

Corso di Laurea Magistrale in  
“BIOLOGIA PER LA SOSTENIBILITÀ”

Anno Accademico 2022-2023



# IGIENE DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

Prof.ssa Valeria Di Onofrio

*valeria.dionofrio@uniparthenope.it*



**SIS**

Scuola Interdipartimentale  
delle **Scienze**, dell'**Ingegneria**  
e della **Salute**

**DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE (DIST)**

**Materiale didattico - D.M. 752 del 30/06/2021**

# MICROCLIMA

L'insieme dei fattori fisici e chimici che caratterizzano l'aria degli ambienti confinati e che contribuiscono a determinare uno stato di benessere

Esso dipende da:

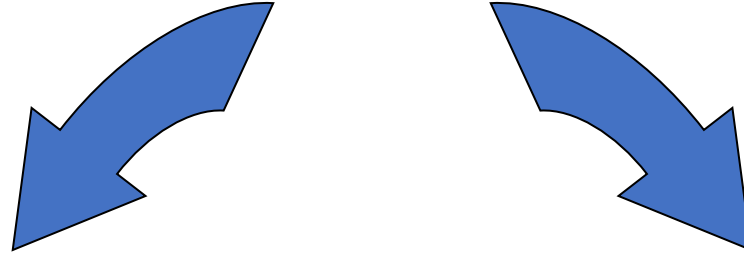
- ❖ ILLUMINAZIONE (naturale ed artificiale)
- ❖ VENTILAZIONE (naturale ed artificiale)
- ❖ RUMORE E VIBRAZIONI
- ❖ RADIAZIONI, ONDE ELETTROMAGNETICHE
- ❖ QUALITÀ DELL'ARIA

# QUALITÀ DEL MICROCLIMA

I principali parametri che avvertiamo subito in caso di bassa qualità sono la temperatura e, se è molto scarsa, la qualità dell'aria.

Entrare in un ambiente sovraffollato e non aerato produce una istantanea sensazione di disagio!

# *Microclima: fattori d'influenza*



Elementi corpuscolati

- Polveri minerali
- Polveri vegetali
- Polveri animali
- Microrganismi

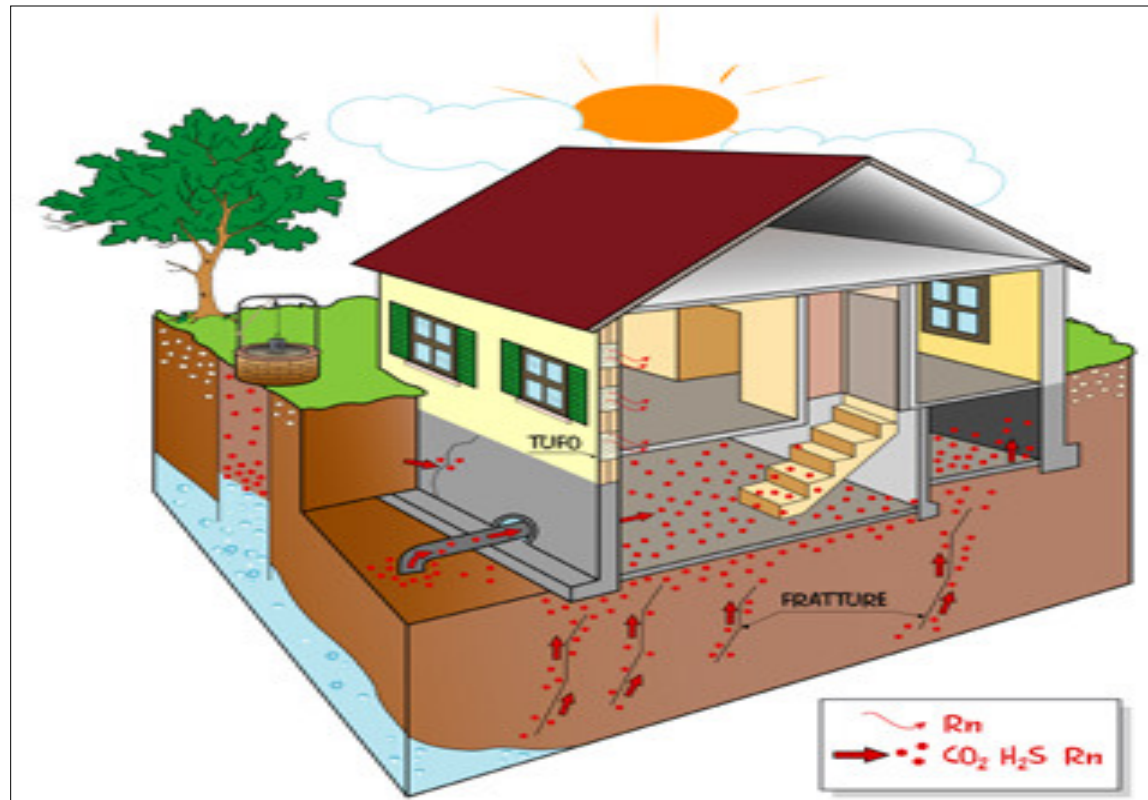
Fattori fisici

- ← Temperatura
- ← Umidità
- ← Ventilazione
- ← Pressione
- ← Irraggiamento solare
- ← Luminosità

# ORIGINE CONTAMINAZIONE INDOOR

## Origine esterna

Radon -  $\text{SO}_2$  -  $\text{O}_3$  -  $\text{NO}_2$  - Pb, altri metalli, materiali corpuscolati, pollini, IPA



# ORIGINE CONTAMINAZIONE INDOOR



*occupanti ed animali domestici*

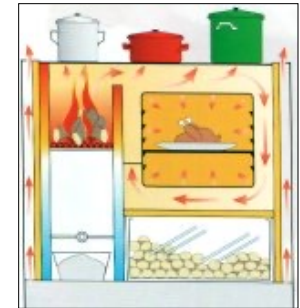


*detergenti*



*Aerosol bronchiale*

Origine interna  
**Origine interna**



*Cottura cibi*



*fumo passivo*



*Strumentazione  
d'ufficio*



*microrganismi*

# NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- ✓ Già con l'Accordo del 27/09/2001, tra Ministro della Salute, regioni e province autonome, sono state redatte le linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati.
- ✓ Nel documento “L'ambiente in Europa - Stato e prospettive nel 2010” dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA), si evidenzia come la qualità dell'ambiente all'interno degli edifici è influenzata dalla qualità dell'aria ambiente, dai materiali di costruzione e dalla aerazione, dai prodotti per i consumatori, inclusi gli articoli per l'arredamento, i tappeti, dagli elettrodomestici e dai prodotti per la pulizia della casa, dalle abitudini comportamentali degli occupanti, inclusa l'abitudine al fumo e dal mantenimento dell'edificio (es. le misure per il risparmio energetico).
- ✓ I Criteri Ambientali Minimi (CAM) sono definiti dal Decreto Ministeriale del 24 Dicembre 2015 e sono requisiti ambientali minimi da applicarsi a progetti e lavori riguardanti edifici della pubblica amministrazione. **I Criteri Ambientali Minimi stabiliscono dei limiti in termini di contenuto di Composti Organici Volatili (COV), formaldeide e altri prodotti chimici che i materiali utilizzati possono presentare, cercando così di limitare l'inquinamento ambientale indoor.**

# DEFINIZIONE

Per “ambienti indoor” si intendono gli ambienti di vita e di lavoro non industriali, quei luoghi all’interno dei quali si svolgono attività umane sia di lavoro che conviviali, di svago, di riposo e di trasporto.

- Uffici pubblici e privati
- Strutture comunitarie: scuole, ospedali, strutture sanitarie, biblioteche, alberghi, banche, caserme, etc...
- Ambienti destinati ad attività ricreative e/o sociali: cinema, teatri, bar, ristoranti, negozi, strutture sportive, etc...
- Mezzi di trasporto pubblici e privati: taxi, auto, autobus, metropolitane, treni, aerei, navi, etc...



# INDOOR OUTDOOR

- ❖ I livelli di concentrazione che gli inquinanti raggiungono all'interno degli edifici sono, generalmente, superiori a quelli dell'aria esterna; le esposizioni indoor sono maggiori di quelle outdoor perché il tempo trascorso dalle persone all'interno degli edifici, rispetto a quello trascorso all'esterno è maggiore
- ❖ Gli italiani trascorrono una media 89% della loro vita in ambienti indoor, con valori che oscillano tra 84% e 93%. Come risulta da alcune indagini condotte a livello europeo, la popolazione dei centri urbani trascorre in media il 95-97% del tempo negli ambienti confinati
- ❖ L'inquinamento indoor deve essere considerato un vero problema di sanità pubblica, in quanto determina un impatto sulla popolazione non solo per gli effetti sanitari, con costi diretti per l'assistenza medica, ma di ordine economico generale

# CATEGORIE E FORME DI INQUINANTI

Gli inquinanti che possono essere presenti negli ambienti si possono individuare tre categorie:

- Fisici
- Chimici
- Biologici

Gli inquinanti presenti negli ambienti confinati sono gli stessi presenti all'esterno, dato che penetrano negli edifici per infiltrazione o per mezzo dell'aerazione. Gli inquinanti dell'aria indoor si presentano sotto forma di:

- Gas
- Vapori
- Particolato

# CATEGORIE E FORME DI INQUINANTI

La qualità dell'aria negli ambienti interni dipende da molteplici fattori:

- ✓ Attività umane: inquinamento dovuto ai normali processi metabolici, agli animali domestici, al fumo di tabacco, alla cottura dei cibi, all'uso di detersivi e detergenti vari, profumi, etc...
- ✓ Materiali da costruzione e arredi: emissione di composti chimici volatili (COV)
- ✓ Impianti di condizionamento dell'aria: inquinamento biologico
- ✓ Combustioni, presenza di apparecchiature, sia domestiche che per l'ufficio: emissione di composti chimici volatili (COV)
- ✓ Sorgenti inquinanti esterne: provenienti dall'atmosfera, dalle acque o dal suolo.

# CATEGORIE E FORME DI INQUINANTI

Luogo	Fonti	Inquinanti
Abitazioni, locali ricreativi	Fumo di tabacco	Particolato respirabile, ossido di carbonio, VOC
	Forni a gas	Biossido di azoto, ossidi di carbonio
	Forni a legna e caminetti	Particolato respirabile, ossido di carbonio, IPA
	Materiali da costruzione	Radon, formaldeide
	Arredamenti e prodotti di consumo	Formaldeide, VOC
	Caldaie a gas	Biossido di azoto, ossido di carbonio
	Polvere	Agenti biologici
	Superfici umide	Agenti biologici, particolato respirabile

Luogo	Fonti	Inquinanti
Uffici	Fumo di tabacco	Particolato respirabile, ossido di carbonio, VOC
	Materiali da costruzione ed arredi	Formaldeide, VOC
	Fotocopiatrici	VOC, Ozono, polveri di toner
Mezzi di trasporto	Fumo di tabacco	Particolato respirabile, ossido di carbonio, VOC
	Inquinanti ambientali	Ozono negli aeromobili, ossido di carbonio e piombo negli autoveicoli
	Condizionatori da automobili	Agenti biologici, particolato respirabile



RISCHIO CHIMICO	FATTORI DI RISCHIO
<i>Fumo passivo</i>	<i>patologia tossica</i>
<i>Formaldeide</i>	<i>patologia tumorale</i>
<i>VOC, prodotti combustione (NO<sub>x</sub> - CO, etc.)</i>	<i>sindrome edificio malato</i>
<i>Allergeni chimici</i>	<i>patologia allergica</i>

# INQUINANTI INTERNI

Il termine composti organici volatili (COV), sta ad indicare una grande famiglia di sostanze, tra cui prevalgono gli alcani, i cicloalcani, i terpeni, gli idrocarburi aromatici, i clorurati e le aldeidi.

Vengono definiti VOC qualsiasi composto organico che abbia a 293,15 K (20°C) una pressione di vapore di 0,01 kPa o superiore (comma LL, art. 268 del D. Lgs 152/2006). Circa l'80% degli oltre 52 COV classificati può avere effetti irritanti se non cancerogeni per l'uomo o per gli animali.

Tra questi i più diffusi negli edifici residenziali sono il limonene, il toluene, ma il più importante da un punto di vista tossicologico e mutageno è la formaldeide.

# LA FORMALDEIDE

È un gas incolore caratterizzato da un odore forte e pungente. È un composto ampiamente utilizzato nella produzione di numerosi materiali per l'edilizia e nella fabbricazione di mobili; usata come disinfettante, insetticida, fungicida e deodorante sia per uso domestico (formalina) che per usi industriali (anche alimentari con la sigla E240) e per la disinfezione della strumentazione medica.

Le principali sorgenti di formaldeide negli ambienti confinati sono costituite da materiali da costruzione (pannelli, compensati, truciolari), dalle schiume isolanti contenenti resine formaldeidi che, dagli arredi e dal fumo di sigaretta.

# L'OZONO

Proviene prevalentemente dall'esterno, a causa del cosiddetto smog fotochimico, ma è anche prodotto da motori elettrici, stampanti laser e fax, da apparecchi che producono raggi ultravioletti

Studi tossicologici hanno dimostrato che l'ozono è un irritante per l'apparato respiratorio e per gli occhi ed è in grado di alterare la funzionalità polmonare

È un gas fortemente reattivo, in grado di ossidare numerosi elementi cellulari (amminoacidi, proteine, lipidi).

L'esposizione anche per periodi brevi a concentrazioni d'ozono superiori a 0,4 ppm può ridurre l'efficacia dei sistemi di difesa immunitari.



# IL FUMO DI TABACCO

Oltre a provocare danni certi e gravissimi ai fumatori, è una delle principali cause d'inquinamento indoor come "fumo passivo"

Il fumo passivo è formato dal fumo espirato da parte del fumatore e da quello rilasciato dalla sigaretta durante gli intervalli tra un'inalazione e l'altra

Nel fumo di tabacco sono presenti centinaia di sostanze diverse, tra le quali: tabacco bruciato, catrame, particolato, nicotina, CO, formaldeide, CO<sub>2</sub>, ammoniaca, NO<sub>x</sub>, fenoli, benzopirene, etc...

Il fumo passivo produce effetti irritativi, tossicologici e carcinogeni

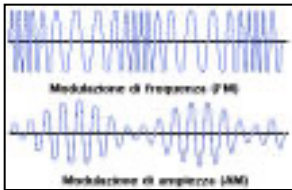
# LE FIBRE AERODISPERSE (FAV)

L'amianto o asbesto è una fibra minerale che è stata per lungo tempo utilizzata in edilizia come isolante e ritardante di fiamma; è ubiquitario.

Chimicamente costituito da lunghe reti intrecciate a doppia elica d'atomi di silicio collegati da ponti d'atomi d'ossigeno.

L'emissione d'amianto nell'aria negli ambienti dipende dalla coesione dei materiali che lo contengono e dall'intensità delle forze che agiscono sugli stessi materiali.

È da considerarsi pericolosa anche l'inalazione delle fibre artificiali vetrose (FAV); per queste gli effetti sull'organismo si manifestano dopo almeno un decennio dall'esposizione.



RISCHIO FISICO	FATTORI DI RISCHIO
<i>Radiazioni ionizzanti: RADON</i>	<i>Neoplasie</i>
<i>Radiazioni non ionizzanti:</i> <i>Campi elettromagnetici</i> <i>Radiazioni nel visibile</i> <i>Microonde</i> <i>Radiazioni U.V.</i>	<i>patologia irritativa,</i> <i>teratogena e</i> <i>neoplastica</i>





# Il problema RADON

- ✓ Il radon è un gas nobile radioattivo, incolore ed inodore, invisibile ed inerte, caratterizzato da un'accentuata pesantezza che ne facilita il ristagno negli ambienti.
- ✓ Questo elemento si trova nelle rocce, nel suolo e nelle acque nel terreno.
- ✓ È una delle principali sorgenti di radioattività naturale, ed è responsabile di quasi la metà dell'esposizione media della popolazione mondiale alle radiazioni ionizzanti, che hanno alta energia e danneggiano i tessuti dell'organismo.



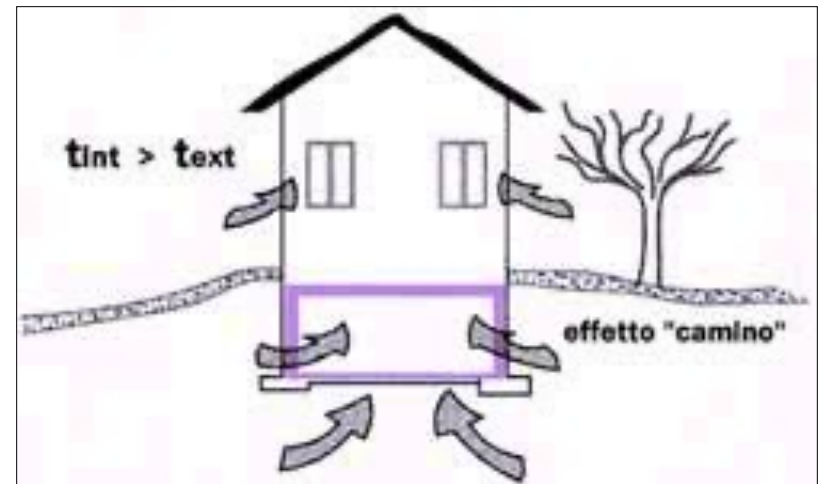
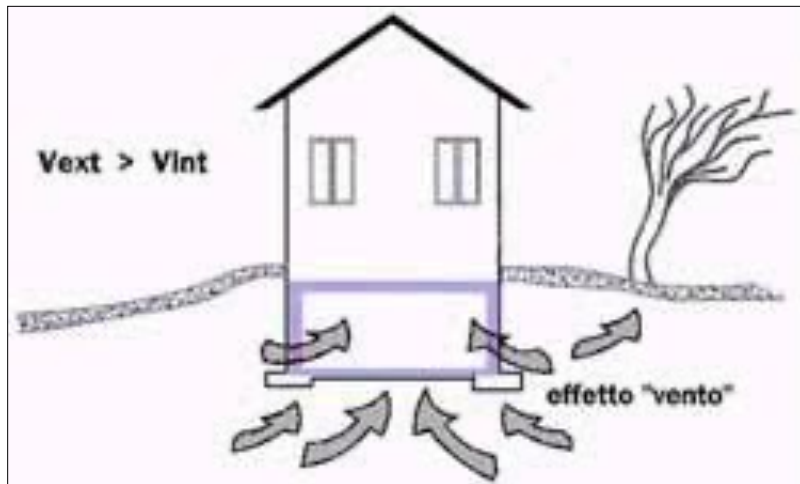
# RADON: un rischio per la salute

- ⇒ Può determinare l'insorgenza di tumori, prevalentemente a carico degli organi respiratori (bronchi e polmoni)
- ⇒ L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) classifica il radon tra gli agenti cancerogeni per l'esposizione umana



# L'inquinamento indoor da RADON

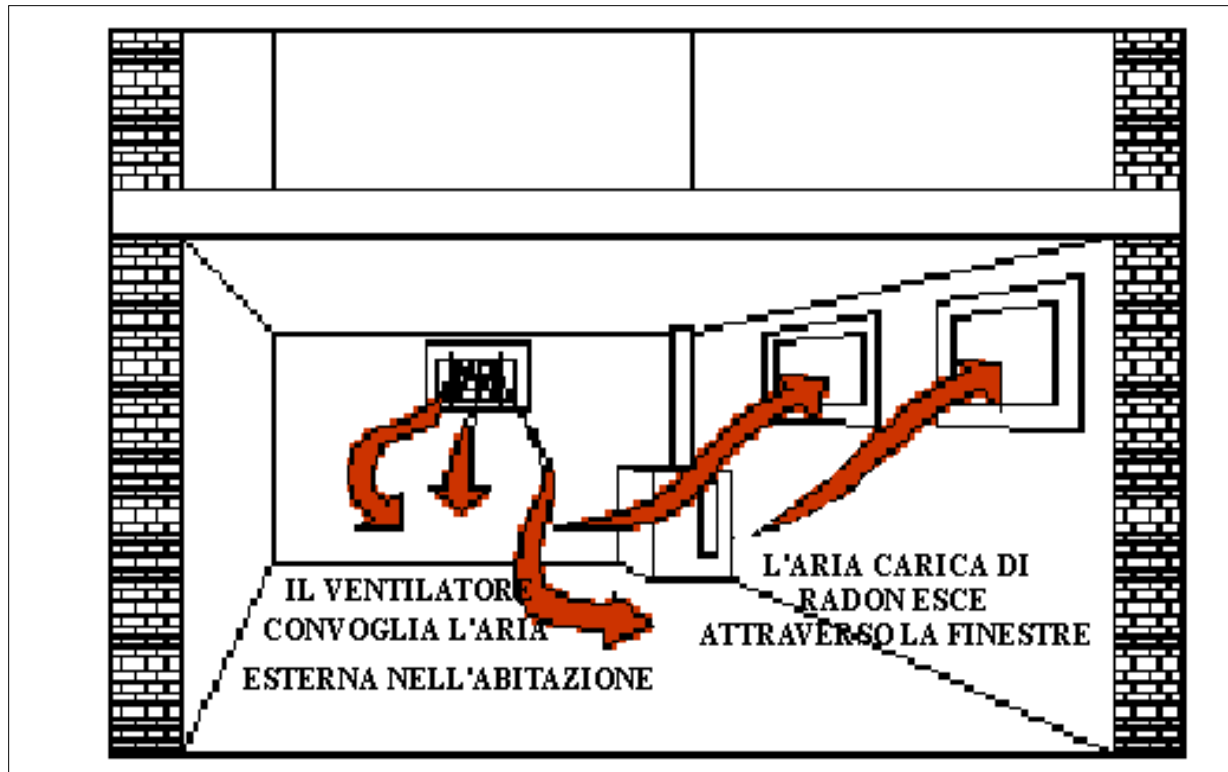
Il principale motivo che causa l'ingresso del radon è la differenza di pressione (dovuta ai venti) e temperatura che normalmente si riscontra tra l'interno degli edifici e l'esterno.





# RADON: come difendersi

V  
E  
N  
T  
I  
L  
A  
R  
E



Per mezzo di un ventilatore posto su una finestra, l'aria forzata dal ventilatore entra e spinge il radon verso l'esterno attraverso altre finestre



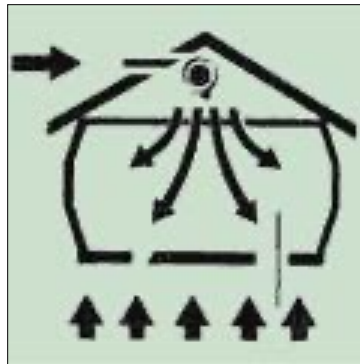
# RADON: come difendersi

Un altro insieme di interventi mira invece alla riduzione dell'ingresso del radon:

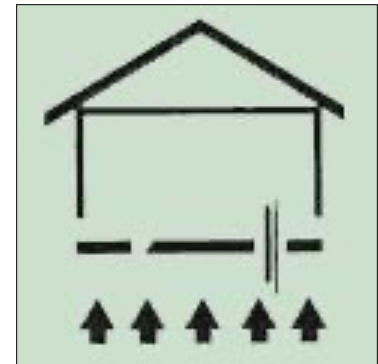
1. Depressurizzazione del suolo (creazione di un vespaio)
2. Pressurazione dell'edificio
3. Sigillatura totale o parziale



1



2



3



# I CAMPI ELETTROMAGNETICI

Sono creati da differenze di potenziale elettrico, o tensioni: più alta è la tensione, più intenso è il campo elettrico risultante. I campi magnetici si creano quando circola una corrente elettrica

Se circola una corrente, l'intensità del campo magnetico varia con il consumo di potenza, mentre l'intensità del campo elettrico rimane costante.

I campi elettromagnetici sono presenti ovunque nel nostro ambiente di vita, ma sono

- invisibili all'occhio umano
- campi elettrici sono prodotti dall'accumulo locale di cariche elettriche nell'atmosfera, in occasione di temporali.
- il campo magnetico terrestre fa sì che l'ago di una bussola si orienti lungo la direzione nord-sud
- Sorgenti artificiali per la «tecnologia»



RISCHIO BIOLOGICO	FATTORI DI RISCHIO
<i>microrganismi</i>	<i>Patologia infettiva</i>
<i>allergeni</i>	<i>Patologia allergica</i>



# CONTAMINANTI BIOLOGICI

I più comuni sono rappresentati da particelle organiche (bioaerosol) costituite da microrganismi (muffe, lieviti, batteri, virus, protozoi, alghe), da insetti (acari, aracnidi) e da materiale biologico da loro derivato (frammenti d'esoscheletro e loro escreti) o da materiale organico di origine vegetale (pollini di piante superiori).

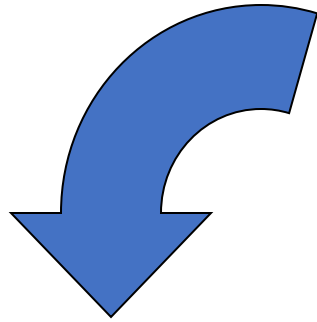
L'umidità è essenziale per la crescita di microrganismi; umidificatori, sistemi di condizionamento dell'aria ed infiltrazioni d'acqua costituiscono condizioni favorevoli alla proliferazione di microrganismi.

La maggioranza dei batteri presenti nell'aria interna è d'origine umana, mentre la maggioranza dei funghi nell'aria interna deriva da spore che traggono origine da sorgenti esterne.

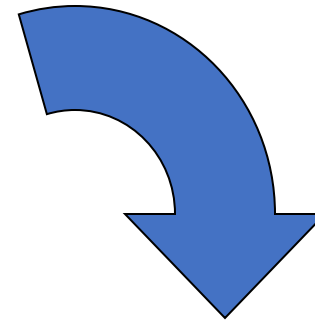
# CONTAMINANTI BIOLOGICI

- ✓ **BATTERI:** organismi semplici e di dimensioni microscopiche, estremamente diffusi in ogni ambiente: si possono trovare aerodispersi o sulla superficie degli oggetti, degli organismi ed anche al loro interno.
- ✓ **MUFFE:** piccolissimi organismi appartenenti al regno dei funghi. Nell'aria disperdono le spore che, raggiunta una superficie umida, attecchiscono e la muffa inizia a svilupparsi colonizzando un nuovo ambiente.
- ✓ **POLLINI:** cellule riproduttrici maschili delle piante con fiori. Per le loro dimensioni (tra 15 e 200  $\mu\text{m}$ ) penetrano facilmente negli ambienti confinati per via aerea o trasportati da scarpe, indumenti, animali oppure oggetti.
- ✓ **BIOEFFLUENTI UMANI:** composti chimici emessi dal corpo nel corso dei vari processi metabolici. Si tratta soprattutto di anidride carbonica, ma anche vapore d'acqua, esteri, aldeidi, alcoli, metano, composti solforati, acidi grassi, etc...

# GLI AMBIENTI CONFINATI



*(abitazione)*



## Permanente

*Abitazione ad uso civile*

## Temporanea

*Uffici – Industrie - Scuole*

*Ospedali - Mezzi Trasporto*



# EFFETTI SULLA SALUTE

Alla fine degli anni '90 si cominciò a parlare di “Malattie associate agli edifici”, includendo tutte quelle patologie che hanno un quadro clinico ben definito e per le quali può essere identificato uno specifico agente causale presente nell'ambiente confinato:

- Agenti fisici
- Agenti chimici
- Agenti biologici

Tra le malattie riconosciute:

- Sindrome da edificio malato (SBS)
- Sindrome da sensibilità chimica multipla (MCS).

Gli effetti sulla salute riguardano:

- Apparato respiratorio: asma, bronchiti, malattie respiratorie, legionellosi, alveoliti allergiche, etc...
- Cute e mucose: irritazioni, dermatiti atopiche, sensibilizzazione, etc...
- Sistema nervoso: cefalee, sonnolenza, vertigini, astenia, etc...
- Sistema immunologico: reazioni allergiche, febbre da umidificatori, etc...

# SINDROME DA EDIFICIO MALATO (SICK BUILDING SYNDROME - SBS)

combinazione di disturbi associata ad un individuo, posto di lavoro (palazzina uffici) o di residenza per la maggior parte legati alla scarsa qualità dell'aria interna.

***Fattori fisici:*** condizionamento, ventilazione, illuminazione artificiale, rumore, vibrazioni, ioni, particelle e fibre:

- la temperatura deve rimanere tra 20°C e 26°C
- l'umidità relativa non deve superare il 70% u.r. (< 30% determina irritazione agli occhi e secchezza delle prime vie aeree,
- la ventilazione deve garantire un efficiente ricambio d'aria: circa 30 m<sup>3</sup>/h per persona sedentaria non fumatrice,
- l'illuminazione artificiale: deve essere sufficiente e non provocare abbagliamenti; se eccessiva favorisce mal di testa e stress visivo,
- livelli di rumorosità elevata determinano facilmente irritabilità,
- la presenza di ioni negativi che producono elevati livelli di ozono, costituisce un fattore irritante

***Fattori chimici:*** fumo di tabacco ambientale, formaldeide, composti organici volatili, biocidi; altre sostanze gassose (CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>), odori.

***Fattori biologici:*** microrganismi patogeni

# SINDROME DA EDIFICIO MALATO (SICK BUILDING SYNDROME - SBS)

L'inquinamento indoor, in base alla concentrazione di sostanze, può causare tre tipi di patologie:

➤ Acute (a breve termine):

Irritazioni agli occhi, al naso, alla gola

➤ Croniche

Problemi ai reni, al fegato, al sistema nervoso centrale



# BUILDING RELATED ILLNESS (BRI)

La sigla BRI (Building Related Illness) ovvero Malattia Correlata all'Edificio, sta ad indicare una malattia particolare ben identificata, causata dalla presenza di determinati inquinanti in sospensione nell'aria di un ambiente chiuso.



Colonie di muffe in  
crescita rigogliosa  
dentro un canale di aria  
condizionata

**Gli occupanti lamentano sintomi come tosse; costrizione al petto; febbre; brividi; dolori muscolari.**

**I sintomi possono essere clinicamente definiti e dipendono da cause chiaramente identificabili.**

**I malesseri possono richiedere tempi molto lunghi per risolversi, anche allontanandosi dall'edificio.**

# DIAGNOSI E TRATTAMENTO DI SBS

Va svolta indagando i quattro fattori principali che influenzano l'Indoor Air Quality:

1. gli occupanti;
2. l'impianto di condizionamento;
3. possibili vie d'accesso per gli inquinanti;
4. possibili fonti di inquinanti.

- **Eliminazione o riduzione delle fonti (quando gli inquinanti sono ben identificati ed il loro controllo è tecnicamente fattibile)**
- **Aumento della quantità di aria esterna di ricambio ed il miglioramento della sua distribuzione (miglior modo, in genere, per abbassare drasticamente la concentrazione degli inquinanti)**
- **Depurazione dell'aria (ausilio efficace al controllo delle fonti ed alla ventilazione)**
- **Informazione e comunicazione (elementi importanti sia per gli interventi correttivi che per la prevenzione)**

# PREVENZIONE INQUINAMENTO "INDOOR" (Criteri e metodi)

*Minor produzione inquinanti  
"indoor"*

*idonea scelta materiali ed arredi  
idonea scelta prodotti uso domestico  
riduzione combustioni*

*Minor apporto inquinanti  
"outdoor"*

*riduzione inquinamento aria esterna  
ubicazione razionale zone abitate*

*minor accumulo inquinanti  
"indoor"*

*ventilazione idonea*

