: D.Lgs 101/2020 applicazione della Direttiva 2013/59/Euratom

I livelli massimi di riferimento per le abitazioni e i luoghi di lavoro, espressi in termini di valore medio annuo della concentrazione di attività di radon in aria, sono di seguito indicati:

- 300 Bq m⁻³ in termini di concentrazione media annua di attività di radon in aria per le abitazioni esistenti;
 - 200 Bq m⁻³ in termini di concentrazione media annua di attività di radon in aria per abitazioni costruite dopo il 31 dicembre 2024;
- ▶ WHO guidelines 2000

No guideline value for radon concentration is recommended. Nevertheless, the risk can be reduced effectively based on procedures that include optimization and evaluation of available control techniques. In general, simple remedial measures should be considered for buildings with radon progeny concentrations of more than 100 Bq/m³ equilibrium equivalent radon as an annual average

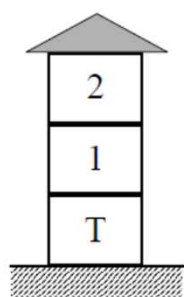
- ▶ Il Radon è stato inserito nell'Accordo Stato Regione del 27 settembre del 2001



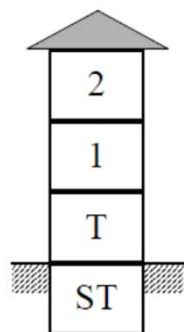
Radon Scuole

- ▶ ARPAV ha condotto una campagna di monitoraggio in 260 scuole nei comuni di Padova, Treviso e Verona dal 2010 al 2014 utilizzando campionatori passivi Radosys

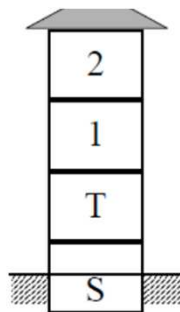
Provincia	n. scuole monitorate	Valore medio (Bq/m ³)	Valore minimo (Bq/m ³)	Valore massimo (Bq/m ³)	% edifici con almeno un locale con superamento di 500 Bq/m ³
Padova	89	66	20	260	0 % (0 su 89)
Treviso	35	98	28	356	3% (1 su 35)
Verona	136	94	28	377	0% (0 su 136)
Totale	260	85	20	377	0,4% (1 su 260)



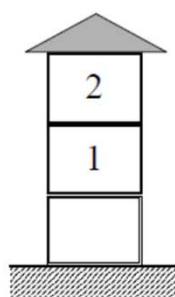
1: Sopra il terreno



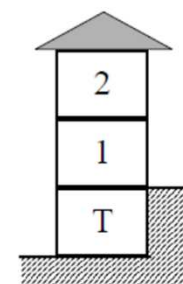
2: Sotterraneo



3: Seminterrato



4: Su pilastri



5: Interrato o seminterrato su alcuni lati

Amianto

- ▶ In Veneto Al 2020 sono stati censiti complessivamente 1348 siti con presenza di amianto, di cui 354 già bonificati e 198 parzialmente bonificati.
- ▶ Con la legge n.257 del 27 marzo 1992 l'Italia ha dichiarato fuori legge l'amianto. La liberazione di fibre all'interno degli edifici può avvenire per deterioramento o danneggiamento di materiali costruttivi
- ▶ Sulla base di una serie di studi nel 1986 la World Health Organisation (WHO) definì implicitamente pericolose tutte le fibre con lunghezza > 5 µm, diametro < 3 µm e rapporto dimensionale L/D ≥ 3,.



Table 14. Estimates of mesothelioma risk resulting from lifetime exposure to asbestos

Risk of mesothelioma from 100 F*/m ³	Values in original publication (risk for fibre concentration indicated)	Reference
1.0 × 10 ⁻⁵	1.0 × 10 ⁻⁴ for 1000 F*/m ³	(3)
~2.0 × 10 ⁻⁵	1.0 × 10 ⁻⁴ for (130–800) F*/m ³	(4)
~3.9 × 10 ⁻⁵	1.56 × 10 ⁻⁴ for 400 F*/m ³	(5, 6)
~2.4 × 10 ⁻⁵	2.75 × 10 ⁻³ (females) 1.92 × 10 ⁻³ (males) } for 0.01 F/ml	(7)

Amianto Indoor campionamento ed analisi

- ▶ DM 06/09/1994 ALLEGATO 2. - DETERMINAZIONE QUANTITATIVA DELLE CONCENTRAZIONI DI FIBRE DI AMIANTO AERODISPERSE IN AMBIENTI INDOOR.

A) Microscopia ottica in contrasto di fase (MCF).

Filtri di prelievo: esteri misti di cellulosa, da 25 mm di diametro grigliati, con porosità tra 0,8 e 1,2 μm .

Flusso di prelievo: il flusso può variare fra 1 l/min e 12 l/min

Volume da prelevare: deve essere di almeno 480 litri o maggiore.

B) Microscopia elettronica a scansione (SEM).

Filtri di prelievo: membrana in policarbonato (NPF) da 0.8 μm di porosità, 25 mm di diametro.

Flusso di prelievo: Non è indispensabile il flusso lineare in luoghi chiusi dove la velocità dell'aria è molto ridotta. In tal caso i parametri condizionanti sono il tempo di prelievo e l'intasamento del filtro, restando fisso il volume totale di ca. 3000 litri

Come campionare

- ▶ Valore limite <2 ff/litro su media 3 campioni
- ▶ Metodo normato: UNI EN ISO 16000-7:2008 «Aria in ambienti confinati - Parte 7: Strategia di campionamento per la determinazione di concentrazioni di fibre di amianto sospese in aria»
- ▶ Per i campionamenti ambientali viene impiegato il sistema di campionamento statico o di area. Il campionatore dovrà essere posto in punti significativi e già individuati in precedenza.
- ▶ ***campionamento del livello prevalente*** fornisce un valore della concentrazione di fibre in condizione di normale occupazione e normale utilizzo di un'area a lungo termine in cui sono presenti MCF o MCA;
- ▶ ***campionamento del fondo*** fornisce un valore della concentrazione di fibre a breve termine in un'area, prima che vengano eseguiti lavori che potrebbero disturbare gli MCA e/o MCF presenti

Rapporti ISTISAN 15/5

Strategie di monitoraggio per determinare la concentrazione di fibre di amianto e fibre artificiali vetrose aerodisperse in ambiente *indoor*

In qualsiasi UA (c.a. 100 mq), i punti di prelievo dell'aria devono generalmente essere posizionati ad almeno 2 m di distanza dalle pareti, con la cassetta del filtro posizionato tra 1,5 m e 1,8 m dal pavimento e inclinata verso il basso. Nel caso di uffici, scuole o asili, la cassetta del filtro va posizionata a un'altezza compresa tra 1 m e 1,2 m dal pavimento inclinata verso il basso

Materiali Contendenti Fibre (MCF) pericolose

Le fibre vetrose (MMVF) di diametro superiore a 3 μm possono causare irritazione transitoria e infiammazione della pelle, degli occhi e delle vie aeree superiori.

La penetrazione polmonare profonda dei vari MMVF varia considerevolmente, in funzione del diametro nominale del materiale.

Per le sei categorie di MMVF: fibra di vetro a filamento continuo, fibre di lana di vetro, fibre di lana di roccia, fibre di lana di scoria, fibre ceramiche refrattarie e speciali, fibre speciali (microfibre di vetro)), il potenziale di penetrazione polmonare profonda è maggiore per le fibre ceramiche refrattarie e le microfibre di vetro; entrambi i materiali sono utilizzati principalmente in applicazioni industriali

Sebbene gli usi delle fibre ceramiche refrattarie siano limitati all'ambiente industriale, il rischio unitario di tumori polmonari è 1×10^{-6} per fibra/l. Le corrispondenti concentrazioni di fibre ceramiche refrattarie producono i rischi in eccesso nel corso della vita di 1/10 000, 1/100 000 e 1/1 000 000 sono 100, 10 e 1 fibra/l rispettivamente. (WHO)



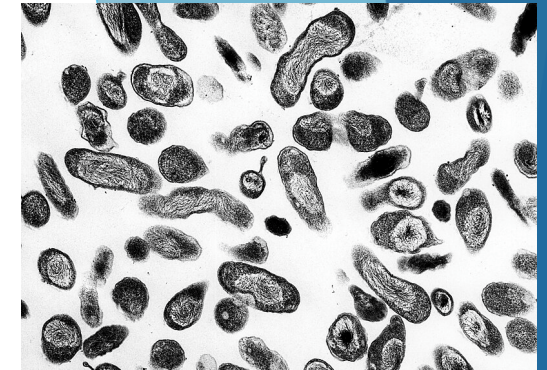
Agenti Biologici: i batteri

Primo approccio

- ▶ *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;

E poi

- ▶ batteri Gram-positivi, appartenenti soprattutto al genere *Staphylococcus* spp. (in particolar modo ricercare la presenza del patogeno *S. aureus*), poiché indici di una contaminazione di origine antropica; Enterococchi/Streptococchi fecali indicatori di una contaminazione ambientale e/o fecale
- ▶ batteri Gram-negativi, produttori di endotossine. Tra essi si possono ricercare i batteri appartenenti al genere *Pseudomonas* spp. (soprattutto *P. aeruginosa*) che sono in grado di fornire utili indicazioni sulla qualità dell'ambiente; sono da un valido indicatore della presenza di altri batteri Gram-negativi vitali, ma coltivabili con difficoltà; *Enterobacteriaceae* (*Escherichia coli*, *Klebsiella* spp.) che possono dare utili informazioni sui livelli di contaminazione legata allo stato igienico ambientale, essendo tipici indicatori di inquinamento di origine fecale.



Coxiella Burnetii (Gram -)

dal 2007 al 2011, nei Paesi Bassi sono stati segnalati più di **4.000 casi di Febbre Q** nell'uomo e la malattia potrebbe diventare un serio problema in Europa



Le famiglie presenti nell'indoor

- ▶ ***Aeromonas* spp:** sono batteri ambientali rilevabili prevalentemente nelle acque. Sono bastoncelli motili e non motili, non sporigeni, gram-negativi, ossidasi positivi e anaerobi facoltativi
- ▶ **Attinomiceti:** bacilli Gram-positivi aerobi, per lo più saprofiti, sono rilevabili in tutte le matrici ambientali
- ▶ **Enterococchi/streptococchi fecali:** appartengono a cocchi Gram-positivi, catalasi negativi, del diametro di circa 1 µm, disposti singolarmente, oppure in coppie o a catena, anaerobi facoltativi e immobili. (alcune eccezioni)
- ▶ ***Escherichia coli:*** è un batterio Gram-negativo appartenente alla famiglia delle *Enterobacteriaceae*: è il più noto rappresentante del microbiota intestinale umano e degli animali a sangue caldo. Di norma, tale microrganismo non è patogeno, alcuni ceppi hanno acquisito patogenicità
- ▶ ***Legionella:*** un bacillo Gram-negativo, aerobio e asporigeno, mobile per la presenza di uno o più flagelli. Il genere comprende 61 diverse specie (e sottospecie) e circa 70 sierogruppi, non tutte associate a ***Legionella pneumophila***
- ▶ **Micobatteri:** i complessi più conosciuti sono il ***Mycobacterium tuberculosis*** complex e il *Mycobacterium avium* complex
- ▶ ***Micrococcus* spp:** è un contaminante della pelle umana, saprofita o commensale, è coinvolto in numerose infezioni e comportarsi da patogeno opportunista essendo responsabile di batteriemia, shock settico, artrite settica, endocardite, meningite o polmonite in soggetti immunocompromessi o immunodepressi, più presente nelle superfici
- ▶ ***Pseudomonas aeruginosa*** la multiresistenza agli antibiotici rende questo batterio un fattore di rischio per la salute in ambienti ospedalieri dove è responsabile di infezioni delle vie urinarie, di ustioni e di ferite, rilevabile nell'aria, è più spesso su superfici interessate da condizioni di umidità
- ▶ ***Salmonella* spp;** nell'aria è segnalata raramente, mentre è possibile isolarla da superfici di abitazioni
- ▶ ***Staphylococcus* spp** nell'aria *indoor* sono facilmente rilevabili e correlabili alla presenza dell'uomo e di animali. Solo ***S. aureus*** è realmente considerato patogeno

La Legionellosi

- ▶ La legionellosi viene acquisita per via respiratoria mediante inalazione, aspirazione o microaspirazione di aerosol contenente *Legionella*, oppure di particelle derivate per essiccamento.
- ▶ Goccioline si possono formare sia spruzzando acqua, sia facendo gorgogliare aria in essa o per impatto su superfici solide.
- ▶ La pericolosità di queste particelle di acqua è inversamente proporzionale alla loro dimensione. Gocce di diametro inferiore a 5 μm arrivano più facilmente alle basse vie respiratorie.
- ▶ Non è mai stata dimostrata la trasmissione interumana della malattia.
- ▶ L'infezione è stata segnalata in relazione a diffusione di aerosol provenienti da torri di raffreddamento, impianti di climatizzazione e condensatori evaporativi, nonché a impianti di distribuzione di acqua potabile (soffioni delle docce, rubinetti), apparecchiature sanitarie (es. riunitoodontoiatrico, per la terapia respiratoria, ecc.), deumidificatori e fontane. Condizioni di rischio sono anche quelle associate ad aerosol di stabilimenti termali e di vasche per idromassaggio.

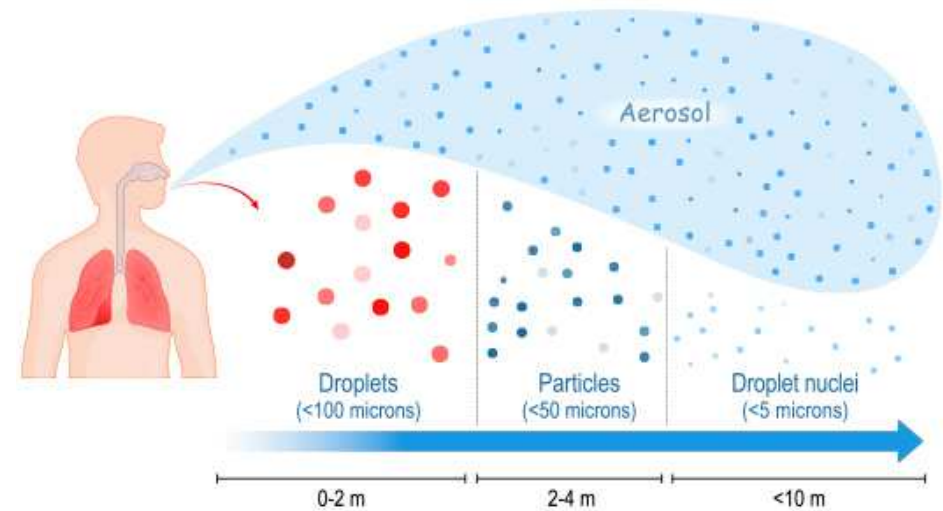


Agenti Biologici: i virus

I virus rappresentano una delle cause più comuni di malattie infettive trasmesse in ambienti *indoor*

I primi virus ad essere identificati nell'aria di ambienti *indoor* sono stati gli adenovirus alla fine degli anni '60

- ▶ alcuni gruppi di virus che possono essere trasmessi in ambienti *indoor* per via aerea mediante *droplet*-nuclei o con goccioline aeree di grandi dimensioni, oppure per contatto con superfici contaminate:
 - ▶ virus dell'influenza
 - ▶ I rhinovirus
 - ▶ Enterovirus
 - ▶ Adenovirus
 - ▶ Coronavirus



Gli effetti delle muffe

- ▶ *Carica fungina*: comprendente muffe e lieviti, indicatori ambientali molto importanti, correlati ad un'elevata umidità e polverosità, ridotta ventilazione e scarsa qualità dell'aria.

L'esposizione alle muffe negli ambienti *indoor* è, infatti, associata a disturbi dell'apparato respiratorio, asma, aumentata sensibilità alle sostanze chimiche e alle allergie.

- ▶ La sintomatologia all'esposizione alle muffe è molto ampia:
 - ▶ raffreddore, tosse, congestione, irritazione degli occhi con lacrimazione, respiro corto, congiuntivite, rinite, asma e allergie. Alcune muffe producono micotossine che hanno effetti cancerogeni, teratogeni e proprietà neurotossiche .
- ▶ nei bambini in età scolare l'esposizione a muffe in ambiente *indoor* può aumentare fino a cinque volte il rischio di contrarre l'asma . L'asma bronchiale
- ▶ Uno studio ha anche evidenziato una percentuale di positività pari al 14% tra i bambini in età scolare sottoposti a prove allergiche per gli allergeni fungini ²¹

Funghi e Muffe e

- ▶ Nell'allergia da funghi l'allergene può essere:
 - 1) la spora fungina,
 - 2) l'antigene fungino,
 - 3) il fungo stesso in una fase parassitaria in una sede del corpo.
- ▶ L'esposizione continuativa all'inalazione di spore fungine può causare ipersensibilità dell'organismo, con la produzione di anticorpi specifici e forme tossiche correlate e prodotti metabolici o.
- ▶ Sono state individuate circa 40 proteine fungine allergeniche diverse, ed esiste peraltro un'ampia cross-reattività tra le diverse specie.

Tra i più comuni allergeni indoor:

- ▶ *Der p 1, Der p 2 Dermatophagoides pteronyssinus, Der f 1, Der f 2 Dermatophagoides farinae, Fel d 1 Felis domesticus, Bla g 2 Blattella germanica, Alt a 1 Alternaria alternata, Asp f 1 Aspergillus fumigatus.*
- ▶ Tra le muffe più allergizzanti vanno ricordati i generi: *Aspergillus, Alternaria, Cladosporium, Penicillium.*
- ▶ *Aspergillus fumigatus* è responsabile di diverse patologie tra cui l'aspergillosi polmonare, il suo allergene maggiore, Asp f 1, raramente si riscontra in ambienti *indoor*;
- ▶ più diffusa è *Alternaria alternata*, responsabile di gravi forme di asma bronchiale.



Campionamento Biologico

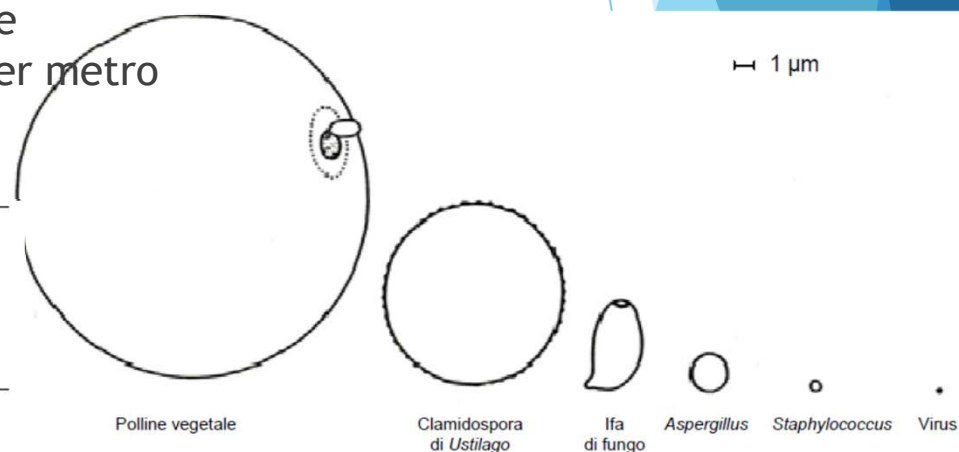
► *Indice Globale di Contaminazione Microbica (IGCM)*

Dato che molteplici sono le categorie microbiche che generano l'inquinamento microbico in ambienti *indoor*, l'IGCM, ottenibile a valle dei risultati delle cariche batteriche e fungine complessive rilevate mediante campionamenti attivi di bioaerosol, è determinato sommando le UFC dei batteri eterotrofi per metro cubo d'aria, determinate a 37°C (batteri mesofili) e quelle cresciute a 20°C (batteri psicrofili), con le UFC fungine per metro cubo d'aria, determinate a 20°C

Livello di inquinamento <i>indoor</i>	Abitazioni		Ambienti non industriali	
	batteri	funghi	batteri	funghi
	UFC/m ³		UFC/m ³	
Molto basso	< 100	< 50	< 50	< 25
Basso	< 500	< 200	< 100	< 100
Intermedio	< 2500	< 1000	< 500	< 500
Alto	< 10000	< 10000	< 2000	< 2000
Molto alto	> 10000	> 10000	> 2000	> 2000

Strategie di monitoraggio dell'inquinamento di origine biologica dell'aria in ambiente *indoor*

Rapporti ISTISAN
13/37



Passivo/Attivo

- ▶ **Campionamento Passivo:** per sedimentazione o gravimetrico, le particelle sono raccolte per deposizione su una superficie di una piastra di dimensioni note. Il metodo è utilizzato anche per misurare la velocità con cui le particelle si depositano sulle superfici; la misurazione è espressa come N° particelle/mq.
- ▶ **Campionamento attivo:** le particelle sono raccolte mediante aspirazione e la misura è espressa come numero di particelle per metro cubo di aria aspirata
- ▶ **Tipologia di campionatori attivi:**

AD IMPATTO

- ▶ *Campionatori a fessura:* aspirano un noto volume d'aria attraverso una fessura, diretto in lenta rotazione contro la superficie di un substrato colturale agarizzato;
- ▶ *Campionatori a stadi sovrapposti con sistema aspirante esterno:* discrimina le particelle dell'aerosol in base alle loro dimensioni
- ▶ *Campionatori monostadio con pompa integrata*
- ▶ *Campionatori attivi per filtrazione*
- ▶ *Campionatori attivi per gorgogliamento:* raccolgono le particelle in un mezzo liquido (impinger)



Prove Ricerca VIRUS: Campionamento e analisi

ESTRAZIONE

Aggiunti 8 mL di soluzione estraente (guanidina Biomerieux) ad ogni quarto di filtro in tubi falcon da 50 mL.

Agitazione per 30 minuti.

Decantazione del filtro

Aggiunti 50 μ L di resina magnetica (Biomerieux), attesi 10 minuti centrifugazione a 1500 g per 2 minuti, eliminazione dell'eccesso di surnatante fino ad arrivare ad un volume di 2 mL

eseguita l'estrazione come da protocollo Biomerieux con piattaforma Egene_UP.

PURIFICAZIONE

campioni estratti sottoposti a fase di eliminazione degli inibenti mediante kit one step inhibitor removal kit ed amplificati tal quale.



Amplificazione

Il processo di amplificazione dell'RNA virale è stato eseguito mediante PCR real-time ed ha permesso la determinazione del recupero:



Apparecchiatura utilizzata: termociclatore C1000 Touch[™] provvisto di unità ottica CFX96 Deep Well[™] per PCR Real Time Bio-rad

Mix per la determinazione del Mengovirus:
AgPath-ID[™] One-Step RT-PCR Reagents della Applied BioSystems



Primers, probes e Mengovirus:
CeeramTools[®] PCR kit bioMérieux

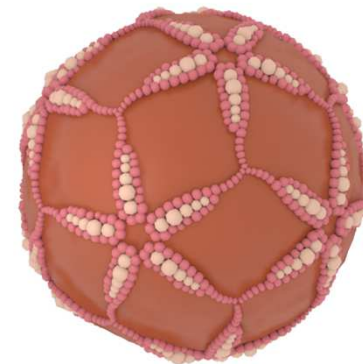
Risultati delle prove

Filtri di teflon, campionamento di 12 ore. Filtro suddiviso in 4 parti. Inoculati 10 μ L di Mengovirus prima del campionamento su due parti. Inoculati 10 μ L sulle altre due parti appena prima della fase di estrazione.

RISULTATI

percentuale di recupero ancora molto basse per i campioni amplificati tal quale. Recuperi 10 volte superiori con campioni diluiti 1:10. Non risulta chiara l'efficacia della centrifugazione in fase di estrazione. Nessuna grossa differenza tra Mengovirus inoculato fresco e 12 ore prima. I risultati ottenuti con un volume di soluzione estraente di 2 mL sono paragonabili a quelli ottenuti con volumi superiori.

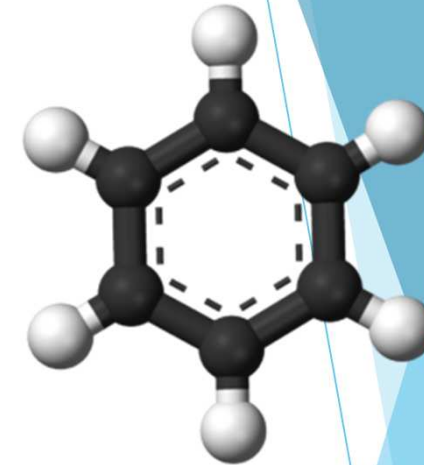
Durante il tempo di campionamento non si nota apprezzabile diminuzione (degradazione) del materiale genetico virale di riferimento (Mengovirus).



Mengovirus modificato
Diametro 30 nm

Limiti in Ambiente di Lavoro

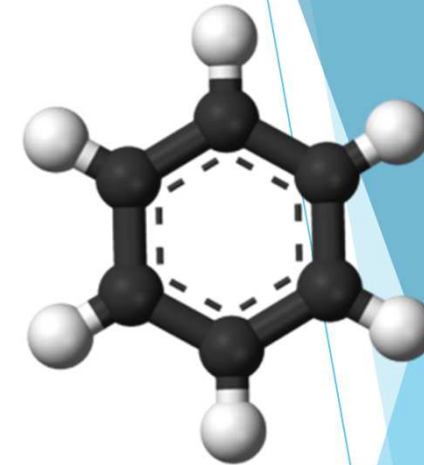
- ▶ Tlv - Twa (Threshold Limit Value - Time Weighted Average): Valore limite ponderato. Rappresenta la concentrazione media, ponderata nel tempo, degli inquinanti presenti nell'aria degli ambienti di lavoro nell'arco dell'intero turno lavorativo ed indica il livello di esposizione al quale si presume che il lavoratore possa essere esposto 8 ore al giorno, per 5 giorni alla settimana, per tutta la durata della vita lavorativa, senza risentire di effetti dannosi per la salute.
- ▶ Tlv - Stel (Threshold Limit Value - Short Term Exposure Limit): Valore limite per brevi esposizioni. Rappresenta le concentrazioni medie che possono essere raggiunte dai vari inquinanti per un periodo massimo di 15 minuti, e comunque per non più di 4 volte al giorno con intervalli di almeno 1 ora tra i periodi di punta.
- ▶ Tlv - C (Threshold Limit Value - Ceiling): Valore limite di soglia. Rappresenta la concentrazione che non può essere mai superata durante tutto il turno lavorativo. Tale limite viene impiegato soprattutto per quelle sostanze ad azione immediata, irritante per le mucose o narcotica, tale da interferire rapidamente sullo stato di attenzione del lavoratore con possibili conseguenze dannose sulla persona stessa (infortuni) e/o sulle operazioni tecniche a cui è preposto.



TLV-TWA = 1.6 mg/mc
MAK (8 ore) = 1.6
mg/mc
L.81/2008 = 3.25
mg/mc

Altri limiti Ambiente di Lavoro

- ▶ OEL I limiti di esposizione professionale sono valori normativi che indicano i livelli di esposizione considerati sicuri (sulla base di considerazioni sanitarie) per una sostanza chimica nell'aria di un luogo di lavoro.
- ▶ I limiti di esposizione professionale, dopo l'incarico di valutazione di una sostanza assegnato dalla Commissione, l'ECHA redige per il RAC (comitato per la valutazione dei rischi) una relazione scientifica sulla base dei dati scientifici disponibili e di tutte le informazioni pertinenti raccolte mediante un invito a presentare prove. A quel punto la relazione è sottoposta a consultazione e successivamente approvata dalla commissione.
- ▶ **LOAEL** (Lowest Observed Adverse Effect Level), la più bassa concentrazione di una sostanza alla quale si osservano effetti nocivi;
LOEL (Lowest Observed Effect Level), la più bassa concentrazione di una sostanza alla quale si osservano effetti (infatti non tutti gli effetti dovuti all'esposizione sono nocivi);
NOAEL (No Observed Adverse Effect Level), la più alta concentrazione di una sostanza alla quale non si osservano effetti nocivi;
NOEL (No Observed Effect Level), la più alta concentrazione di una sostanza alla quale non si osservano effetti.
I riferimenti animali LOAEL, LOEL, NOAEL e NOEL vengono poi rapportati agli esseri umani in modo tale da avere anche gli equivalenti umani.

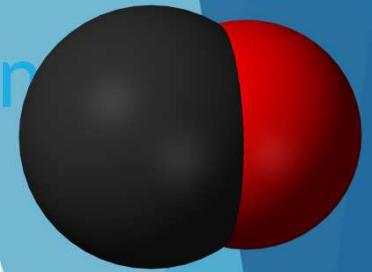


RAC considers that an exposure limit value should not exceed 0.05 ppm (0.16 mg/m³) in order to avoid risk for chromosomal damage in workers. A MoA-based threshold of 0.05 ppm benzene is proposed which can be considered to be associated with no significant residual cancer risk and will also avoid other adverse effects

DNEL

- ▶ Il DNEL (Derived No Effect Level) è fissato dal regolamento REACH come soglia al di sopra della quale gli esseri umani non dovrebbero essere esposti. Un DNEL deve essere determinato sulla base di un descrittore della dose, causando in tal modo un'estrema preoccupazione legata alla via d'esposizione e al tipo di effetto. Solitamente, si tratta dello studio con i valori NOAEL/LOAEL (nessun livello/livello più basso a cui si osserva un effetto avverso)
- ▶ tenuto conto delle informazioni disponibili e dello scenario o degli scenari d'esposizione di cui al punto 9 della relazione sulla sicurezza chimica, può essere necessario determinare più DNEL per ogni popolazione umana interessata (ad esempio lavoratori, consumatori e persone che possono subire un'esposizione indiretta attraverso l'ambiente) ed eventualmente per talune sottopopolazioni vulnerabili (ad esempio i bambini, le donne incinte) e per le diverse vie d'esposizione. È data una giustificazione completa, precisando tra l'altro la scelta delle informazioni utilizzate, la via d'esposizione (orale, dermica o per inalazione), la durata e la frequenza dell'esposizione alla sostanza per la quale il DNEL è valido

Gli Inquinanti Chimici: i prodotti da combustione

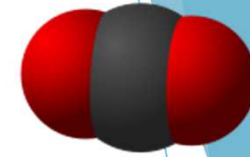


Monossido di Carbonio:

- ▶ incolore, inodore, insapore, densità 1,145 Kg/mc
- ▶ l monossido di carbonio è una emotossina, legandosi saldamente al ferro nell'emoglobina forma la carbossiemoglobina 300 volte più stabile del complesso formato dall'ossigeno
- ▶ D.Lgs 155/2010 fissa il limite outdoor in Max giornaliero della Media mobile 8h in 10 mg/mc, metodo all'IR ([UNI EN 14626:2012](#))
- ▶ Limiti WHO: 1ora: 30 mg/mc; Max giornaliero della Media mobile 8h in 10 mg/mc; 1 giorno: 4 mg/mc (99 percentile in 1 anno, da non superare per max 4 volte)
- ▶ HR è valutato da WHO-2021 in 1,019 di casi di infarto per un aumento di 1 mg/mc di esposizione di CO al di sopra dei 4 mg/mc.
- ▶ ACGIH (2017) 25 ppm, 29,1 mg/mc TWA

Monossido di carbonio (630-08-0)	
DNEL: Livello derivato senza effetto (lavoratori)	
Acuta - effetti locali, inalazione	100 ppm
Acuta - effetti sistemici, inalazione	117 mg/m ³
A lungo termine - effetti locali, inalazione	20 ppm
A lungo termine - effetti sistemici, inalazione	23 mg/m ³

Anidride Carbonica



Lo scopo principale delle misurazioni di CO₂ è quello di identificare gli ambienti con scarsi ricambi d'aria

Le misure della CO₂ sono un indicatore e dipendono da :

- ▶ il numero delle persone,
- ▶ la natura delle attività,
- ▶ le dimensioni degli ambienti/spazi,
- ▶ la frequenza e durata di apertura di porte, finestre e balconi,
- ▶ il tipo di marcia e i tempi di funzionamento del sistema di Ventilazione Meccanica Controllata (VMC),
- ▶ il posizionamento degli strumenti/dispositivi automatici/sensori.

Scopo delle misure di CO₂

- ▶ Le misurazioni in continuo, periodiche o ad intervalli regolari (es. settimanali nelle diverse stagioni) della CO₂ mediante l'installazione di strumenti/dispositivi automatici/sensori sono tecnicamente semplici rispetto alle misurazioni di altre sostanze emesse dagli occupanti
- ▶ La strategia deve essere redatta e modulata di volta in volta per rispondere agli scopi specifici e alle finalità che si vogliono raggiungere, per valutare adeguatamente i risultati delle misurazioni, per adottare azioni di miglioramento e per individuare precocemente eventuali comportamenti non corretti nella gestione dell'apertura delle finestre/balconi ed anomalie nella funzionalità dei sistemi di Ventilazione Meccanica Controllata (VMC).
- ▶ UNI EN 16798-1:2019 Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica

Tipo di ambienti

UNI EN 16798-1:2019

Tipo di edificio	Livello di QA atteso	Ricambi l/(s persona)	Ricambi* l/(s *mq)	CO ₂ ppm attesa al di sopra della concentrazione esterna
EQ _I	Alto	10	1,0	550
EQ _{II}	Medio	7	0,7	800
EQ _{III}	Moderato	4	0,4	1350
EQ _{IV}	Basso	2,5	0,3	1350

Considerando una emissione di CO₂ di 20L/(h/persona)
*in un edificio con basso livello di inquinamento

CO₂ le conoscenze

Paese	Valore guida
Paesi europei	
	VR: 2.160 mg/m³ (1.200 ppmv)
Finlandia	S1 1.300 mg/m³ (700 ppmv); S2 1.650 mg/m³ (900 ppmv); S3 2.200 mg/m³ (1.200 ppmv)
Francia	1.800 mg/m³ (1.000 ppmv)
	VR: 1.800 mg/m³ (1.000 ppmv)
Germania	< 1.800 mg/m³ (1.000 ppmv) concentrazione innocua; tra 1800 mg/m³ (1000 ppmv) e 3600 mg/m³ (2000 ppmv) concentrazione elevata; > 3600 mg/m³ (2000 ppmv) concentrazione inaccettabile
Norvegia	VR: 1.800 mg/m³ (1.000 ppmv)
Paesi Bassi	scuole: 2.160 mg/m³ (1.200 ppmv)
Portogallo	1.800 mg/m³ (1.000 ppmv) 2.250 mg/m³ (1.250 ppmv)
	VR: 1.440 mg/m³ (800 ppmv) Inoltre, se è presente il controllo della CO ₂ : 1.800 mg/m³ (1.000 ppmv), livello usato se l'obiettivo è il risparmio energetico; 1.080 mg/m³ (600 ppmv), livello usato se l'obiettivo è quello di una buona qualità dell'aria
Regno Unito	scuole: 2.700 mg/m³ (1.500 ppmv) concentrazione media nella giornata scolastica
	scuole: 8.980 mg/m³ (5.000 ppmv) concentrazione media nella giornata scolastica 1.800 mg/m³ (1.000 ppmv)

temperatura di 25° C e alla pressione di 760 mmHg:

1 mg/m³ = 0,556 ppm;

1 ppm = 1,8 mg/m³

Presenza di CO₂ e H₂S in ambienti *indoor*:
attuali conoscenze e letteratura scientifica

Rapporti ISTISAN
16/15

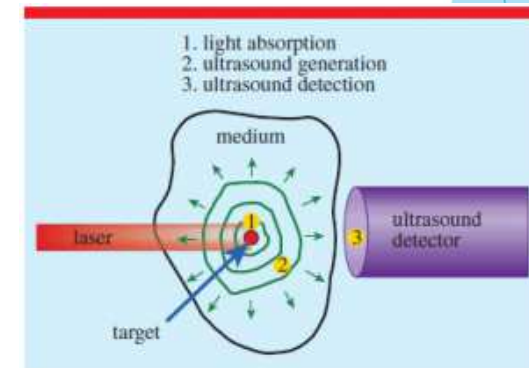
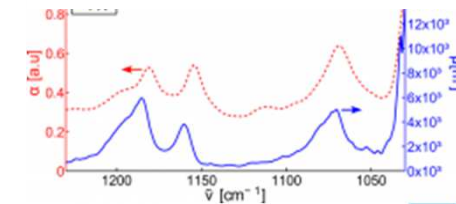
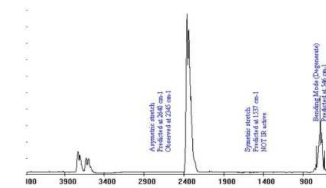
Paese	Valore guida
Paesi extra-europei	
Brasile	1.800 mg/m³ (1.000 ppmv)
Canada	6.300 mg/m³ (3.500 ppmv)
	1.800 mg/m³ (1.000 ppmv)
Giappone	scuole: 2.700 mg/m³ (1.500 ppmv) concentrazione media nella giornata scolastica
Hong Kong*	1.440-1.800 mg/m³ (800-1.000 ppmv) per 8 ore
Repubblica di Corea	1.800 mg/m³ (1.000 ppmv)
Singapore	1.800 mg/m³ (1.000 ppmv) per 8 ore
	ASHRAE 1.800 mg/m³ (1.000 ppmv)
Stati Uniti	Secondo lo standard ASHRAE 62:2001 il valore limite per l'accettabilità della qualità dell'aria <i>indoor</i> è stabilito pari ad una differenza fra concentrazione di CO ₂ interna ed esterna di 1260 mg/m³ (700 ppmv) e corrisponde a condizioni di ventilazione ritenute disagiabili da circa il 20% delle persone presenti.
	Illinois 1.800 mg/m³ (1.000 ppmv)
Taiwan	1.800 mg/m³ (1.000 ppmv)

Per quanto riguarda la CO₂ tali informazioni consentono di avere un quadro di riferimento, aggiornato al 2014, su quelli che sono i valori adottati normalmente negli ambienti *indoor*; in particolare il valore di concentrazione pari a 1.800 mg/m³ (1.000 ppmv) rappresenta un riferimento standard per diversi Paesi della UE ed extra UE

Le misurazioni di CO₂

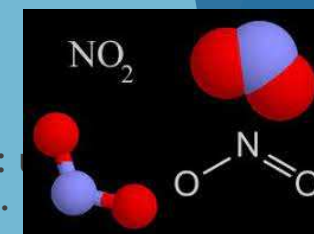
- ▶ Le misurazioni in continuo, periodiche o ad intervalli regolari della CO₂ mediante l'istallazione di strumenti sono tecnicamente semplici rispetto alle altre sostanze emesse dagli occupanti
- ▶ UNI EN ISO 16000-26:2012 “Strategia di campionamento per l’anidride carbonica (CO₂)”,
- ▶ la strumentazione più affidabile nell’intervallo 1 - 5000ppm
 - ▶ Non Dispersive Infrared (NDIR)
 - ▶ Spettroscopia fotoacustica (PAS)

Spettro FTIR di CO₂



Gli ossidi di azoto

- ▶ Vi sono molte specie di ossidi di azoto, per la salute umana la più problematica è il biossido di azoto (NO_2): gas bruno dall'odore pungente ed un forte ossidante con acqua produce acido nitrico e monossido di azoto.
- ▶ In ambienti indoor le sorgenti sono fornelli da cucina, stufe, 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.



WHO 2021: annual level

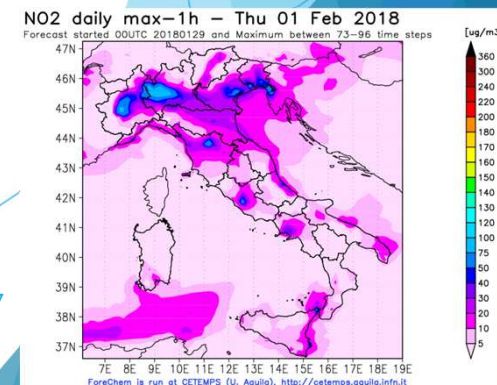
Recommendation	NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Interim target 1	40
Interim target 2	30
Interim target 3	20
AQG level	10

WHO 2021: short term (24 h) level

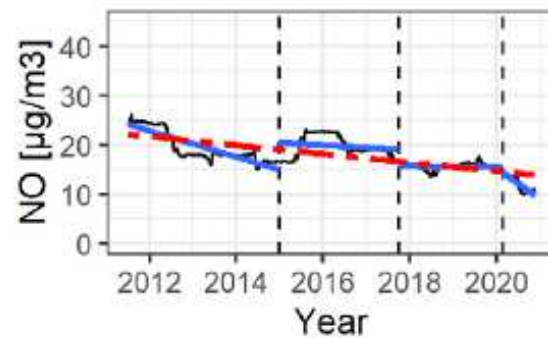
Recommendation	NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Interim target 1	120
Interim target 2	50
AQG level	25

D.Lgs 155/2010

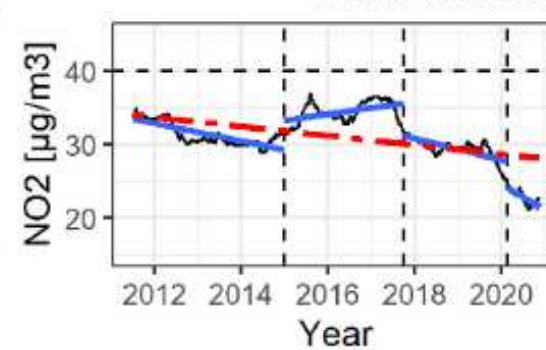
NO_2	Soglia di allarme	superamento per 3h consecutive del valore soglia	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Limite orario per la protezione della salute umana	Media 1 h	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 18 volte per anno civile
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Ossidi di azoto: valori outdoor

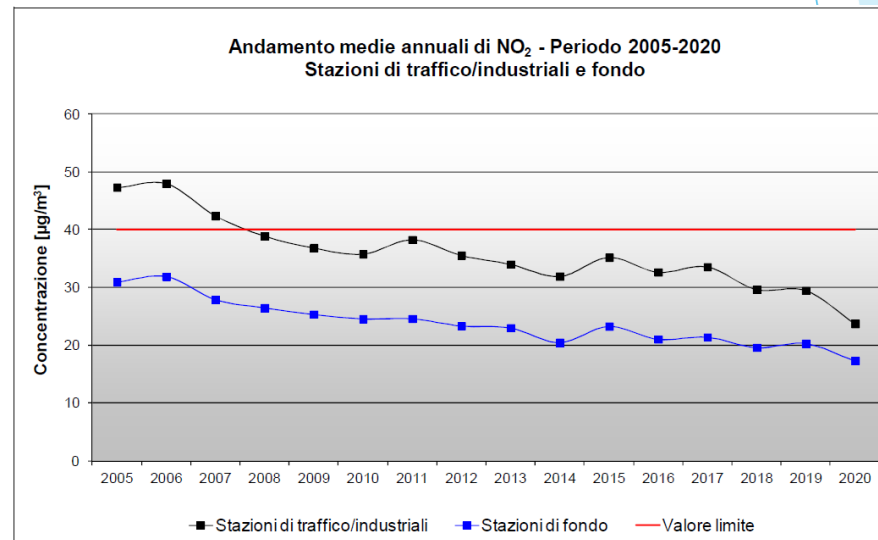


Venice - ID 502717



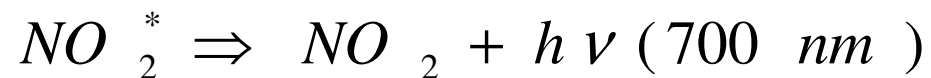
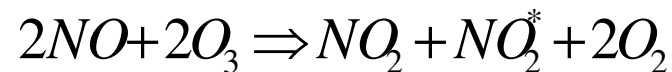
Venice - ID 502717

Dal 2007 in poi si osserva una progressiva riduzione delle concentrazioni medie di NO₂. Le variazioni delle medie registrate negli anni dal 2013 al 2019 sono da attribuire alle condizioni meteorologiche dispersive dell'anno. La riduzione nel 2020 è dovuta al lockdown con un calo delle concentrazioni medie annuali del Biossido di Azoto del 20% e anche oltre.

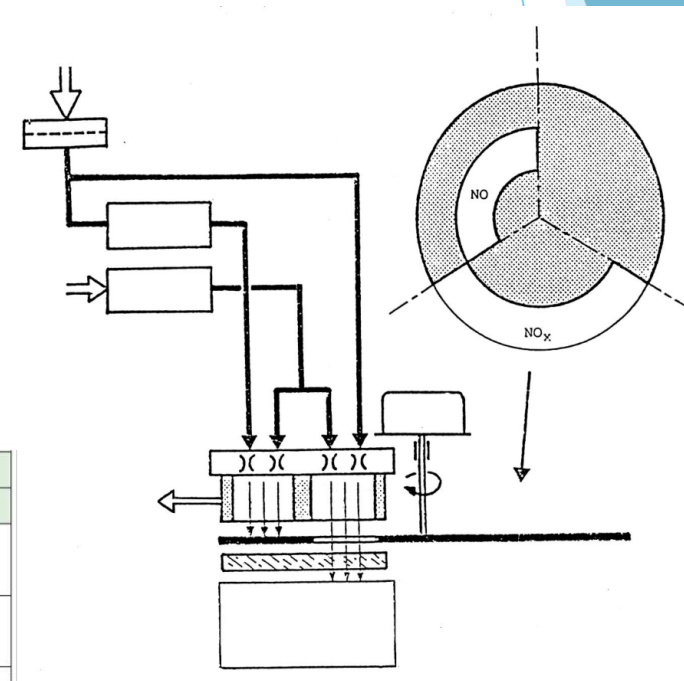


Tecniche di misura NO_x

Qualità dell'aria UNI EN 14211:2012
Principio della chemiluminescenza:



Fattori di ventilazione	Cucina		Camera da letto		
	Media	± S.D.	Media	± S.D.	
Riscaldamento Autonomo	52,5	18,1	26,1	9,5	
Centralizzato	41,2	14,4	23,9	8,4	
Cappa	Con aspirazione	34,5	7,0		
	Senza aspirazione	59,1	17,1		
Infissi	Metallo	54,9	16,9	24,1	8,5
	Legno	45,3	16,7	28,7	12,0



Composti organici volatili

Description	Abbreviation	Boiling Point Range (°C)	Example Compounds
Very volatile (gaseous) organic compounds	VVOC	<0 to 50-100	Propane, butane, methyl chloride Formaldehyde
Volatile organic compounds	VOC	50-100 to 240-260	d-Limonene, toluene, acetone, ethanol (ethyl alcohol) 2-propanol (isopropyl alcohol), hexanal
Semi volatile organic compounds	SVOC	240-260 to 380-400	Pesticides (DDT, chlordane, plasticizers (phthalates), fire retardants (PCBs, PBB))



DIRETTIVA 2004/42/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 21 aprile 2004 relativa alla limitazione delle emissioni di composti organici volatili dovute all'uso di solventi organici in talune pitture e vernici e in taluni prodotti per carrozzeria e recante modifica della direttiva 1999/13/CE

«composto organico volatile (COV)», qualsiasi composto organico avente un punto di ebollizione iniziale pari o inferiore a 250°C misurato ad una pressione standard di 101,3 kPa;

pp) composti organici volatili: tutti i composti organici diversi dal metano provenienti da fonti antropogeniche e biogeniche, i quali possono produrre ossidanti fotochimici reagendo con gli ossidi di azoto in presenza di luce solare;

World Health Organization, 1989. "Indoor air quality: organic pollutants." Report on a WHO Meeting, Berlin, 23-27 August 1987

ii) composto organico: qualsiasi composto contenente almeno l'elemento carbonio e uno o più degli elementi seguenti: idrogeno, alogeni, ossigeno, zolfo, fosforo, silicio o azoto, ad eccezione degli ossidi di carbonio e dei carbonati e bicarbonati inorganici;

Il) composto organico volatile (COV): qualsiasi composto organico che abbia a 293,15 K una pressione di vapore di 0,01 kPa o superiore, oppure che abbia una volatilità corrispondente in condizioni particolari di uso. Ai fini della parte quinta del presente decreto, è considerata come COV la frazione di creosoto che alla temperatura di 293,15 K ha una pressione di vapore superiore a 0,01 kPa;

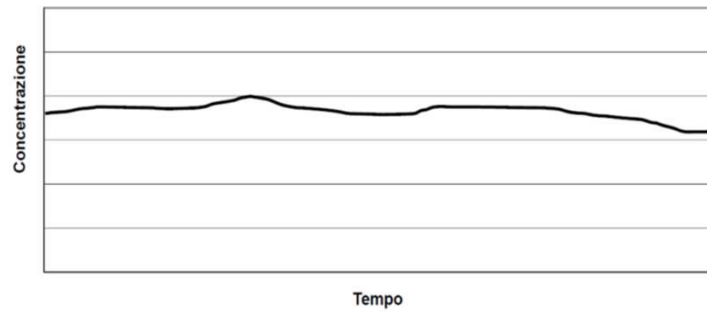
D.Lgs 152/2006

D.Lgs 155/2010

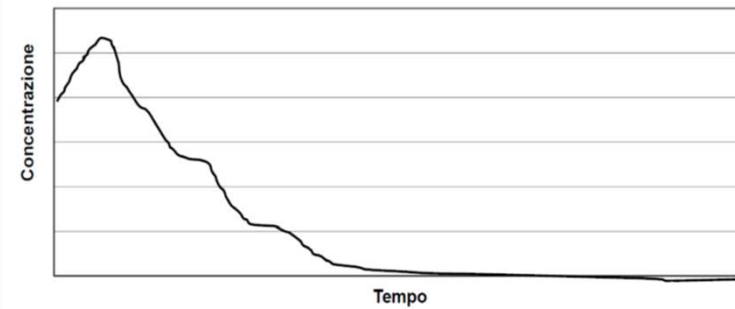
40

Tipo di emissione

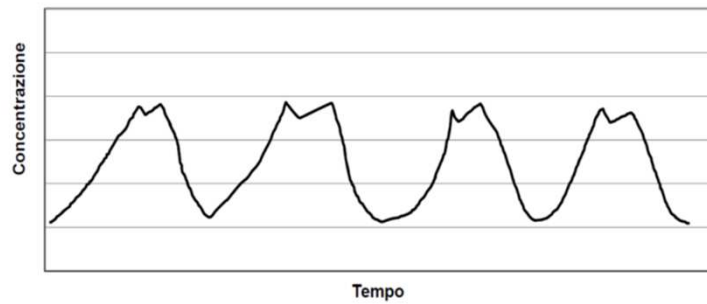
Emissione continua e costante



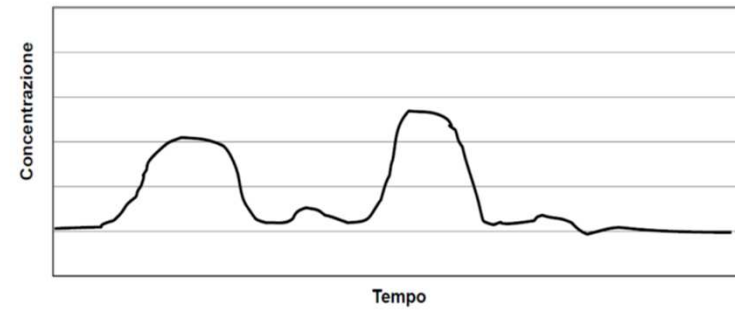
Emissione continua e irregolare



Emissione intermittente e ricorrente



Emissione intermittente e occasionale



Durata dei campionamenti

La durata del prelievo, vincolata dalle prestazioni dei sistemi di campionamento e dai limiti di quantificazione delle metodiche analitiche adottate,

Dipende da

- ▶ le **concentrazione** dei COV;
- ▶ la natura e i potenziali **effetti** sulla salute dei COV considerati
- ▶ le **caratteristiche emissive** delle sorgenti

i monitoraggi sono a breve termine o a lungo termine (periodi superiori a diverse ore)

- ▶ Se l'obiettivo è la conoscenza del valore massimo in un momento o fase specifica, è necessario effettuare campionamenti di breve durata;
- ▶ se si vuole confrontare la concentrazione ottenuta con un valore guida di riferimento, la durata del campionamento deve essere uguale al tempo associato al valore guida.
- ▶ Se la durata del campionamento è inferiore alla durata prevista dal valore guida, la misura rappresenta solo un riferimento orientativo -operativo.
- ▶ Se l'obiettivo è la valutazione dell'efficacia delle azioni adottate, le modalità di monitoraggio (es. durata) devono essere le stesse prima e dopo l'intervento-rimedio effettuato

Minimo numero di campioni (**)

Per indagini preliminari	1 nella stagione calda e 1 nella stagione fredda	1 nella stagione calda e 1 nella stagione fredda
Per controlli di conformità	2 nella stagione calda e 2 nella stagione fredda	3 nella stagione calda e 3 nella stagione fredda



Campionamento attivo

- ▶ Il campionamento con tubi contenenti materiali adsorbenti, si effettua con pompe di campionamento calibrate alla portata richiesta. La procedura si applica ad una vasta gamma di COV. E' utile effettuare dei replicati delle misure e conservare un certo numero di campioni per analisi successive o prove in doppio.
- ▶ I materiali adsorbenti devono essere conformi alla norma UNI EN ISO 16017-1 e alla norma ISO 16000-6
- ▶ Per garantire la qualità dei risultati dell'analisi dei tubi occorre produrre un campione "bianco" (cioè non esposto), costituito da tubi dello stesso lotto di quelli impiegati nell'attività di campionamento. Si sottopone tale campione all'intero processo analitico, nelle stesse condizioni e con gli stessi materiali impiegati per l'analisi dei campioni reali
- ▶ Per valutare l'efficienza del campionamento effettuato si sottopone alla stessa procedura analitica la sezione testimone. Se il contenuto dei COV riscontrati in tale sezione è superiore al 10% di quanto riscontrato nella sezione analitica è necessario ripetere il campionamento.

Tipologia di assorbenti per COV



Adsorbente del tubo di campionamento	Intervallo approssimativo di volatilità dell'analita	Temperatura massima °C	Area superficiale specifica m ² /g	Esempi di analiti
Carbotrap™ C Carbopack™ C	da n-C8 a n-C20	>400	12	Alchibenzeni e alifatici di volatilità compresa tra n-C8 e n-C16.
Tenax™ TA	punto di ebollizione da 100 °C a 400 °C da n-C7 a n-C26	350	35	Componenti aromatici, non polari (punto di ebollizione >100 °C) e componenti polari meno volatili (punto di ebollizione >150 °C).
Tenax GR	punto di ebollizione da 100 °C a 450 °C da n-C7 a n-C30	350	35	Alchibenzeni, IPA e PCB in fase di vapore e come sopra per Tenax TA.
Carbotrap Carbopack B Carbograph TD-1	da (n-C4) n-C5 a n-C14	>400	100	Ampia gamma di COV, compresi chetoni, alcoli e aldeidi (punto di ebollizione >75 °C) e tutti i composti non polari con intervallo di volatilità specificato. Più gas traccianti perfluorocarbonio.
Chromosorb™102	punto di ebollizione da 50 °C a 200 °C	250	350	Adatto ad un'ampia gamma di COV, inclusi i composti ossigenati e aloformi meno volatili del cloruro di metilene.
Chromosorb 106	punto di ebollizione da 50 °C a 200 °C	250	750	Adatto ad un'ampia gamma di COV, inclusi gli idrocarburi da n-C5 a n-C12. Valido anche per i composti ossigenati volatili.

Adsorbente del tubo di campionamento	Intervallo approssimativo di volatilità dell'analita	Temperatura massima °C	Area superficiale specifica m ² /g	Esempi di analiti
Porapak™ Q	punto di ebollizione da 50 °C a 200 °C da n-C5 a n-C12	250	550	Adatto ad un'ampia gamma di COV, inclusi i composti ossigenati.
Porapak N	punto di ebollizione da 50 °C a 150 °C da n-C5 a n-C8	180	300	Specificamente selezionato per i nitrili volatili; acrilonitrile, acetonitrile e propionitrile. Valido anche per piridina, alcoli volatili da EtOH, MEK, ecc.
Spherocarb™ ^{a)}	da -30 °C a 150 °C da C3 a n-C8	>400	1200	Valido per i composti molto volatili come CVM, ossido di etilene, CS ₂ e CH ₂ Cl ₂ . Valido anche per i polari per esempio MeOH, EtOH e acetone.
Carbosieve™ S-III ^{a)} o Carboxen™ 1000 ^{b)}	da -60 °C a 80 °C	400	800	Valido per i composti ultra volatili come idrocarburi C3, C4, aloformi volatili e freon.
Setaccio molecolare ^{b)}	da -60 °C a 80 °C	350		Utilizzato specificamente per 1,3-butadiene e ossido di azoto.



Campionamento passivo

- ▶ Il campionamento passivo di COV si effettua con un campionatore di tipo diffusivo contenente un materiale solido adsorbente. Tale campionamento risulta conveniente per attività di monitoraggio a lungo termine
- ▶ Il campionatore è costituito da una cartuccia adsorbente inserita all'interno di un corpo diffusivo. I COV, attraversato il diffusore, vengono intrappolati sul supporto adsorbente. Il campionatore viene esposto per un periodo di tempo stabilito dalle specifiche tecniche del campionatore stesso
- ▶ Le caratteristiche dei materiali adsorbenti devono essere conformi alla norma UNI EN ISO 16017-2 e alla UNI EN 14662-5

Le analisi dei campionatori a fiala attive e passive

- ▶ COV campionati vengono desorbiti termicamente con un trasferimento dei vapori tramite un flusso di gas inerte direttamente al gascromatografo
- ▶ La determinazione dei COV tramite desorbimento con solvente l'adsorbente è formato due sezioni (analitica e testimone), che si analizzano separatamente. Si esegue l'estrazione delle due sezioni mediante l'aggiunta di un opportuno volume di solfuro di carbonio come da procedura di riferimento descritta nel metodo normalizzato UNI EN 14662-5 . Tale metodo è stato sviluppato e validato per la misurazione del benzene in aria ambiente. Esso necessita quindi di essere adattato alle determinazioni in ambiente *indoor*
- ▶ L'analisi si esegue con gascromatografo equipaggiato con i seguenti rivelatori:
 - ▶ FID - rivelatore a fiamma
 - ▶ PID -fotoionizzazione
 - ▶ MS - spettrometro di massa

I Canister

I Canister:

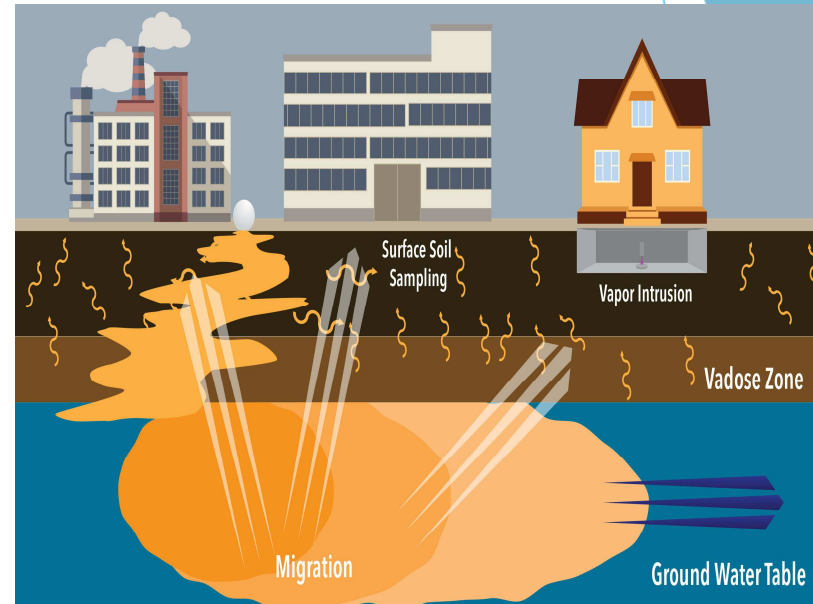
- bombole di vario volume in acciaio mantenute sotto vuoto ad una pressione inferiore ai 50 mtorr
- hanno una valvola od un rubinetto per il riempimento
- contenitori elettrolucidati che possono essere rivestiti di materiale inerte, silica (SilcoCan®, Siltek®, Silonite®)
- Si riempiono a pressione atmosferica o in sovrappressione fino a 45 psi



Compendium EPA TO 15 2019

Modifiche essenziali:

- ▶ Aumento dei composti analizzabili (97)
- ▶ Riduzione del MDL a 0.02 ppbv
- ▶ Standard in aria e 50% umidità
- ▶ Livelli di standard da 0.02 ppb a 5 ppb
- ▶ Introduzione di uno standard di controllo indipendente (Second source calibration verification (SSCV))
- ▶ Introduzione di uno standard di controllo ad 1/3 della curva
- ▶ Verifica continua di calibrazione
Continuing calibration verification (CCV)
- ▶ Introduzione di più bianchi: strumentale, di metodo, di calibrazione, di campo



Some of the compounds that may be measured with this method are present in ambient air at concentrations to which continuous exposure over a lifetime is estimated to constitute a 10^{-6} or higher lifetime risk of developing cancer in humans. Under circumstances in which many hazardous VOCs are present at 10^{-6} risk concentrations, the total risk may be greater

In Francia

Source : OQAI

Pollutante	Pollutant	Détection limite LD (µg/m³)	Limite de quantification LQ (µg/m³)	Données échantillonnées (567 logements principaux)			Données pondérées sur les logements nationaux (24 672 135 logements principaux)						
				Nombre de mesures valides	Minimum (µg/m³)	Maximum (µg/m³)	% des données entre LD et LQ	10 ^e percentile (µg/m³)	25 ^e percentile (µg/m³)	median (µg/m³)	75 ^e percentile (µg/m³)	90 ^e percentile (µg/m³)	95 ^e percentile (µg/m³)
aldéhydes	acétaldéhyde	0.3	0.4	554	1.8	94.6	0.0	5.3 [4.8-5.9]	8.0 [7.3-8.5]	11.6 [10.8-12.3]	17.1 [15.5-19.0]	24.3 [22.5-26.7]	30.0 [26.7-35.1]
	acroléine	0.1	0.3	554	< LD	12.9	3.2	0.5 [0.4-0.5]	0.7 [0.7-0.8]	1.1 [1.0-1.2]	1.7 [1.5-1.9]	2.6 [2.2-3.0]	3.4 [2.9-3.8]
	formaldéhyde	0.6	1.1	554	1.3	86.3	0.0	9.3 [8.5-10.0]	14.3 [13.0-15.1]	19.6 [18.4-21.0]	28.3 [26.6-30.8]	39.9 [35.8-42.3]	46.6 [40.8-55.1]
	hexaldéhyde	0.1	0.2	554	1.6	368.5	0.0	5.9 [5.2-6.9]	8.7 [8.1-9.7]	13.6 [12.6-14.7]	23.0 [20.8-24.9]	35.6 [31.6-38.4]	50.1 [37.6-55.4]
hydrocarbures	benzène	0.4	1.1	541	< LD	22.8	14.9	< LQ	1.4 [1.3-1.5]	2.1 [1.9-2.2]	3.3 [2.9-3.7]	5.7 [4.7-6.5]	7.2 [6.3-9.4]
	1,4-dichlorobenzène	0.07	0.2	541	< LD	4 809.8	5.0	1.0 [0.4-1.5]	2.3 [2.1-2.6]	4.2 [3.7-4.8]	12.8 [8.9-15.6]	68.5 [38.1-95.4]	150.0 [96.5-341.0]
	éthylbenzène	0.3	0.9	541	< LD	85.3	6.3	1.0 [1.0-1.1]	1.5 [1.4-1.6]	2.3 [2.1-2.5]	3.7 [3.2-4.5]	7.5 [5.8-9.9]	15.0 [9.2-18.2]
	n-décane	0.07	0.2	541	< LD	1 774.1	0.0	1.9 [1.6-2.1]	2.9 [2.7-3.2]	5.3 [4.8-6.2]	12.4 [10.2-14.4]	29.1 [22.2-39.7]	53.0 [38.6-83.9]
	n-undécane	0.5	1.4	541	< LD	502.1	2.4	2.2 [1.9-2.5]	3.6 [3.1-4.1]	6.2 [5.6-7.1]	12.5 [10.3-14.4]	33.6 [23.9-45.6]	72.4 [45.2-93.2]
	styrène	0.1	0.3	541	< LD	35.1	2.9	0.5 [0.4-0.5]	0.7 [0.6-0.7]	1.0 [0.9-1.0]	1.4 [1.3-1.6]	2.0 [1.8-2.3]	2.7 [2.2-3.1]
	tétrachloroéthylène	0.4	1.2	541	< LD	684.3	27.1	< LD	< LQ	1.4 [1.2-1.6]	2.7 [2.4-3.0]	5.2 [4.5-6.2]	7.3 [6.0-11.5]
	toluène	0.4	1.3	541	1.5	414.2	0.0	4.5 [4.0-5.4]	7.5 [7.1-8.3]	12.2 [11.4-13.7]	21.2 [18.6-23.7]	46.9 [31.8-59.9]	82.9 [57.7-115.0]
	trichloroéthylène	0.4	1.0	541	< LD	4 087.2	31.9	< LD	< LQ	1.0 [<LQ-1.1]	1.6 [1.4-1.8]	3.3 [2.5-5.2]	7.3 [5.1-16.1]

In Toscana-scuole

Tabella VI Concentrazioni aerodisperse di benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ottenute nei campionamenti effettuati nelle singole aule delle scuole della Regione Toscana suddivisi in base alla stagione e alla tipologia di campionamento

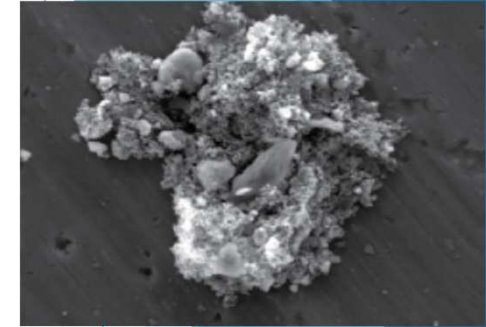
Stagione	N dati	Media \pm DS	Media Geometrica	Mediana	Min-Max
Campionamento in aula in presenza di alunni					
Inverno	179	5,8 \pm 6,7	4,2	4,2	0,4-67,2
Primavera	178	5,0 \pm 5,7	3,5	3,6	0,6-51,6
Campionamento in aula in assenza di alunni					
Inverno	177	4,0 \pm 3,1	2,5	2,7	0,5-20,9
Primavera	179	2,1 \pm 1,8	1,5	1,6	0,2-10,6
Media ponderata nelle 24 ore all'interno dell'aula					
Inverno	176	3,9 \pm 2,8	3,1	3,3	0,7-14,8
Primavera	177	2,7 \pm 2,2	2,1	1,9	0,6-13,2
Campionamento nelle 24 ore all'esterno dell'aula					
Inverno	179	3,4 \pm 2,4	2,7	2,7	0,1-12,5
Primavera	173	2,1 \pm 1,8	1,6	1,6	0,3-11,4

PISCINE

Analita	impianto								
	2	3	4 (I pos)	4 (II pos)	5 (Ipos)	5 (II pos)	6 (I pos)	6 (II pos)	8
diclorodifluorometano (F12)	0.4	0.6	0.6	0.6	0.8	0.4	0.6	0.6	0.5
clorometano	0.7	0.7	1	0.9	1.3	0.5	1.1	1	0.6
acetonitrile		2.3	4.8	4.5	5.7	2.6	4.2	4.5	5.2
triclorofluorometano (F11)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.7	0.4	0.8	0.8	0.2
cloruro di metilene	0.5	0.2	0.9	0.8	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5
metiletilchetone	1.5	1.3	1	0.9	1.5	1.6	1	1	0.9
triclorometano (cloroformio)	5.7	3.8	21.1	19.8	22.6	15.3	8.3	11	10.7
benzene	0.6	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.2
1,2 dicloropropano	0.3	0.2	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	0.2	0.1
toluene	1.9	1.2	0.3	0.3	0.6	0.5	1.1	1.2	0.9
etilbenzene	0.3	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1
m,p xilene	0.8	0.6	0.1	0.1	0.2	0.2	0.5	0.5	0.4
stirene	0.6	0.3	<0.1	<0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	<0.1
o-xilene	0.2	0.2	<0.1	<0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1

PM

- ▶ Il termine “materiale particellare sospeso” (*Particulate Matter*, PM) o aerosol atmosferico, definisce un sistema disperso di particelle solide e liquide, di diversa dimensione e composizione. Si tratta di particelle non sferiche, la cui dimensione viene convenzionalmente espressa in termini di diametro aerodinamico equivalente (D_{ae}), definito come il diametro di una particella sferica, di densità unitaria, dotata dello stesso comportamento aerodinamico (stessa velocità di sedimentazione) della particella in esame in aria calma, nelle stesse condizioni di temperatura, pressione e umidità relativa
- ▶ PM si distingue tra materiale particellare d’origine primaria e secondaria. In particolare, il PM emesso direttamente dalle sorgenti viene detto “primario”, mentre viene detto “secondario” il materiale particellare che si genera in atmosfera successivamente al rilascio di sostanze allo stato gassoso, come effetto di fenomeni di coagulazione, conversione gas-particella del tipo della nucleazione eterogenea, percondensazione di gas su particelle preesistenti e per reazioni chimiche che trasformano specie gassose in composti solidi o liquidi



I limiti

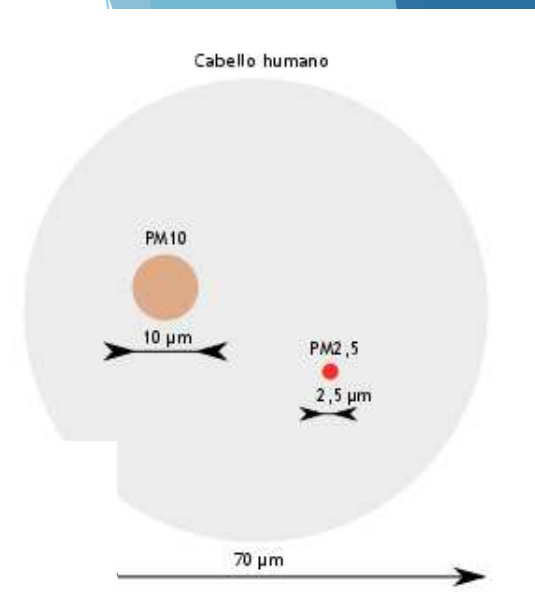
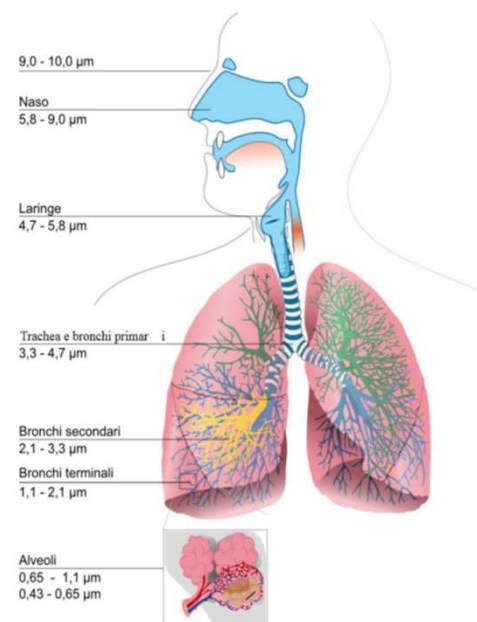
Pollutant	Averaging period	AQG WHO	D.Lgs 155/2010	Proposta Nuova Direttiva	Comments
PM ₁₀	1 day	45µg/m ³	50 µg/m ³ (35 sup)	45 µg/m ³ (18 sup)	99th percentile (3-4 exceedance days per year). Updated 2021 guideline
	Calendar year	15µg/m ³	40 µg/m ³	20 µg/m ³	
PM _{2.5}	1 day	15µg/m ³	-----	25µg/m ³ (18 sup)	99th percentile (3-4 exceedance days per year). Updated 2021 guideline
	Calendar year	5µg/m ³	25µg/m ³	10 µg/m ³	

Penetrazione nell'albero respiratorio del PM

CONVENZIONE	Definizione delle particelle
INALABILE	Inalate attraverso naso e bocca
EXTRATORACICA	Non penetrano oltre la laringe
TORACICA	Penetrano oltre la laringe
TRACHEOBRONCHIALE	Penetrano oltre la laringe ma non giungono alle vie respiratorie non ciliate
RESPIRABILE	Penetrano nelle vie respiratorie non ciliate

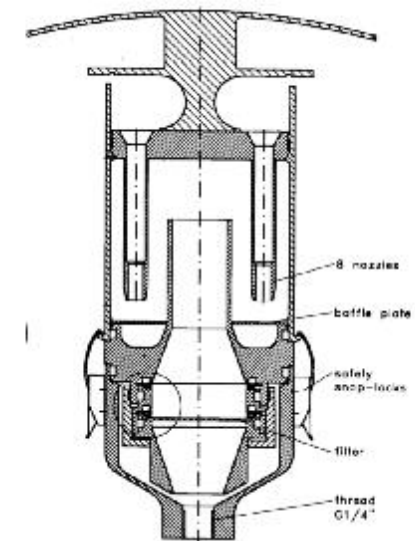
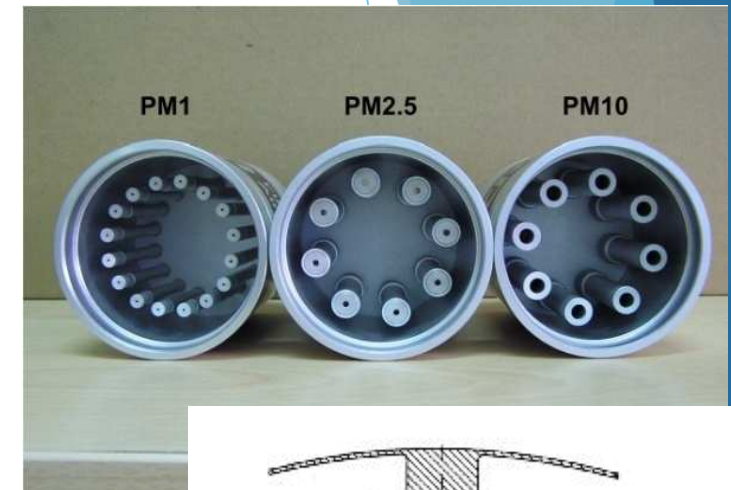
PM10: polveri **inalabili**: penetrano nel tratto superiore dell'apparato respiratorio (dal naso alla laringe)

PM2.5: polveri **respirabili**: penetrano nel tratto inferiore dell'apparato respiratorio (dalla trachea agli alveoli polmonari)



Le Norme

- ▶ **UNI EN 12341:2023:** *Aria ambiente (Metodo gravimetrico di riferimento per la determinazione della concentrazione in massa di particolato sospeso PM10 o PM2,5)*
- ▶ **UNI EN 16450:2017:** *Aria ambiente - Sistemi di misura automatici per la misurazione della concentrazione del particolato (PM10; PM2,5)*
- ▶ **UNI EN 481:1994:** *Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Definizione delle frazioni granulometriche per la misurazione delle particelle aerodisperse.*



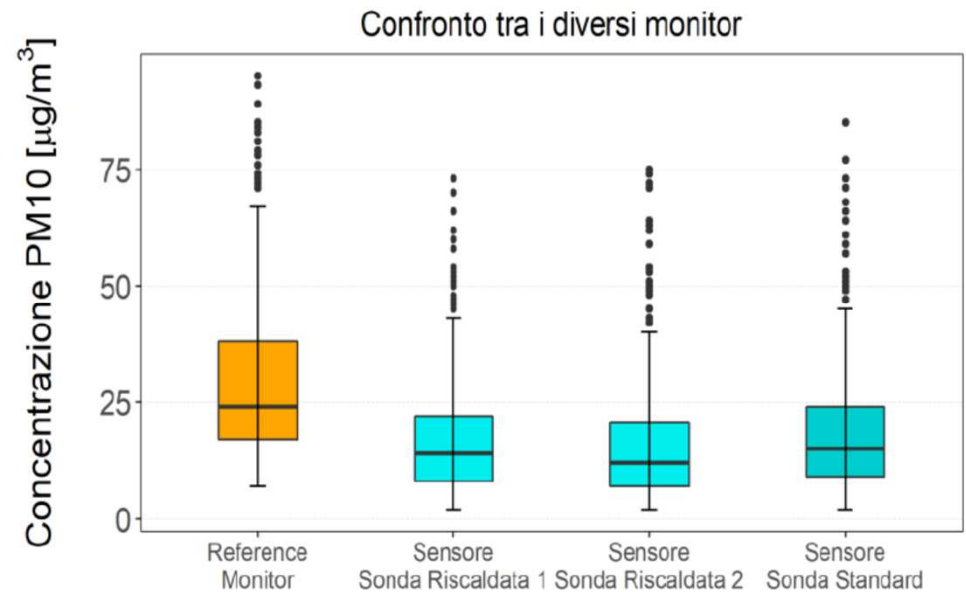
Sensoristica per il particolato

- ▶ sperimentazioni condotte da ARPAV con sensori low cost laser scattering per la misura del particolato atmosferico, basati su principi ottici
- ▶ i dati dei sensori sono stati confrontati con uno strumento di riferimento certificato secondo D.Lgs. 155/2010
- ▶ il livello di accuratezza dei sensori diminuisce in condizioni di elevata umidità relativa
- ▶ I sensori low cost hanno evidenziato dei livelli di PM10 diversi da quelli dello strumento di riferimento, possono monitorare gli andamenti delle concentrazioni di particolato atmosferico

Altri sensori utilizzati:

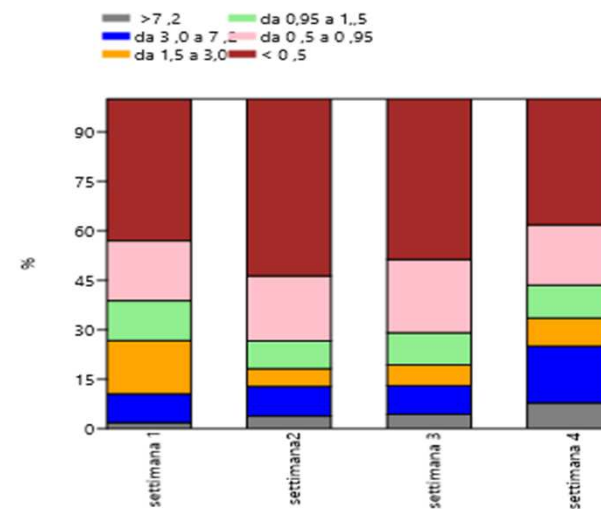
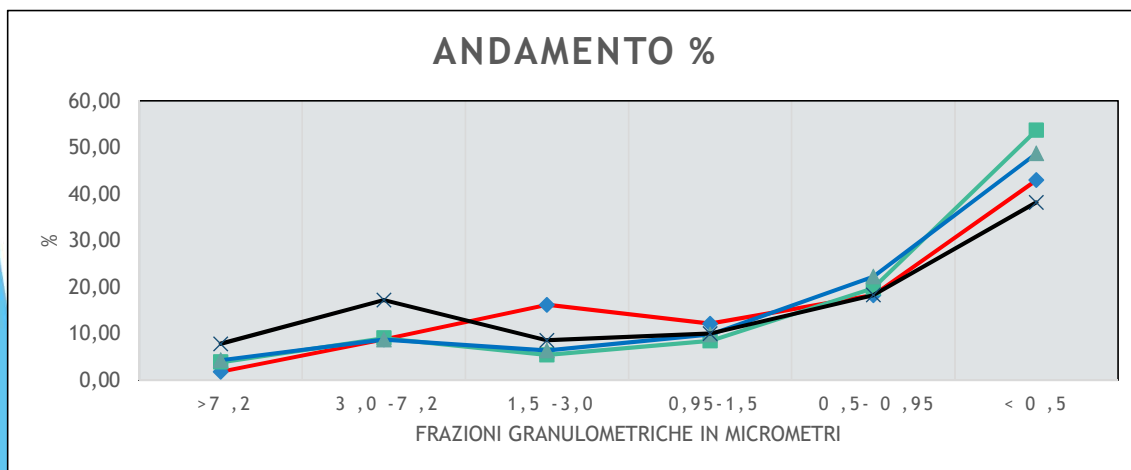
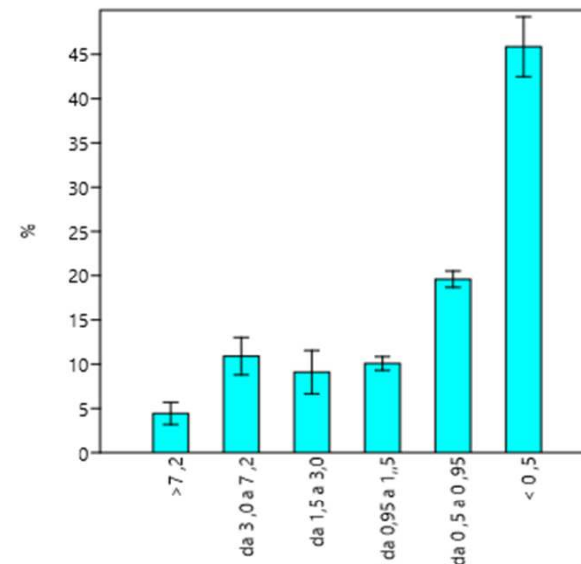
- ▶ Sistema di monitoraggio delle polveri atmosferiche per la determinazione del particolato da 10 nm a 18 micron, Palas U-Range
- ▶ Analizzatore di polveri Palas Fidas 200, operante “optical light scattering of single particles” per la determinazione in continuo e ad alta risoluzione del particolato sottile di dimensioni comprese fra 0.18 e 18 micron

Distribuzione delle concentrazioni medie giornaliere di PM10

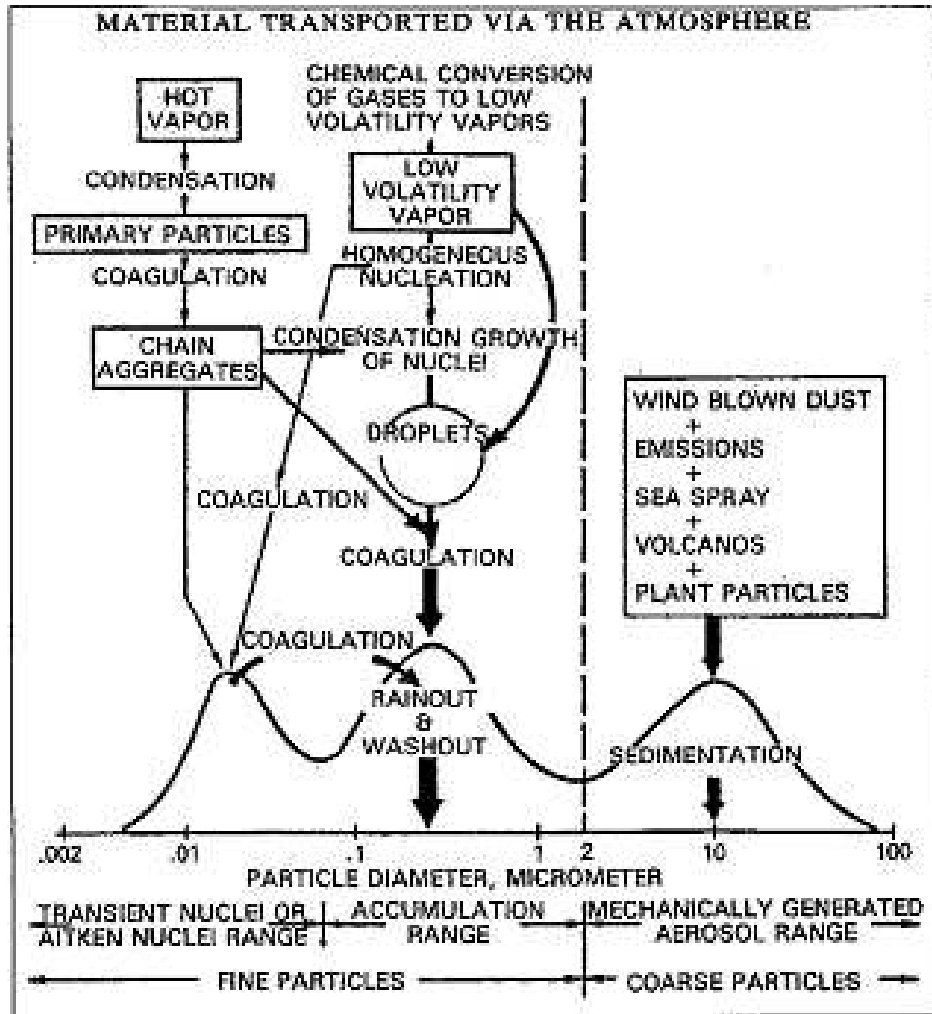


La distribuzione di massa

- ▶ La percentuale più alta del particolato è sub-micronica maggiore del 65%
- ▶ Nonostante le poche frazioni raccolte si intravede una bimodalità della distribuzione
- ▶ La frazione grossolana aumenta percentualmente nella settimana primaverile
- ▶ La frazione più sottile <0.5 micrometri è la frazione dominante e risulta maggiore nelle settimane invernali



Le polveri in ambiente: formazione



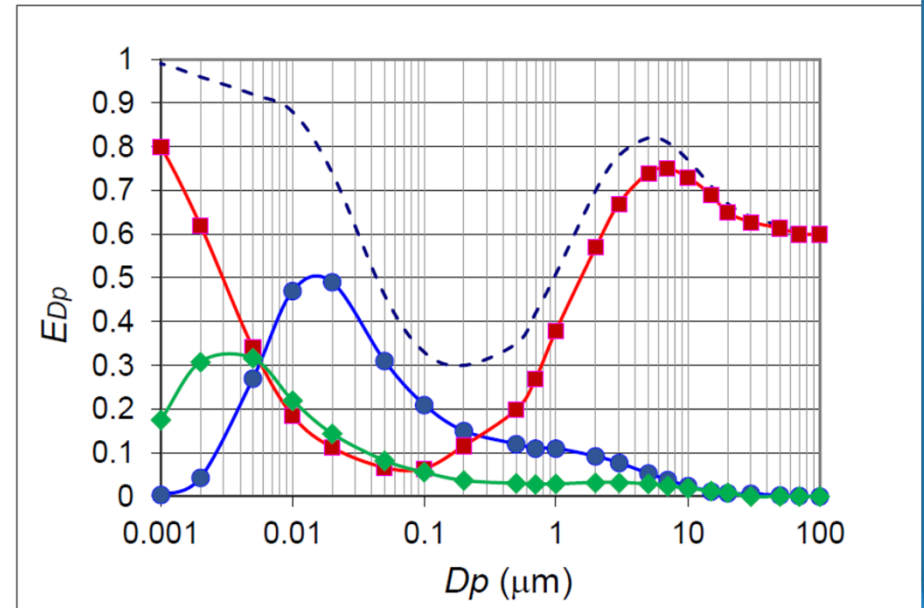
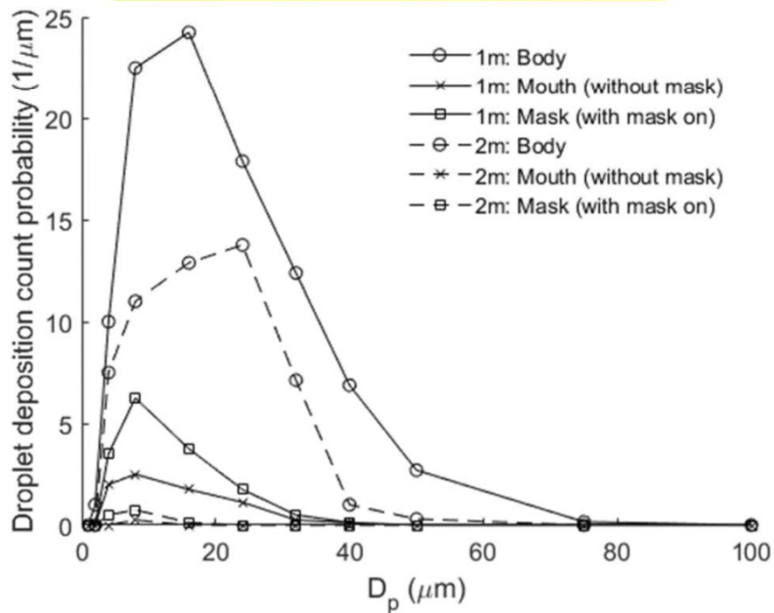
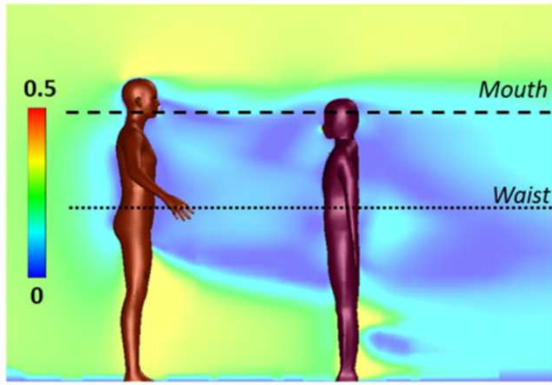
Diametro Aerodinamico velocità di sedimentazione

0.1 μm	10^{-6} m/sec
1.0 μm	10^{-4} m/sec
10 μm	10^{-2} m/sec
50 μm	0.27 m/sec
100 μm	0.70 m/sec

Diam. (μm)	Time to Fall 1 km
0.02	228 y
0.1	36 y
1.0	328 d
10	3.6 d
100	1.1 h
1000	4 m
5000	1.8 m

La Fonte Uomo

5.0 s



Curve di efficienza di deposizione delle particelle di aerosol (EDp) rispetto al diametro delle particelle di aerosol. La deposizione totale nel sistema respiratorio mostrata con la curva nera tratteggiata.

Nei tratti respiratori le deposizioni sono indicate con linee colorate: le vie respiratorie superiori (linea rossa), regione tracheobronchiale (linea verde) e regione alveolare (linea blu).

Come e quando campionare

- ▶ definire il periodo temporale di osservazione, in base a i valori guida o di riferimento, stabiliti dalle Autorità competenti o contenuti nelle linee guida WHO)
 - ▶ ad esempio 24 h
 - ▶ Tempo di svolgimento di attività lavorative
 - ▶ permanenza di persone,
 - ▶ all'attivazione di fonti interne, la misura fornisce un valore orientativo
- ▶ La frequenza delle misure viene pianificata in relazione all'obiettivo del monitoraggio tenendo conto delle attività, della/e sorgente/i, delle possibili variazioni temporali (orarie, giornaliere, mensili, stagionali), delle variabili microclimatiche.

Il campionamento

Quando

- ▶ definire il periodo temporale di osservazione, in base a i valori guida o di riferimento, stabiliti dalle Autorità competenti o contenuti nelle linee guida WHO)
 - ▶ ad esempio 24 h
 - ▶ Tempo di svolgimento di attività lavorative
 - ▶ permanenza di persone,
 - ▶ all'attivazione di fonti interne, la misura fornisce un valore orientativo
- ▶ La frequenza delle misure viene pianificata in relazione all'obiettivo del monitoraggio tenendo conto delle attività, della/e sorgente/i, delle possibili variazioni temporali (orarie, giornaliere, mensili, stagionali), delle variabili microclimatiche.

Come

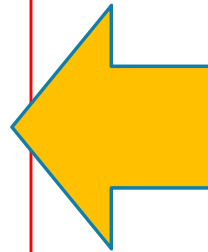
- ▶ posizionare la strumentazione di prelievo al centro dell'area oggetto di studio o, nel caso in cui questo risulti di difficile realizzazione, o almeno ad una distanza non inferiore a 1 m dalla parete più vicina e ad un'altezza di circa 1,5 m dal pavimento.
- ▶ Nel caso di uffici, scuole o asili, la testa del campionatore (punto d'ingresso dell'aria) va posizionata a un'altezza compresa tra 1 e 1,2 m dal pavimento.
- ▶ In luoghi soggetti a correnti d'aria o dotati di sistemi di ventilazione meccanica, esposti ad irraggiamento solare diretto o che ospitino fonti di calore, è sconsigliabile posizionare il campionatore nelle loro immediate vicinanze

Al fine di individuare il contributo delle sorgenti interne ai livelli di concentrazione *indoor* di PM10 e PM2,5 è opportuno confrontare le concentrazioni *indoor* con le concentrazioni *outdoor*

Il particolato vettore di inquinanti

Specie veicolate

- ▶ Virus - batteri - allergeni
- ▶ Metalli pesanti
- ▶ Idrocarburi policiclici aromatici
- ▶ Pesticidi - fitofarmaci
- ▶ Sostanze derivate dalla disinfezione e pulizia
- ▶ POPs ad alto peso molecolare
- ▶



Le fonti indoor

- ▶ Uomo/animali
- ▶ materiali da costruzione e d'arredo
- ▶ prodotti per la pulizia della casa,
- ▶ processi di combustione per riscaldamento
- ▶ processi di combustione per cottura
- ▶ Combustioni varie: bastoncini incenso e candele profumate, ecc
- ▶ sistemi di ventilazione,

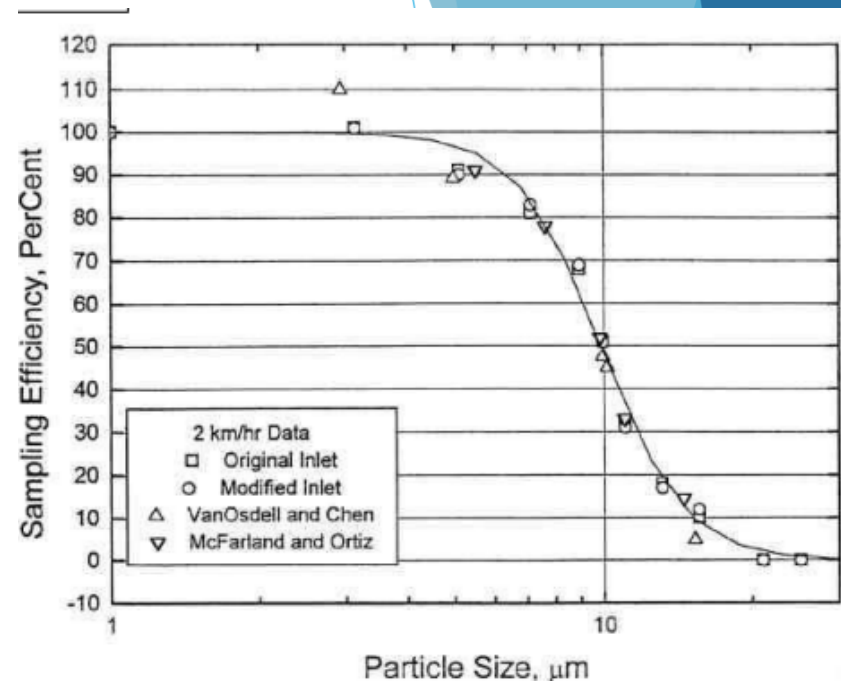
Le fonti outdoor

- ▶ Traffico veicolare
- ▶ riscaldamento degli edifici,
- ▶ emissioni industriali
- ▶ Risollevarimento del suolo,
- ▶ pollini, spore fungine⁶², frammenti vegetali e animali

Misure di PM

Tabella II Concentrazioni aerodisperse di $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) ottenute nei campionamenti effettuati nelle singole aule delle scuole della Regione Toscana suddivisi in base alla stagione e all'area Vasta di provenienza

Area Vasta/stagione	N dati	Media \pm DS	Media Geometrica	Mediana	Min-Max
Nord/Inverno	69	52,7 \pm 47,1	40,8	41,9	8,5-270,0
Nord/Primavera	67	49,5 \pm 53,8	39,1	37,7	11,0-394,8
Centro/Inverno	61	59,7 \pm 39,0	51,1	45,5	15,8-214,7
Centro/Primavera	61	48,6 \pm 24,5	43,7	44,3	15,0-139,9
Sud/Inverno	45	81,2 \pm 41,7	71,3	77,0	22,0-190,0
Sud/Primavera	45	44,6 \pm 19,0	40,9	43,0	16,0-97,0

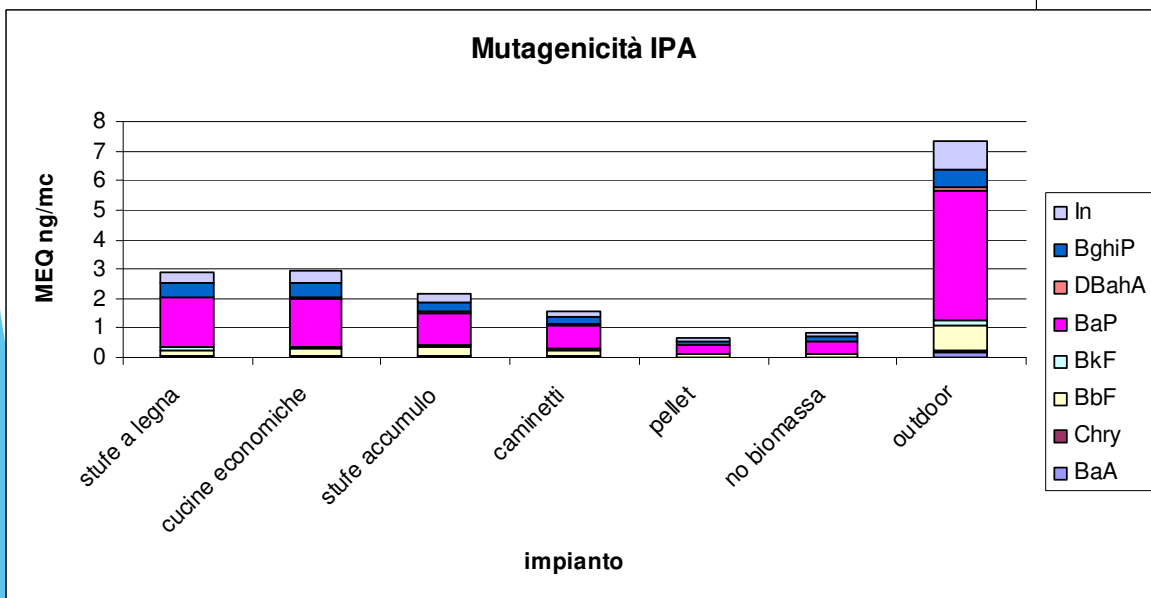
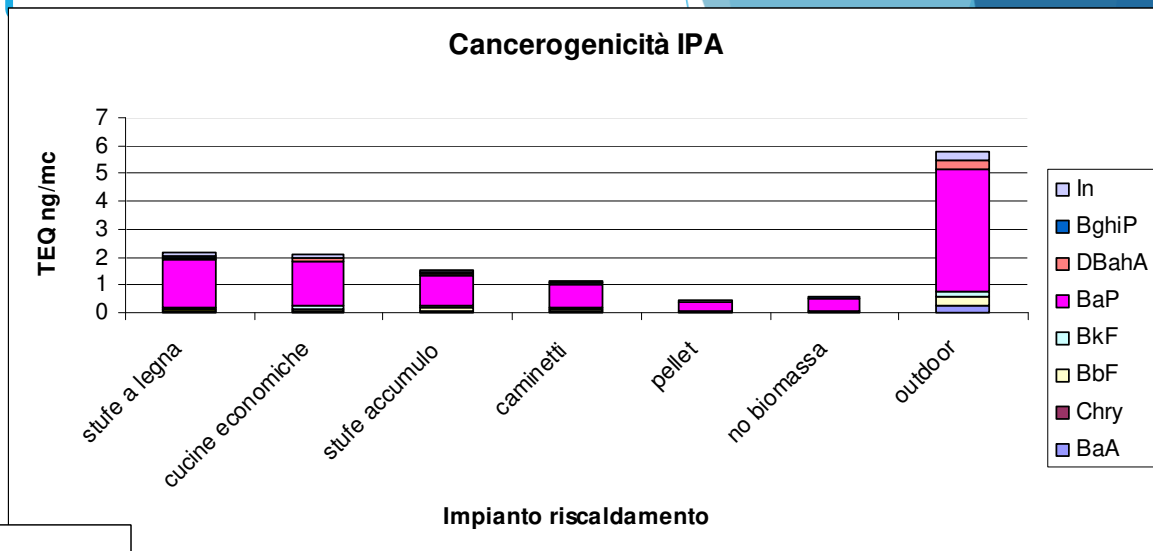


Physical parameters:

	Unit	Location	Median ⁸	95 th percentile ⁹
PM_{10}	$\mu g/m^3$	Living room	31.3 [28.2-34.4]	182.0 [119.0-214.0]
$PM_{2.5}$	$\mu g/m^3$	Living room	19.1 [17.2-20.7]	132.0 [88.3-174.0]

Esposizione a IPA in & out

le concentrazioni di IPA e la conseguente tossicità dovuta al PM10 dell'aria esterna sono decisamente superiori a quanto ritrovato all'interno delle abitazioni

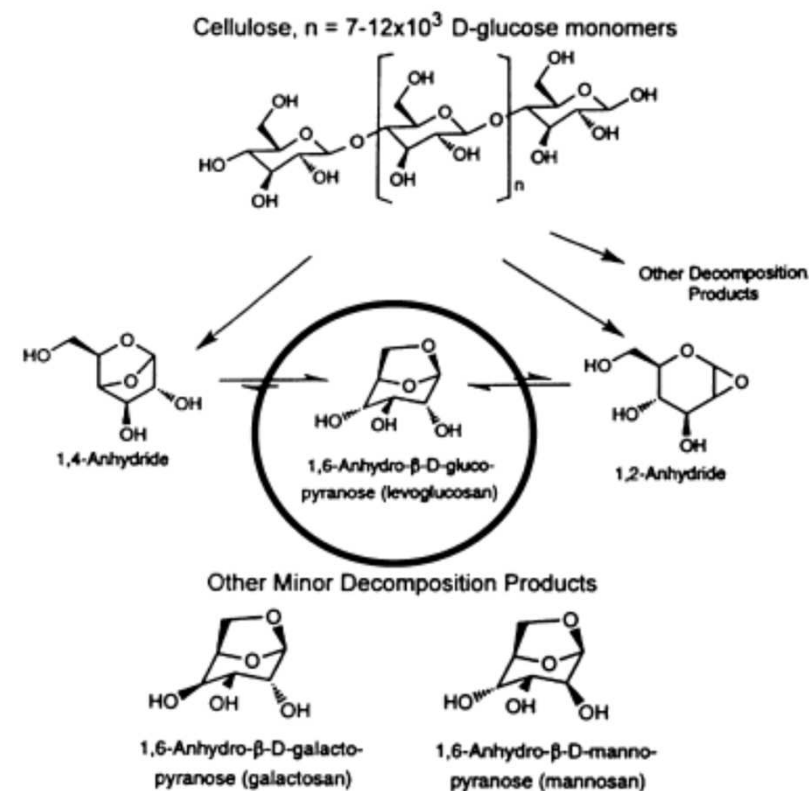
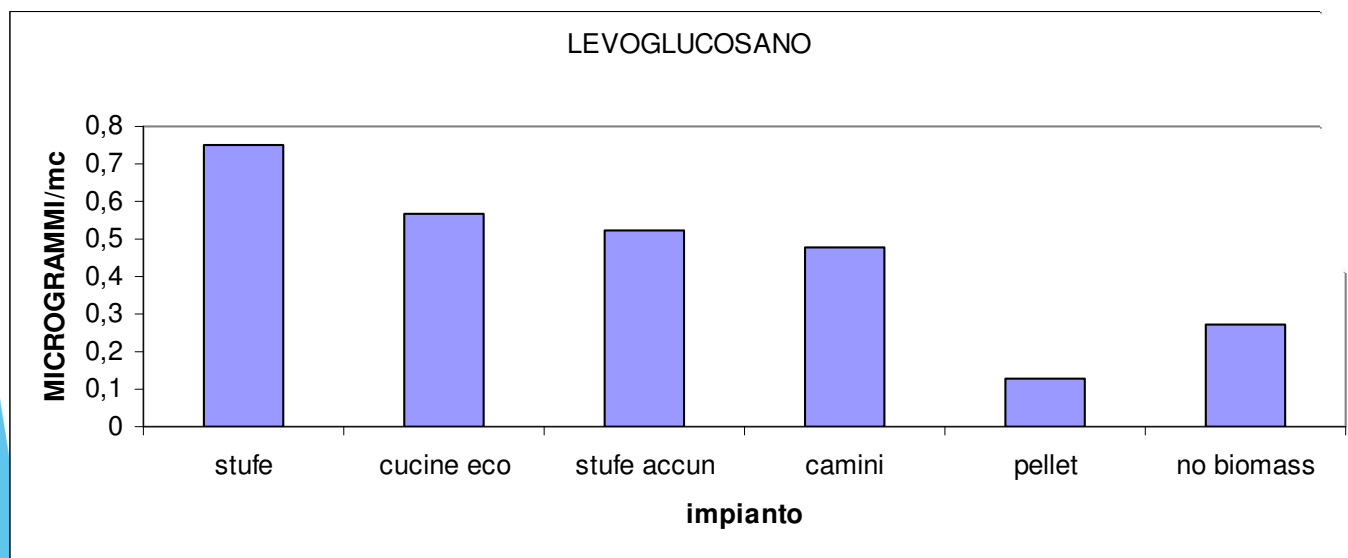


Congeners	TEFs ^a	MEFs ^b
BaA (ng m ⁻³)	0.1	0.082
Chry (ng m ⁻³)	0.01	0.017
BbF (ng m ⁻³)	0.1	0.25
BkF (ng m ⁻³)	0.1	0.11
BaP (ng m ⁻³)	1	1
IP (ng m ⁻³)	0.1	0.31
DBahA (ng m ⁻³)	1	0.29
BghiP (ng m ⁻³)	0.01	0.19

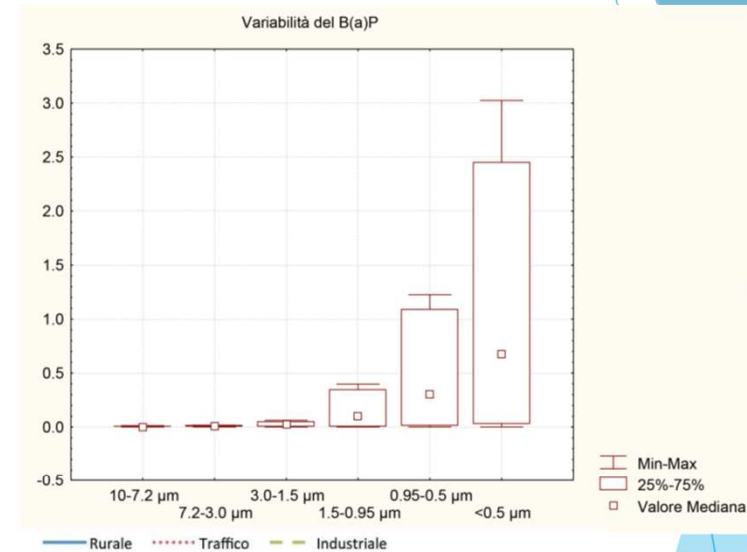
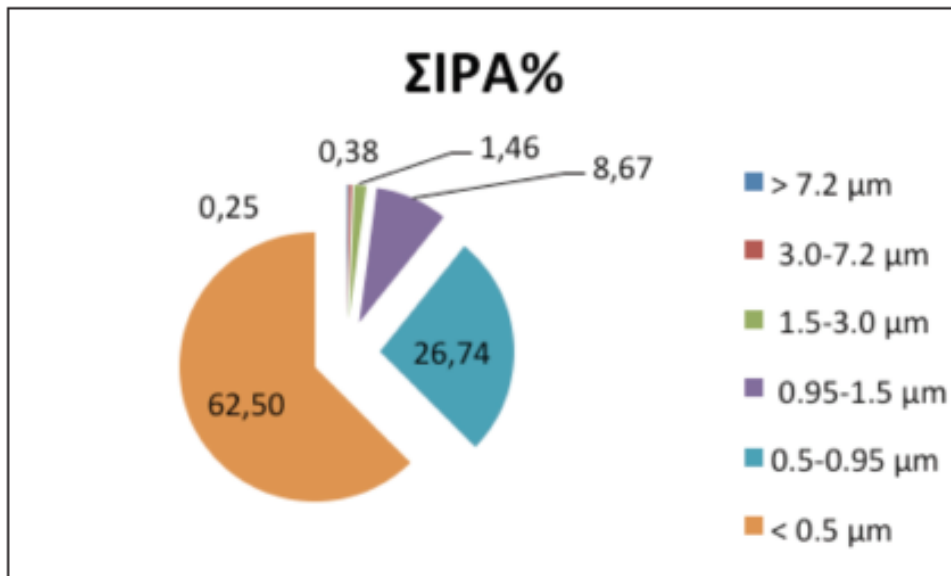
Levoglucosano

Tra le concentrazioni di levoglucosano misurate all'interno delle abitazioni il dato che presenta una varianza differente rispetto alle altre tipologie di impianto è il sistema a combustione con pellet.

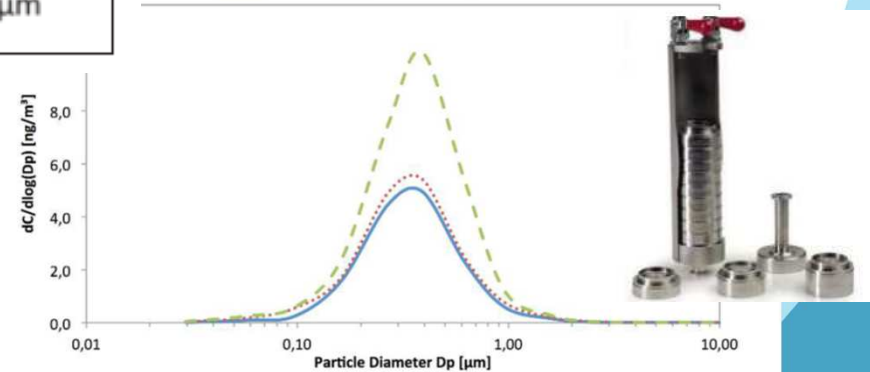
il test t di Student tra le medie delle concentrazioni di levoglucosano evidenzia che vi è una significativa differenza tra le medie di tutti i sistemi di combustione e quelle ritrovate nel sistema a combustione a pellet e nelle abitazioni che non usano biomassa per il riscaldamento.



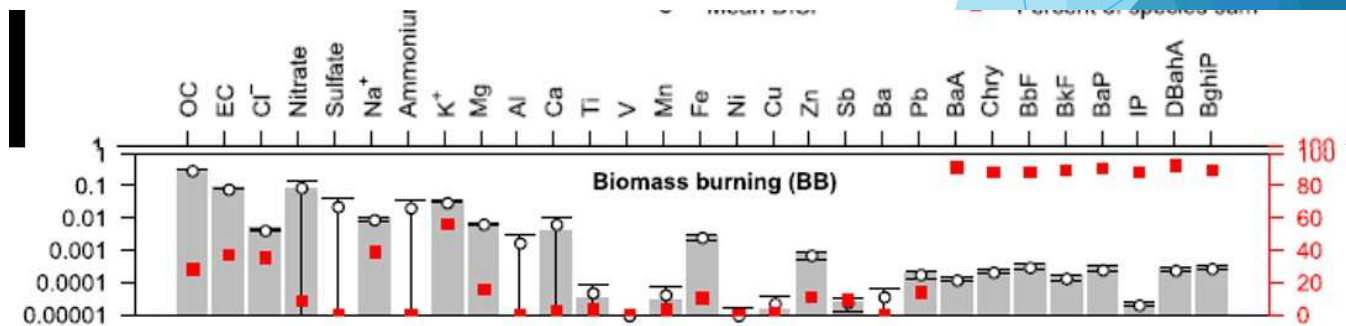
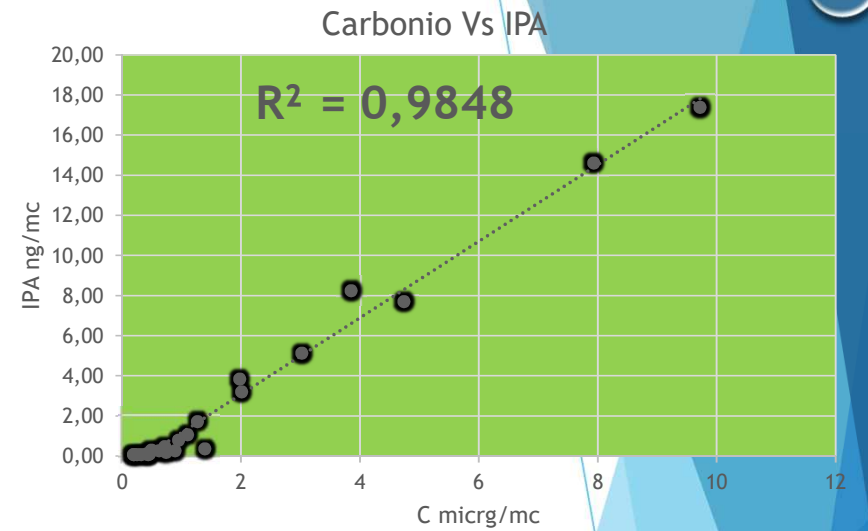
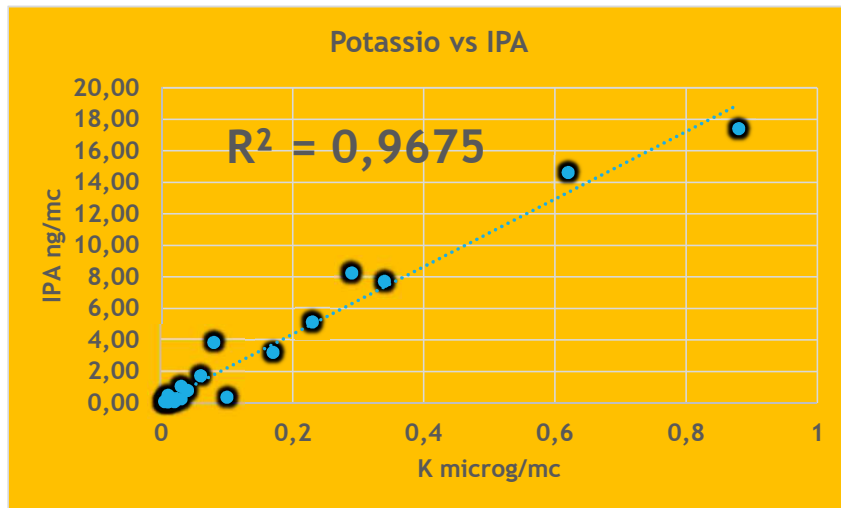
Ipa distribuzione dimensionale



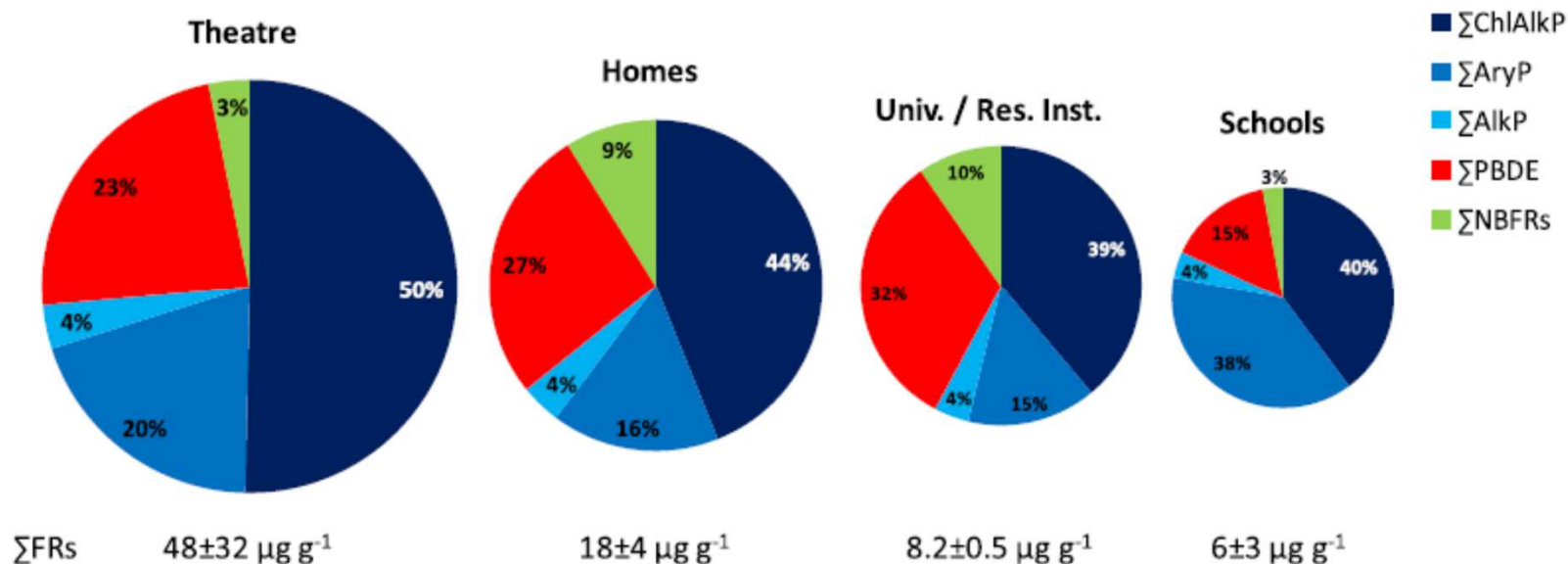
La distribuzione dimensionale della concentrazione degli IPA analizzati è monomodale, centrata su 0,4 μm



BIOMASSA



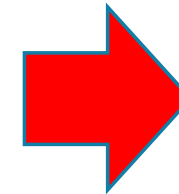
Altri inquinanti: ritardanti di fiamma



La simultanea presenza di molte famiglie di ritardanti di fiamma (FR) indica che i PBDE, ristretti nell'uso dall'Union Europea, sono stati sostituiti da altri composti. Tuttavia l'uso di PBDE-209, penta, octa-BDE è stato così importante che si trova ancora nella polvere indoor. L'uso di bromurati alternativi è comunque sotto attenzione dell'UE.

Normativa

- ▶ Accordo Stato e Regioni 27.settembre.2001:Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati
- ▶ Accordo Stato e Regioni 18.novembre.2010:linee di indirizzo per la prevenzione nelle scuole dei fattori di rischio indoor per allergie ed asma
- ▶ **DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 26 luglio 2022:** Linee guida sulle specifiche tecniche in merito all'adozione di dispositivi mobili di purificazione e impianti fissi di aerazione e agli standard minimi di qualità dell'aria negli ambienti scolastici e in quelli confinati degli stessi edifici. [\(GU Serie Generale n.180 del 03-08-2022\)](#)



Il dirigente scolastico richiede alle Autorità competenti (Dipartimenti di prevenzione delle ASL e ARPA) di effettuare le attività preliminari di monitoraggio della qualità dell'aria e di individuazione delle soluzioni più efficaci da adottare in conformità alle presenti linee guida.

Norme tecniche

- ▶ **UNI EN ISO 16000-1:2006** Aria in ambienti confinati - Parte 1: Aspetti generali della strategia di campionamento
- ▶ Altre norme della serie 16000
- ▶ Linee guida dell'ISS
- ▶ Linee guida del WHO

NORMA TECNICA	UNI EN ISO 16000-1:2006
DATA	09/07/2006
AUTORI	AMBIENTE
TITOLO ITALIANO	Aria in ambienti confinati - Parte 1: Aspetti generali della strategia di campionamento
TITOLO INGLESE	Indoor air - Part 1: General aspects of sampling strategy
SOMMARIO	La presente norma è la versione ufficiale in lingua inglese della norma europea EN ISO 16000-1 (edizione aprile 2006). La norma ha l'obiettivo di aiutare la pianificazione del monitoraggio dell'inquinamento in ambienti confinati. Prima di progettare una strategia di campionamento per il monitoraggio dell'aria in ambienti confinati è necessario chiarire per quali scopi, dove, quando, quanto spesso e su quale periodo di tempo si esegue il monitoraggio. La risposta a queste domande dipende, in particolare, da un numero di caratteristiche ambientali specifiche degli ambienti confinati: dall'obiettivo della misurazione e, infine, dall'ambiente che può essere misurato. La norma si occupa del significato di questi fattori e offre suggerimenti su come sviluppare un'ottima strategia di campionamento.
TESTO DELLA NORMA	
CLASSIFICAZIONE ICE	13.040.20
STATO VALIDITÀ	In vigore
LINGUA	Inglese
PAGINE	22
PREZZO NON BOCI	37,67
PREZZO BOCI	9,42

