



LEARNING TOXICOLOGY
THROUGH OPEN EDUCATIONAL
RESOURCES

INQUINAMENTO INTERNO

Dana PERNIU, Ileana MANCIULEA
Transilvania University of Brasov
d.perniu@unitbv.ro, i.manciulea@unitbv.ro



Erasmus+

This work is licensed under a Creative
commons attribution – non commercial 4.0
international license



1. INTRODUZIONE

L'inquinamento interno (*indoor*), è un tema importante considerando che le persone moderne trascorrono la maggior parte del tempo in ambienti interni - casa, ambienti di lavoro, spazi per il tempo libero. Gli interni sono molto diversi, la qualità dell'aria è caratterizzata da eterogeneità e molte volte può produrre effetti negativi sulla salute.

2. MICROAMBIENTI DOVE VIVE LA GENTE

L'esposizione umana agli inquinanti si verifica quando gli individui sono in contatto con un inquinante di una certa concentrazione, durante un certo periodo di tempo. L'esposizione avviene quindi nel luogo in cui le persone spesso soggiornano, in un'area denominata genericamente "microambiente". Il microambiente è definito come lo spazio tridimensionale in cui il livello di inquinante in un determinato momento è uniforme. Il microambiente è quindi caratterizzato da una costante concentrazione statistica di specie. Considerando uno schema per la classificazione dell'ambiente globale, incluso l'ambiente naturale e socio-economico) e considerando anche le statistiche internazionali, si può grossolanamente dedurre che la maggior parte della popolazione vive, per la maggior parte del tempo nei microambienti interni rurali, nei paesi in via di sviluppo .

Tuttavia, una parte significativa della popolazione vive in aree urbane e lavora in ambiente ufficio, dal momento che l'era postindustriale ha portato un passaggio dal settore manifatturiero verso il settore dei servizi e della conoscenza.

In questa sezione presenteremo gli aspetti relativi al problema della qualità dell'aria negli ambienti interni, in diversi microambienti, da zone diverse.

Ovviamente, la qualità dell'aria interna dipende da fattori come la qualità dell'ambiente esterno, le caratteristiche socio-economiche degli occupanti interni, e anche dalla loro attività e stile di vita.

indoor vs outdoor	• people spend the majority of time (80 - 90%) in in
developed vs developing countries	• over 80% of the world's population lives in develo
urban vs rural	• urbanization is occurring rapidly: ~55% of populat • in developed countries: ~75% of population live in • in developing countries: ~60% live in rural area

3. QUALITÀ DELL'ARIA IN INTERNI: TERMINOLOGIA

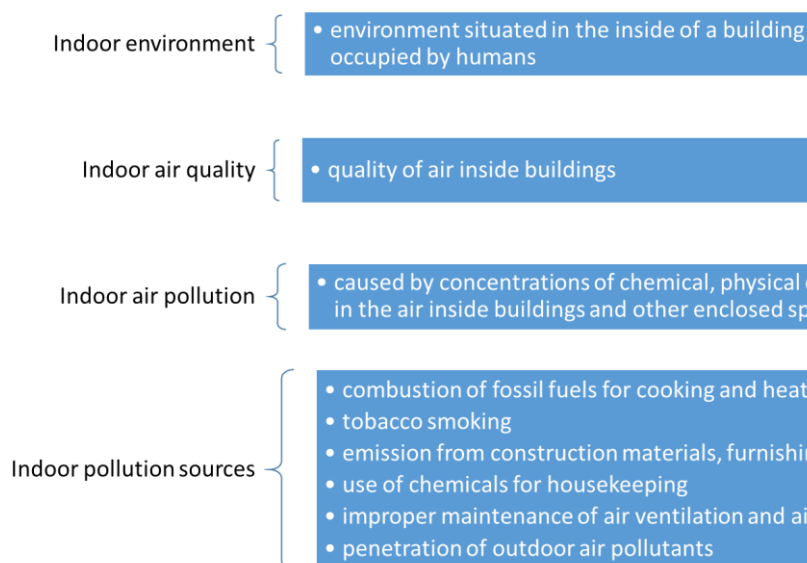
Considerando la terminologia, dovremmo prestare attenzione a diversi termini frequentemente utilizzati.

L'ambiente interno si trova all'interno di un edificio o di altri spazi chiusi, occupati da persone. Ad esempio, un edificio per uffici, un appartamento in un condominio, l'interno di un autobus.

La qualità dell'aria interna è la qualità della qualità dell'aria all'interno dell'edificio (o spazio chiuso) in cui viene analizzata.

L'inquinamento interno è causato dalla presenza nell'aria interna di concentrazioni aumentate di specie chimiche (come il monossido di carbonio), processi fisici (rumore di esempio) o contaminanti biologici (acari della polvere, ad esempio).

Tra le *fonti di inquinamento dell'aria interna* citiamo la combustione di combustibili fossili per il riscaldamento e la cottura, il fumo, le emissioni di materiali da costruzione, mobili, tappeti, l'uso di prodotti chimici per la pulizia, l'errata ventilazione o la manutenzione impropria degli impianti di climatizzazione, infiltrazione di inquinanti atmosferici dalla vicinanza esterna.



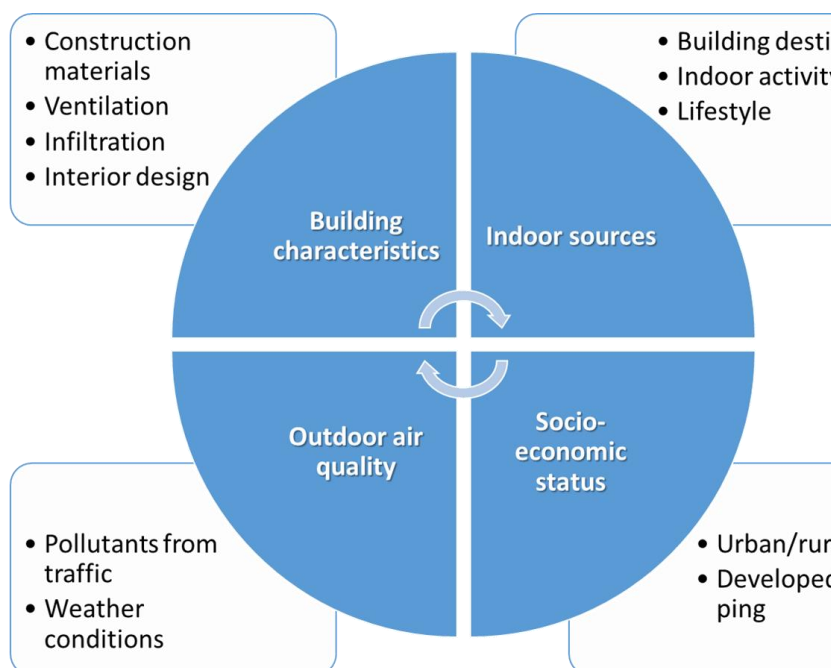
4. FATTORI CHE INFLUENZANO LA QUALITÀ DELL'ARIA INTERNA

La qualità dell'aria interna dipende da diversi fattori, qui menzionati.

In primo luogo, lo *status socio-economico* dell'area in cui l'edificio esiste. Quindi, gli edifici *differiscono per caratteristiche costruttive e design*. Pertanto, per progettazione e costruzione, l'edificio consente la ventilazione naturale o artificiale e/o favorisce l'infiltrazione degli inquinanti. La ventilazione e l'infiltrazione sono processi che prevedono lo scambio di inquinanti tra esterno e interno. La ventilazione, il processo intenzionale, è legata alle abitudini degli occupanti e dipende dalla stagione e dalle condizioni meteorologiche. L'infiltrazione non è intenzionale e consente la penetrazione dall'esterno di inquinanti di dimensioni molto ridotte, in genere particolati submicronici.

Dall'esterno, solitamente gli inquinanti formano il traffico stradale sono introdotti all'interno. Pertanto, la posizione dell'edificio in prossimità di una fonte di inquinamento è uno dei fattori importanti che influiscono sulla qualità dell'aria negli ambienti chiusi, ma ciò dipende fortemente dallo status socio-economico degli occupanti.

Non meno, le *fonti di inquinamento indoor* dipendono dalla destinazione dell'edificio, dalle attività degli occupanti, dal loro stile di vita e abitudini, elementi che influenzano fortemente la qualità dell'aria interna.



5. Contaminanti degli interni e esempi di loro sorgenti

Negli interni può esistere una miriade di sostanze inquinanti e, come detto, sono prodotte da attività / fonti interne e da fonti esterne.

Gli *inquinanti gassosi*, come il *monossido di carbonio*, il *biossido di azoto*, il *biossido di zolfo* sono generati principalmente dalla combustione di combustibili fossili. In caso di utilizzo di apparecchi di combustione non ventilati, la concentrazione di biossido di azoto nelle case può superare di gran lunga quelle che si formano all'aperto, specialmente nelle cucine, durante la cottura. Il monossido di carbonio è un gas insapore, inodore, incolore e non radioattivo prodotto dalla combustione incompleta di materiale organico ed è una delle principali cause di avvelenamento. È emessa in ambienti chiusi dove sono utilizzati apparecchi a gas, riscaldatori a kerosene non ventilati e anche il fumo di tabacco è presente. L'effetto principale della CO è il risultato della sua capacità di compromettere la capacità di legare l'ossigeno dell'emoglobina. L'effetto di avvelenamento dipende dalla concentrazione, dalla durata dell'esposizione e dallo stato generale di salute della persona esposta.

I *radicali liberi* come l'*idrossile*, i *radicali idrossiperossili* e anche l'*ozono*, sono prodotti da reazioni chimiche. L'ozono, un inquinante secondario è per lo più penetrato dall'esterno, specialmente durante l'estate, nelle giornate di sole, negli edifici situati in prossimità di strade con intenso traffico. Una fonte importante per l'ozono *indoor* è l'uso di depuratori d'aria che forniscono sollievo da numerose malattie respiratorie, o riducono gli odori e distruggono i microbi.

I *particolati*, che possono ospitare una grande varietà di inquinanti, come gli idrocarburi aromatici policiclici, i pesticidi, i composti organici volatili, i contaminanti biologici, sono il risultato della combustione, all'interno, di combustibili, tabacco e anche della penetrazione all'esterno. Le particelle possono essere rilasciate direttamente o possono essere il risultato di reazioni chimiche di precursori in fase gassosa (particolati secondari) provenienti da fonti interne ed esterne. Le caratteristiche dei particolati dipendono dalla forma delle fonti che sono prodotte e dai processi di post-emissione che coinvolgono il particolato.

Un'altra fonte di inquinamento indoor, che genera aerosol ricchi di composti *organici volatili e semi-volatili* è l'uso di prodotti chimici per la pulizia. Tra le fonti per le emissioni di composti organici volatili (VOC) in ambienti chiusi si citano nuovi mobili, tappeti, piastrelle, rivestimenti in vinile, vernici, adesivi. La *formaldeide*, un composto tossico, può esistere in ambienti chiusi dove vengono utilizzati mobili in legno e vari adesivi. La combinazione di fonti che rilasciano VOC in ambienti chiusi può comportare l'esposizione degli occupanti a un complesso "zuppa chimica" che comprende da 50 a 300 diversi singoli VOC.

Il *fumo del tabacco* contiene più di 4000 sostanze chimiche sotto forma di particelle e gas, molti dei quali sono noti come sospetti cancerogeni.

Ci sono ambienti chiusi, dove, a causa del suolo o dei materiali da costruzione, viene rilasciato il *radon*, isotopo radioattivo.

Non meno importante, va menzionata la presenza all'interno di *contaminanti biologici*, come gli acari della polvere domestica, i batteri.

Carbon monoxide fuel/tobacco combustion; outdoor	Nitrogen oxides fuel combustion; outdoor (traffic)	Sulfur dioxide coal combustion; outdoor	Free radicals and ozone indoor chemistry; outdoor
Fine particles fuel/tobacco combustion, cleaning operations, cooking; outdoor (traffic)	Polycyclic aromatic hydrocarbons fuel/tobacco combustion, cooking; outdoor (traffic)	Asbestos remodeling/demolition, construction materials	Pesticides household products, dust from outside
Aldehydes (formaldehyde) furnishings, construction materials, cooking, adhesives	Volatile organic compounds fuel/tobacco combustion, housekeeping operations, furnishings, construction materials; outdoor (traffic)	Radon soil under building, construction material	Biological contaminants damp materials, furnishings, components of climate control systems, occupants, outdoor air, pets

6. Effetti dell'esposizione all'aria di interni contaminata

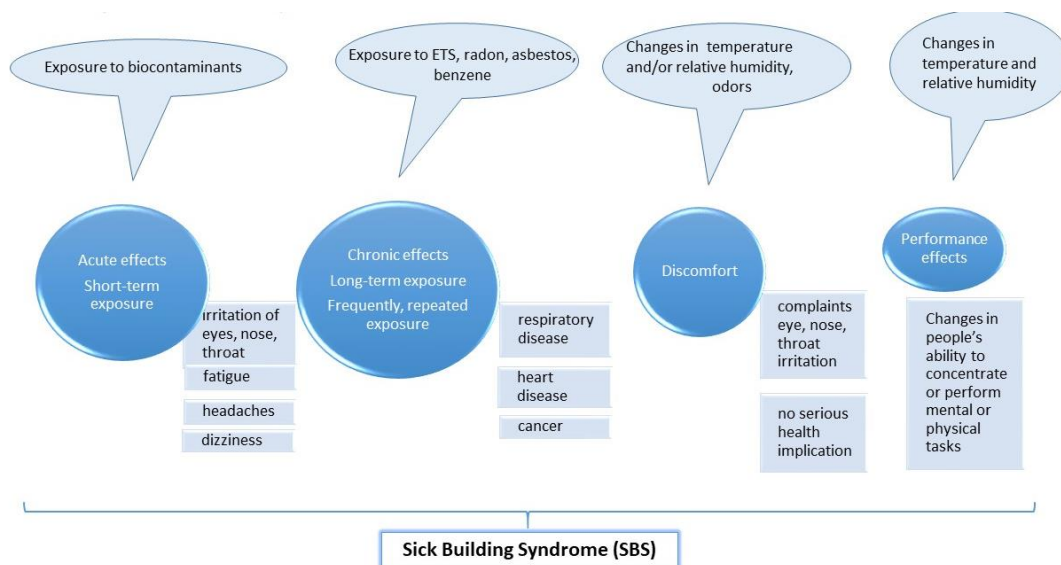
L'effetto dell'esposizione individuale all'inquinamento indoor dipende principalmente dal tipo di inquinante e dalla durata dell'esposizione. Il tempo di

risposta dopo l'esposizione è un fattore importante nella valutazione dell'effetto. Immediatamente dopo l'esposizione si manifestano gli effetti acuti come irritazioni, affaticamento, mal di testa e vertigini. Di solito questi sono causati da esposizione a contaminanti biologici, emissioni da materiali da costruzione, ma principalmente causati da una ventilazione inadeguata dello spazio.

Come risposta all'esposizione a lungo tempo o a esposizioni ripetute, si manifestano effetti cronici, il cancro ne è un esempio. Tra gli inquinanti, si menzionano il fumo di tabacco, il radon, il benzene, l'amianto.

Effetti senza gravi implicazioni sulla salute, sono il disagio e la diminuzione delle prestazioni lavorative, causate dai cambiamenti nei parametri fisici dell'aria interna.

Generalmente, viene utilizzato il concetto di "ombrello" per integrare l'insorgenza di effetti acuti dell'esposizione all'inquinamento indoor, la "sindrome dell'edificio malato". Come conseguenza di una ventilazione inadeguata, e di inquinanti gassosi e/o contaminazione di contaminanti biologici all'interno, gli inquilini dell'edificio riportano una serie di reclami per i quali non esiste una causa evidente e le analisi mediche non rivelano particolari anomalie. I sintomi sono presenti quando gli individui sono nell'edificio, ma scompaiono quando se ne vanno. Ma di solito portano all'assenteismo e/o alla diminuzione delle prestazioni lavorative e dell'efficienza delle persone esposte.



ESEMPI

Una miriade di inquinanti interni, di natura inorganica, organica o biologica, con un potenziale rischio per la salute umana ha livelli di concentrazione interni superiori a quelli all'aperto. Pertanto, l'esposizione della popolazione può essere significativamente più elevata all'interno che all'esterno. In questo contesto abbiamo

selezionato esempi di microambienti con potenziale rischio per la salute degli occupanti.

7. ACCESSO ENERGETICO IN CASE DI FAMIGLIE

L'uso di energia nelle case è una caratteristica vitale della società umana. L'energia viene utilizzata per una vasta gamma di scopi, tra cui cottura, riscaldamento dell'ambiente, illuminazione, varie attività domestiche, intrattenimento. L'accesso all'energia è definito come "una famiglia che ha un accesso affidabile e accessibile sia alle strutture per cucinare pulite che all'elettricità, che è sufficiente per fornire inizialmente un pacchetto base di servizi energetici e quindi un livello crescente di elettricità nel tempo per raggiungere la media regionale "(IEA).

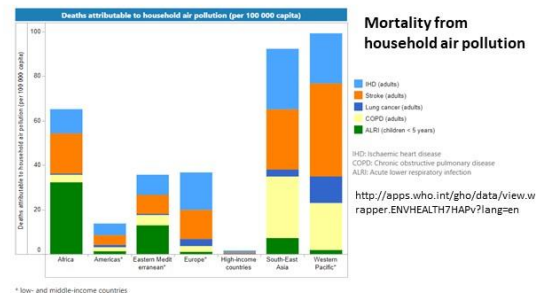
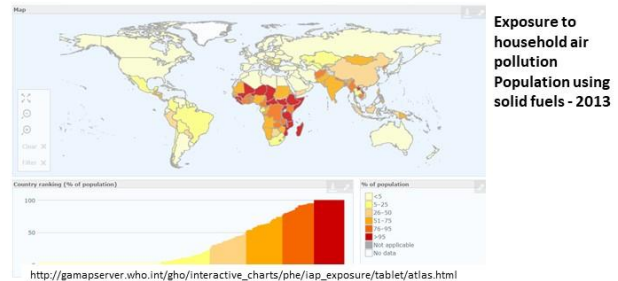
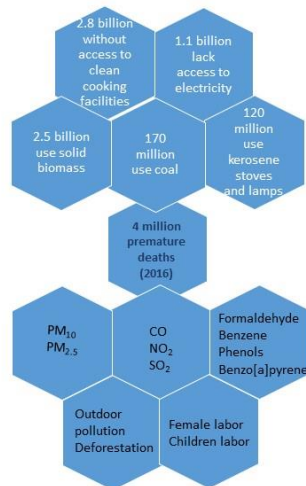
Come è stato menzionato all'inizio di questa sezione, la maggior parte della popolazione trascorre la maggior parte del tempo al chiuso, in ambiente rurale, nei paesi in via di sviluppo. A causa del basso reddito e dei bassi livelli di vita, l'accesso alle risorse per i bisogni di base come cibo e casa definisce l'esistenza di una parte significativa della popolazione mondiale. Le recenti statistiche internazionali menzionano 2,8 miliardi di persone senza accesso al combustibile pulito per cucinare e 1,1 miliardi non hanno accesso all'elettricità. Per garantire il fabbisogno di base per cucinare e riscaldare, 2,5 milioni di persone usano la biomassa solida, 170 milioni usano il carbone e 120 milioni usano il cherosene come combustibile per il riscaldamento e la cottura. Pertanto, un numero enorme di persone è esposto, nelle proprie case, a sostanze inquinanti come il particolato, il monossido di carbonio, il biossido di azoto, il biossido di zolfo, i composti organici volatili e semi-volatili. Come menzionato dall'Organizzazione mondiale della sanità, l'inquinamento atmosferico forma la combustione del combustibile delle famiglie è il più importante rischio per la salute ambientale globale oggi. Come risultato dell'inquinamento atmosferico indoor, nel 2016 sono stati registrati 4 milioni di decessi prematuri causati, nei paesi in via di sviluppo, da malattie cardiovascolari, cancro ai polmoni, malattie respiratorie acute.

Oltre agli effetti diretti sulla salute umana, l'inquinamento indoor causato dall'uso di combustibili fossili per cucinare e riscaldare, porta all'inquinamento dell'aria esterna nelle vicinanze, che colpisce il quartiere, alla deforestazione - come risultato dell'uso del legno come fonte di energia.

Le donne e i bambini sono più colpiti da questo tipo di inquinamento. Le donne sono quelle che tradizionalmente garantiscono il cibo per l'intera famiglia, quindi l'esposizione all'inquinamento indoor è lunga. I bambini, a causa di un sistema

immunitario incompleto sviluppato, sono fortemente influenzati dagli inquinanti interni.

ENERGY ACCESS IN HOUSEHOLDS



8. Microambienti in luoghi per dormire

In tutto il mondo si apprezza il fatto che le persone dormano in media 8-9 ore al giorno, ovvero un terzo del tempo. Pertanto, il microambiente dove si dorme è significativo in termini di esposizione agli inquinanti interni.

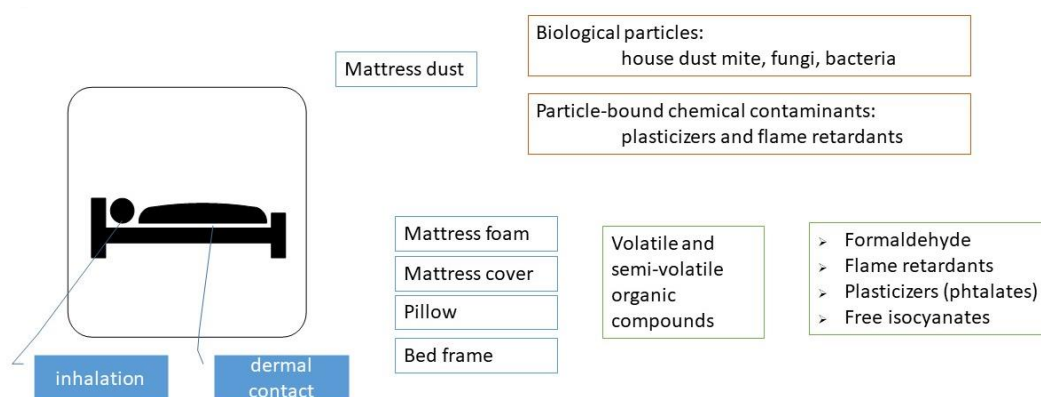
Il microambiente dove si dorme può essere definito come spazio che comprende un materasso, un cuscino, materiali per il letto, il telaio del letto e il volume di aria sopra questi elementi. Tutti questi componenti possono essere considerati fonti di inquinamento indoor, poiché si trovano in prossimità immediata di individui, pertanto l'esposizione per lungo tempo avviene tramite inalazione e contatto dermico. L'esposizione è molto più intensa nel caso dei bambini, soprattutto per i più piccoli, considerando i loro lunghi tempi dedicati al sonno e anche al basso peso corporeo. Nei microambienti del sonno può essere trovato un ampio spettro di specie con effetti nocivi sulla salute umana. I materassi, i cuscini, i materiali per la lettiera accumulano materiale biologico, come acari della polvere, funghi, batteri. Sono anche fonti di sostanze inquinanti direttamente emesse o accumulate su particelle di polvere. Vi presentiamo qui diversi esempi.

Composti chimici per la categoria di plastificanti e ritardanti di fiamma aggiunti nella schiuma di materassi sono noti come sostanze con effetti avversi sul sistema respiratorio, possono produrre danni alla pelle e tumori. Anche alcune di queste

sostanze chimiche sono vietate per l'introduzione negli articoli da letto, possono essere presenti nelle camere da letto.

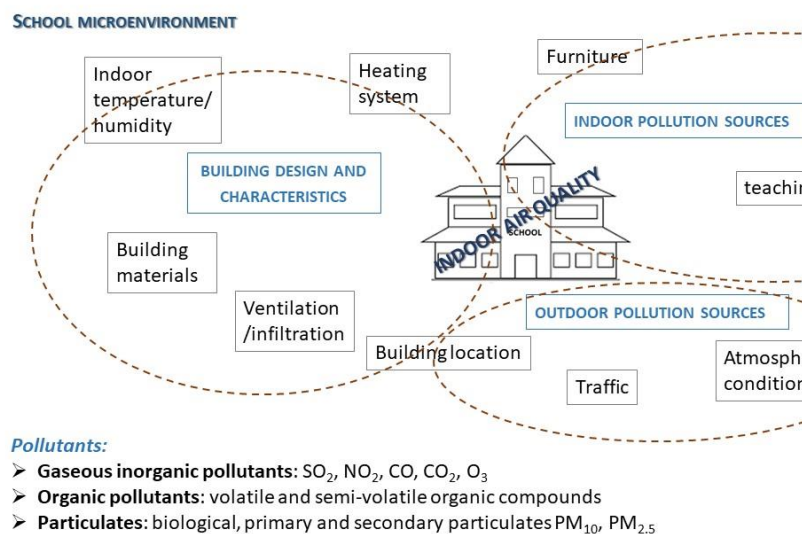
I ritardanti di fiamma sono introdotti dalla fabbricazione in materassi di poliuretano espanso. Nel tempo, sono stati usati diversi composti organici persistenti come i difenili polibromurati, gli organo fosfati.

I plastificanti, come gli ftalati, vengono aggiunti per migliorare la morbidezza e la flessibilità della maggior parte dei materassi per culle.



9. Microambiente scolastico

Senza dubbio, la scuola è un elemento chiave nello sviluppo dell'umanità, offrendo così ai bambini delle scuole di qualità un obbligo per ogni generazione. La qualità della scuola si riferisce non solo alle questioni didattiche, ma anche alla qualità del microambiente dove i bambini imparano e si sviluppano.



I microambienti critici delle scuole in termini di qualità dell'aria negli ambienti chiusi, in quanto abitualmente si trovano in prossimità di zone con intenso traffico stradale. D'altra parte, gli studenti hanno aumentato la vulnerabilità alla qualità dell'aria insicura, a causa della loro età, ma anche come conseguenza del lungo tempo trascorso nelle scuole. A scuola la densità occupazionale è elevata, i bambini sono molto attivi e gli spazi non sono sempre ben ventilati.

A causa delle attività nell'ambiente scolastico, a causa di infiltrazioni esterne, e per le caratteristiche costruttive dell'edificio, in funzione delle abitudini e dei comportamenti stagionali e degli occupanti, nelle scuole esiste un gran numero di inquinanti gassosi, con natura inorganica, organica o biologica.

Quando vengono utilizzati combustibili fossili per il riscaldamento, vengono emessi inquinanti gassosi come *ossido di zolfo*, *biossido di azoto*, *ossido di carbonio* e *diossido*. Se non ventilati, questi inquinanti possono raggiungere alte concentrazioni.

Come risultato dell'infiltrazione di inquinanti all'aperto, l'ozono è presente nelle scuole situate vicino al traffico intenso, durante i giorni di sole estivi.

L'*anidride carbonica* può raggiungere concentrazioni molto elevate in stanze povere ventilate con un'attività intensa di un gran numero di bambini. L'anidride carbonica viene solitamente considerata un parametro di riferimento per la qualità dell'aria interna e per un'adeguata ventilazione. L'effetto è una prestazione ridotta degli alunni e anche l'eventuale accumulo di altri inquinanti interni.

L'aumento significativo della concentrazione di *inquinanti organici* è correlato all'uso di vernici e colle e si è verificato anche durante le attività di pulizia, quando si

utilizzano *detergenti*. Inoltre, i tessuti, l'arredamento, i materiali da costruzione possono essere fonte di composti organici con effetti altamente nocivi sulla salute dei bambini, come la *formaldeide*, i *policlorobifenili*.

Per il *particolato* svolgono un ruolo sia le fonti interne che quelle esterne. A volte, i valori di PM possono essere significativamente più alti in indoor che in outdoor, in gran parte a causa della risospensione e soprattutto per la frazione di dimensioni più fini del particolato. Il potenziale nocivo del particolato è legato alla capacità di penetrare nelle aree più profonde del tratto respiratorio umano, trasportando composti come metalli pesanti, idrocarburi policiclici aromatici e diossine / furani attaccati sulla superficie delle particelle.

10. BIBLIOGRAFIA

<http://www.who.int/indoorair/guidelines/hhfc/en/>
<http://www.who.int/indoorair/publications/household-fuel-combustion/en/>
http://www.who.int/gho/phe/indoor_air_pollution/burden/en/
http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/HAP_BoD_results_March2014.pdf?ua=1
<http://apps.who.int/gho/data/view.wrapper.ENVHEALTH7HAPv?lang=en>
http://gamapserver.who.int/gho/interactive_charts/phe/iap_exposure/tablet/atlas.html
<https://www.iea.org/energyaccess/>
https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2017SpecialReport_EnergyAccessOutlook.pdf

Bernstein, J., Alexis, N., Bacchus, H., Bernstein, I.L., Friz P., Horner E., Li, N., Mason S., Nel, A., Oullette, J., Reijula, K., reponen, T., Selzer, J., Smith A., Tarlo, S., The health effects on nonindustrial indoor air pollution, in: The Journal of Allergy and Clinical Immunology, vol. 121 (3), 2008, 585 - 591

Barron, M., Torero, M., Household electrification and indoor air pollution, in: Journal of Environmental Economics and Management, 86 (2017) 81-92.

Boor, B.E., Spilak, M.P., Laverge, J., Novoselak, A., Xu, Y., Human exposure to indoor air pollutants in sleep microenvironments: A literature review, in: Building and Environment, 125 (2017) 528-555

Salthammer, T., Udhe, E., Schripp, T., Schieweck, A., Morawska, L., Mazaheri, M., Clifford, S., He, C., Buonanno, G., Querol, X., viana, M., Kumar, P., Children's well-being at schools: Impact of climatic conditions and air pollution, in: Environmental Intrenational, 94 (2016) 196-210

Pacitto, A., Stabile, L., Viana, M., Scungio, M., Reche, C., Querol, X., Alastuey, A., Rivas, I., Alvarez-Pedrerol, M., Sunyer, J., van Drooge, B.L., Grimalt, J.O., Sozzi, R., Vigo, P., Buonanno., Particle related exposure, dose and lung cancer risk of primary school children in two European countries, in: Science of the Total Enviornment, 616-617 (2018) 729-729



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS OF INTERNATIONAL EXCELLENCE



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



South-Eastern Finland
University of Applied Sciences



UNIVERZITA
KARLOVA



Universitatea
TRANSILVANIA
din Braşov



ИКИТ

<https://toxoyer.com>

Project coordinator: Ana I. Morales
Headquarters office in Salamanca.
Dept. Building, Campus Miguel de Unamuno, 37007.
Contact Phone: +34 663 056 665