



Progettazione secondo criteri di sostenibilità ambientale

IAQ: progettare la qualità dell'aria indoor

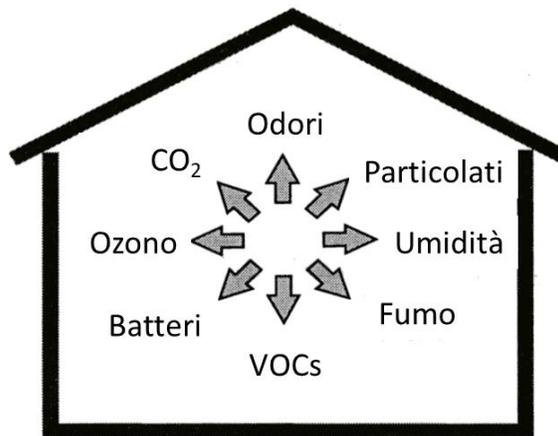
Mariadonata Bancher- Agenzia per l'Energia Alto Adige-CasaClima

IAQ: qualità dell'aria indoor

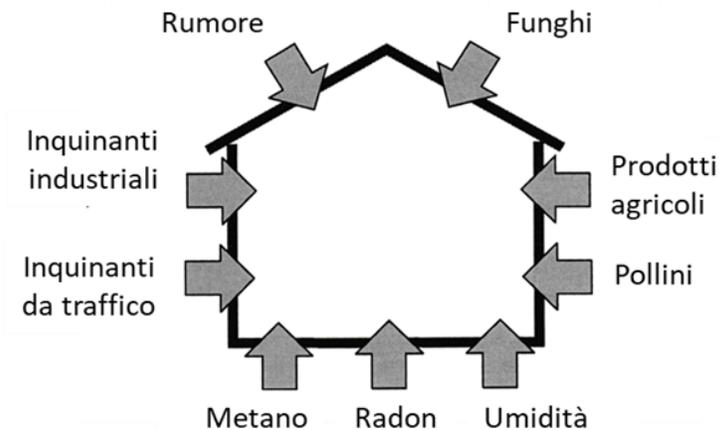
Qualità accettabile dell'aria interna:

“aria in cui non sono presenti contaminanti conosciuti in concentrazioni pericolose secondo quanto stabilito dalle autorità competenti e rispetto alla quale la maggioranza delle persone esposte (80% o più) non esprime insoddisfazione” [ASHRAE 62.1]

Quali contaminanti?



INTERNI



ESTERNI

Strategie per una buona qualità dell'aria interna

Controllo delle fonti

Eliminare le sorgenti e/o
ridurre alla fonte le sostanze
inquinanti in ambiente
interno



Azioni di mitigazione

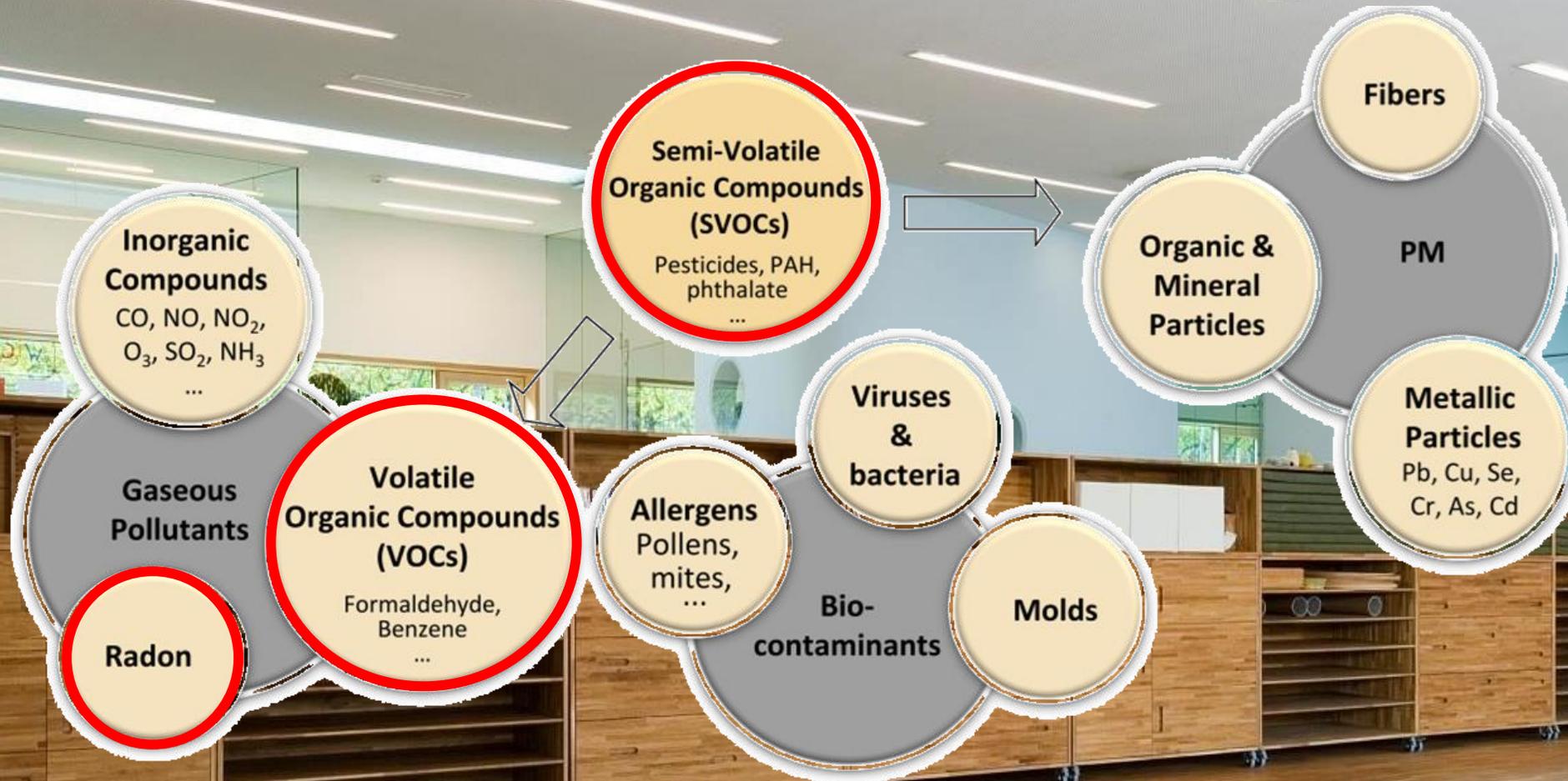
Rimuovere o diluire le
sostanze inquinanti presenti
nell'ambiente interno

- scegliere materiali/prodotti a basse emissioni di sostanze inquinanti
- prevenire la formazione di muffe
 - ridurre il rischio radon
- provvedere ad una regolare manutenzione degli impianti

favorire un ricambio d'aria
efficace e continuativo
all'interno dei locali

ventilazione naturale o
meccanica o ibrida

Inquinanti dell'aria indoor



VOC (composti organici volatili)

I VOC (composti organici volatili, anche definiti COV): insieme di sostanze diverse tra loro, in forma liquida o gassosa, che hanno la capacità di evaporare facilmente a temperatura ambiente e per questo sono definite volatili. Rientrano in questa categoria più di 300 sostanze (benzene e derivati, toluene, stirene, idrocarburi etc.)

Un'elevata concentrazione di VOC negli ambienti interni **può provocare disturbi e danni alla salute** quali: irritazione di occhi, naso, gola; emicrania, perdita di coordinamento, nausea; danni al fegato, ai reni e al sistema nervoso centrale. Alcuni composti organici possono causare cancro negli animali; alcuni sono sospettati di provocare il cancro nell'uomo, e per taluni se ne ha la certezza.

Le fonti di emissione di VOC sono numerosissime: pitture e vernici, prodotti per la pulizia della casa, pesticidi, materiali da costruzione, materiali da arredamento, fotocopiatrici e stampanti, colle e adesivi, pennarelli ed evidenziatori, materiali per la fotografia, combustibili e carburanti, cosmetici, disinfettanti etc.

SVOC: composti organici semivolatili, come ftalati e ritardanti di fiamma organofosfati. Tendono a essere rilasciati più lentamente e per periodi più lunghi rispetto ai VOC, quindi sono più persistenti.

Formaldeide (CH₂O – HCHO)

La formaldeide o aldeide formica: a temperatura ambiente è un gas incolore e dall'odore acre e irritante, solubile in acqua, capace di reagire con molte sostanze chimiche che si trovano nell'ambiente e nell'aria. Oltre a molti altri usi, viene impiegata anche per la produzione di **resine sintetiche, colle, solventi e vernici**.

A solo titolo informativo, va ricordato che la formaldeide è presente nel settore alimentare, farmaceutico e nella cosmetica. Ad esempio nella conservazione degli alimenti può raggiungere concentrazioni anche elevate: fino a 1000 ppm nel pesce affumicato, sino a 100 ppm nei crostacei. La si ritrova anche in cibi più tradizionali, come i formaggi e le mele (dove la formaldeide può arrivare a 20 ppm).

L'IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro), nel mese di giugno 2004, ha classificato la formaldeide **nel gruppo 1 dei cancerogeni**, cioè nei **cancerogeni certi per l'uomo per inalazione** e sospetta per ingestione.

Il regolamento (UE) 605/2014 della Commissione europea ha sancito la classificazione della formaldeide come **cancerogeno di categoria 1B** (secondo la classificazione fornita dal Regolamento (CE) n. 1272/2008).

Il D.M. 10.10.2008 ha **vietato l'immissione in commercio** di pannelli a base di legno e di manufatti con essi realizzati se il rilascio di formaldeide nell'ambiente **supera il valore di 0,1 ppm** (0,124 mg al metro cubo).

Problematica della qualità dell'aria: interrelazioni anche complesse tra **fattori fisici, chimici e biologici**

Fonti di emissione	Inquinanti
Materiali da costruzione e isolanti	fibre vetrose e minerali, amianto, particolato, radon, VOC, formaldeide, agenti biologici (per presenza di umidità e/o polvere),
Materiali di rivestimento e moquette	formaldeide, ftalati (SVOC), altri VOC, agenti biologici (per presenza di umidità e/o polvere)
Arredi e pavimentazioni	formaldeide, benzene, altri VOC, agenti biologici (per presenza di umidità e/o polvere)
Collanti, pitture, sigillanti, adesivi, vernici	formaldeide, benzene, altri VOC
Pannelli fonoassorbenti	Formaldeide, VOC
Tessuti	formaldeide, organofosfati, acari della polvere

Per una corretta valutazione ai fini della qualità dell'aria, non si possono considerare solo le caratteristiche emissive del singolo materiale, ma va valutato **il sistema** in cui è inserito (es. massetto-colla-pavimento)

Criteri di selezione dei materiali/prodotti da posare all'interno dello strato di tenuta all'aria ai fini dell'IAQ devono considerare:

- **emissioni di sostanze nocive** per la salute o il comfort degli occupanti
- **durabilità/integrità** nel tempo di questi materiali
- requisiti per la **manutenzione** e la **pulizia**

Test di emissione:

sono necessari per conoscere le caratteristiche emissive di un materiale/prodotto ma non sono sufficienti per caratterizzare l'impatto del prodotto in riferimento all'intero ciclo di vita.

- **Emissioni secondarie**
- **Influenza dei parametri climatici** (temperatura, umidità, velocità dell'aria)
- **Contributo dovuto all'uso di agenti ausiliari per la pulizia e la manutenzione**

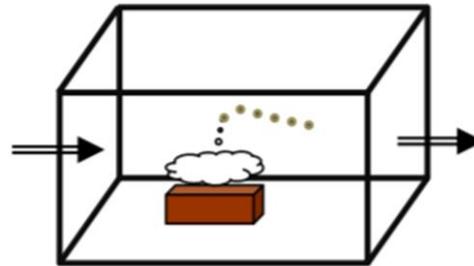
VOC: contenuto ed emissioni

Contenuto di VOC/formaldeide nel prodotto



sostanze volatili
contenute nel
prodotto liquido
finito
(in **g/l**)

Tasso di emissione di VOC/formaldeide determinato in laboratorio



fattore di emissione specifico
da misura in camera di prova
(in **$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$** o $\mu\text{g}/\text{prodotto h}$)
o tasso di emissione in
condizioni di equilibrio in
camera standard in **$\mu\text{g}/\text{m}^3$**

Concentrazione di VOC/formaldeide nell'ambiente interno



concentrazione di inquinanti
in ambiente reale
(in **$\mu\text{g}/\text{m}^3$**)

Contenuto di VOC nel prodotto

Composti organici contenuti nel materiale/ prodotto: costituenti chimici del materiale o spesso aggiunti al prodotto per conferirgli determinate caratteristiche quali ad esempio:

- durabilità (stabilizzanti e antiossidanti)
- resistenza al fuoco (ritardanti di fiamma)
- plasticità (plastificanti)
- resistenza alle muffe (antibatterici e antimicotici)

Direttiva 2004/42/CE e succ. modifiche - Decreto Legislativo 27 marzo 2006 n.161 inerente la limitazione delle emissioni di VOCs dovuti all'uso di solventi organici in alcune vernici e pitture.

La Direttiva subordina l'immissione sul mercato delle pitture e dei rivestimenti utilizzati in edilizia a **un contenuto massimo di VOC in g/l** di prodotto pronto all'uso diverso per ogni categoria.

Ecolabel per prodotti vernicianti- Decisione 2014/312/UE del 28 maggio 2014 e succ. modifiche: fa riferimento a **contenuti massimi di VOC e di SVOC** (semivolatili) per diverse tipologie di prodotto in **g/l di prodotto inclusa acqua**.

Modalità di emissione di VOC/SVOC

Le emissioni di VOC sono causate dalla diffusione delle sostanze volatili dall'interno alla superficie dei materiali e dall'evaporazione delle stesse nell'aria.

Emissioni di VOC/SVOC primarie:

rilascio in ambiente dei composti organici volatili liberi contenuti nel prodotto.

Le emissioni di VOC/SVOC primarie hanno tipicamente un profilo variabile nel tempo che prevede livelli iniziali più elevati, quando il prodotto è ancora nuovo, e livelli decrescenti con il passare del tempo a causa della progressiva eliminazione delle sostanze volatili contenute nel prodotto stesso.

Emissioni di VOC/SVOC secondarie:

composti organici volatili risultato di degradazione chimica o fisica (ossidazione, idrolisi, etc.), che si formano nel tempo per interazione del prodotto con reagenti quali ad esempio umidità, ossigeno, ozono, calore etc. oppure composti volatili prodotti dal metabolismo della flora microbologica che si può sviluppare in alcuni materiali.

Reazioni più comuni:

- **ossidazione**, favorita per esempio da presenza di ozono, NOx ecc.
- **idrolisi**, umidità + alcalinità delle superfici
un massetto cementizio bagnato sotto un pavimento in PVC → idrolisi dei ftalati in alcoli come il 2-etilesanolo
- **reazioni in fase gas**, favorite da basse velocità/ridotti ricambi d'aria che aumentano il tempo di permanenza degli inquinanti indoor
- **reazioni varie per la presenza di superfici polverose** che aumentano la superficie reale di reazione, soprattutto se le particelle e le polveri accumulate sono igroscopiche.

Le **emissioni secondarie sono dominanti dopo il primo periodo di decadimento** subito dopo l'installazione e sono strettamente correlate alle condizioni ambientali interne e all'uso di prodotti detergenti.

Emissioni di VOC secondarie

Prodotto di partenza	VOC secondari	Reagenti
Tappeti e moquette a base di lana	aldeidi, formaldeide, benzotiazolo	ozono, calore
Materassini sottopavimento	acido acetico	acqua, azoto
Sughero	acido acetico, furfurolo	calore
Condotte rivestite	aldeidi	ozono
Rivestimenti di mobili	aldeidi, acrilati, stirene, terpeni	-
Linoleum	aldeidi	acqua
Vernici alchidiche	aldeidi, acidi grassi, terpeni	-
Vernici acriliche	aldeidi, formaldeide, acido formico	ozono
Primer a base di acqua	aldeidi (esanolo)	-
Attrezzature elettroniche	aldeidi, formaldeide	ozono
PVC	2-etilesanolo	acqua
Materiali isolanti	aldeidi	umidità
Prodotti a base di legno incollato	formaldeide	ozono
Schiume e resine melamminiche	formaldeide	ozono

Emissioni di VOC secondarie

Anche i **prodotti per l'edilizia che sono basati su materie prime naturali**, per esempio il linoleum, **possono comportarsi come una fonte di emissione secondaria**.

Nel caso del **linoleum**, ad esempio, la pulizia a umido della superficie del pavimento o un sottofondo ancora bagnato possono provocare l'aumento delle emissioni e la formazione di aldeidi a causa di reazioni di **idrolisi**.

I **terpeni** emessi dai materiali a base di legno, di per sé non problematici, possono **reagire con l'ozono** e produrre **formaldeide** e altri composti problematici.

Anche i **prodotti da costruzione con un alto tasso di deposito di ozono**, di solito quelli con un'ampia superficie come i tappeti o i pannelli in gesso dei controsoffitti, dovrebbero essere considerati come potenziali **fonti di emissioni secondarie**. Questo dipende anche dalla capacità del materiale di **adsorbire e desorbire** (riemettere) gli inquinanti (**effetto sink**).

Anche **prodotti per l'edilizia a basse emissioni** possono essere fonti di emissioni secondarie a causa della **deposizione di sporco e polvere contenenti sostanze insature** che possono reagire con ozono e ossigeno e formare aldeidi e chetoni sulle loro superfici.

Influenza dei parametri climatici interni sulle emissioni di VOC/formaldeide: temperatura e umidità sono i due parametri climatici che più influenzano il tasso di emissione di VOC.

L'effetto è più importante per le emissioni dominate dall'evaporazione, es. prodotti liquidi.

Umidità:

può favorire la dispersione di inquinanti in quanto si sostituisce nei substrati desorbenti o adsorbenti alle sostanze stesse o può reagire con queste sostanze formando altri composti organici (idrolisi). La maggior proliferazione di agenti biologici in ambienti umidi favorisce a sua volta la formazione di ulteriori composti chimici.

Il rilascio di formaldeide aumenta in modo proporzionale con l'aumentare dell'umidità relativa.

Temperatura:

il rilascio di VOC è correlato anche con le temperature. Aumentando la temperatura aumenta la velocità con cui avvengono le reazioni chimiche e quindi aumenta generalmente anche l'emissione di inquinanti.

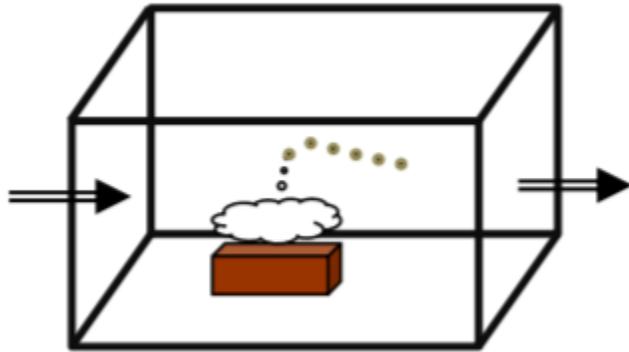
Superfici ad alta temperatura (fortemente irraggiate o riscaldate) possono favorire reazioni chimiche tra i diversi composti presenti e la formazione di prodotti secondari.

Alte temperature dei materiali possono favorire anche il loro degrado e liberare così più elevate quantità di inquinanti nell'ambiente interno.

Il rilascio di formaldeide aumenta del doppio la sua velocità con un incremento di temperatura di 7°C.

Il controllo dei parametri ambientali interni (temperatura, umidità) e delle sostanze reagenti presenti nell'ambiente (es. ozono, NOx) può limitare anche le emissioni secondarie.

Caratterizzazione delle emissioni del materiale: misura in laboratorio



Condizioni standard definite dalle diverse norme per le prove:

Temperatura

Umidità

Ricambio d'aria esterna e velocità aria

Fattore di carico

Tasso di emissione specifico o fattore di emissione EF:

quantità di VOC emessi nel tempo da 1 m² di superficie esposta o da un'unità di prodotto

Si misura generalmente in $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ o in $\text{mg}/\text{m}^2\text{h}$ o in $\mu\text{g}/\text{prodotto h}$ o $\text{mg}/\text{prodotto h}$

In alternativa può essere determinata la concentrazione di equilibrio in camera di riferimento standard in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Caratterizzazione delle emissioni

$$EF = C * \frac{n}{L} \quad \text{in } \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ h})$$

C= concentrazione in massa di inquinante nell'aria campionata

EF= fattore di emissione specifico in $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ h})$ del prodotto,

n = tasso di ricambio dell'aria nella camera considerata in h^{-1}

A= superficie di prodotto esposta in m^2

V =volume della camera in m^3

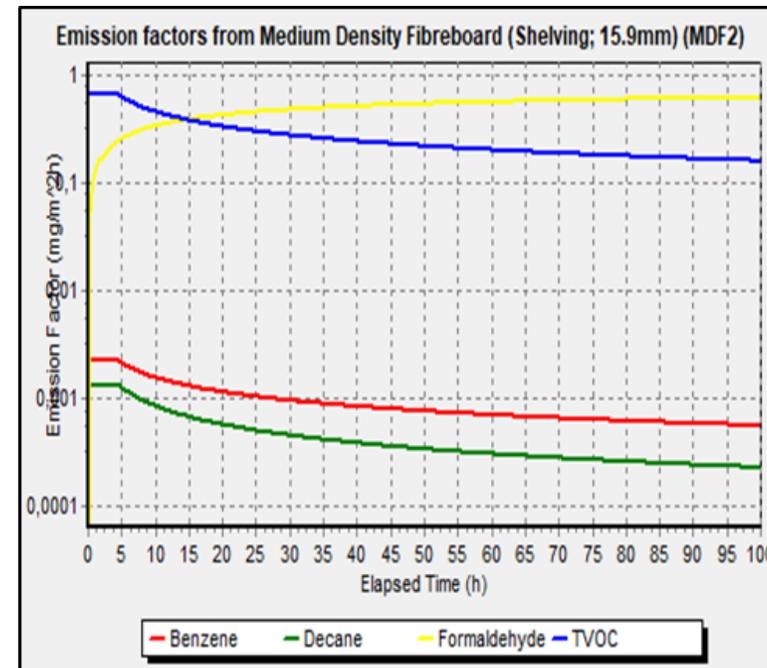
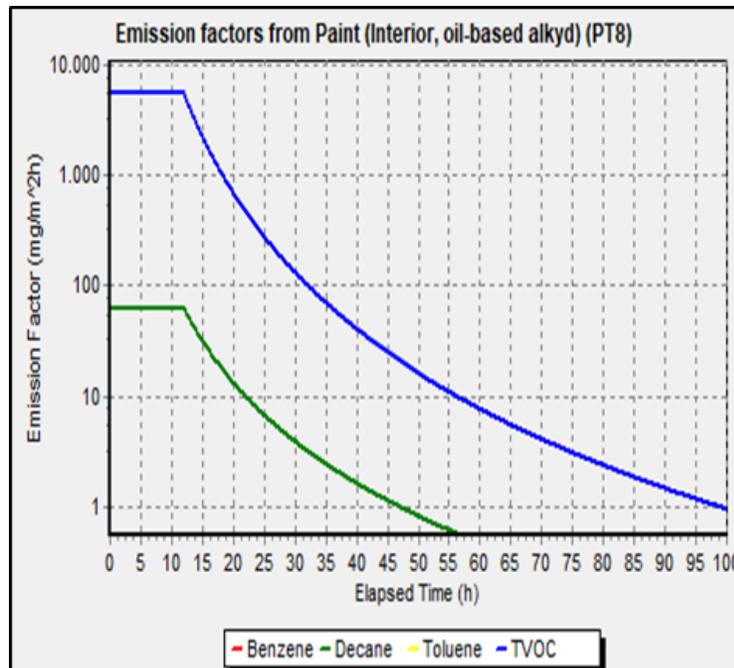
L= A/V fattore di carico in m^2 di sup. emittente/ m^3 di volume camera

$$C = \frac{EF * A}{n * V} = EF * \frac{L}{n} \quad \text{in } \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Caratterizzazione delle emissioni

Il fattore di emissione EF non è un parametro costante, ma può variare sensibilmente nel tempo a seconda della sostanza e del tipo di materiale.

Campionamenti: vengono fatte generalmente a intervalli di tempo diversi (**3d e 28 d**)



National Research Council Canada Institute for Research in Construction, *Indoor Air Quality Emission Simulation Tool (IA-QUEST)*,

Prove in laboratorio: **caratterizzano principalmente gli impatti di un prodotto sulla qualità indoor dovuti alle emissioni primarie.**

Caratterizzazione delle emissioni

Il rilascio di inquinanti da parte di un materiale può essere descritto sotto forma di un tasso di emissione ER , esprimibile mediante la seguente relazione:

$$ER = EF \cdot \text{unità di materiale} \quad [\mu\text{g}/\text{h}]$$

dove EF è il fattore di emissione specifico in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$ o in $\mu\text{g}/\text{prodotto}/\text{h}$ a seconda che il materiale sia omogeneo o composito. L'unità di materiale può essere inteso sia come numeri di unità di prodotto che come m^2 di superficie emittente.

$$EF = f(\text{materiale}, \text{inquinante}, UR, T, \text{condizioni di posa})$$

- *materiale* --> a parità di inquinante, per vernici, sigillanti e adesivi EF tende a zero rapidamente, mentre per pannelli a base di legno incollato diminuisce lentamente
- *inquinante* --> a parità di materiale, l'emissione di formaldeide rimane pressoché costante, mentre quella degli altri VOC diminuisce nel tempo
- All'aumentare di UR, T aumenta anche il tasso di emissione
- *condizioni di posa*: asciugare i materiali e non effettuare tagli o lavorazioni

Risultati da rapporto di prova: possono aiutare a stimare l'impatto emissivo dei materiali in un ambiente interno reale.

Stima: deve tenere conto che i **fattori di carico, la temperatura e l'umidità relativa** dell'ambiente reale possono essere diversi rispetto a quelli in camera standard.

Es. Variazione della concentrazione in funzione del fattore di carico a parità di altre condizioni

Pannello testato in camera di prova con fattore di carico di $1 \text{ m}^2/\text{m}^3$ dà un valore di emissione di formaldeide di $90 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ e una concentrazione di $90 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$

Se in una stanza da 50 m^3 inserisco 24 m^2 di questi pannelli ottengo una concentrazione a parità di altri parametri di $43 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$ $C = \frac{90 \cdot 24}{50}$

Se in una stanza da 30 m^3 ne inserisco 40 m^2 , la concentrazione sarà di $120 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$

Caratterizzazione delle emissioni

Le prove in laboratorio in condizioni standard non sono sufficienti per caratterizzare l'impatto dei prodotti sulla qualità dell'aria rispetto al loro intero ciclo di vita, in particolare per quanto riguarda le emissioni secondarie. Per questo dovrebbero essere fornite specifiche informazioni anche sulle **corrette procedure di installazione, pulizia e manutenzione e sulla stabilità del prodotto contro la degradazione.**



VOC: composti organici volatili

Emissione di VOC totali: è generalmente un dato poco significativo per restituire l'impatto emissivo di un prodotto:

- impatti sulla salute e il comfort delle diverse sostanze possono essere molto diversi tra di loro
- differenze nelle metodologie e strumentazioni di prova che fanno sì che i risultati possano essere molto diversi

Label di qualità e normative:

fanno sempre più riferimento a **limiti di emissione e a dichiarazioni per singole sostanze**, generalmente quelle più pericolose e più riscontrate per la tipologia di prodotto interessata.

Es. CAM: 14 composti organici + VOC totali

VOC totali = somma dei composti organici volatili la cui eluizione avviene tra l'n-esano e l'n-esadecano compreso, che viene rilevata in base al metodo previsto dalla norma ISO 16000-6.

Limite di emissione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) a 28 giorni		
a	Benzene Tricloroetilene (trielina) Di-2-etilesil-ftalato (DEHP) Dibutilftalato (DBP)	<1 (per ogni sostanza)
b	COV totali	<1500
c	Formaldeide	<60
d	Acetaldeide	<300
e	Toluene	<450
f	Tetracloroetilene	<350
g	Xilene	<300
h	1,2,4-Trimetilbenzene	<1500
i	1,4-diclorobenzene	<90
l	Etilbenzene	<1000
m	2-Butossietanolo	<1500
n	Stirene	<350

VOC: composti organici volatili



CONSIGLIO NAZIONALE
DEGLI INGEGNERI



Denominaz.campione: INTONACO + FINITURA VAJOLET FINISSIMA

Composti organici volatili in aria ambiente interno e camera di prova UNI EN ISO 16000-9:2006 + ISO 16000-6:2011

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

Tipo di prodotto	Prodotto cementizio steso su vetro
Campionamento eseguito da	Richiedente
Data di produzione	Non conosciuta
Data e ora di apertura imballo	25/06/2019 ore 11:00

CONDIZIONI SPERIMENTALI

Camera n.	908	Volume	0,25 m ³
Temperatura	23±2°C	Umidità relativa	50±5%
Ricambio aria	0,5 /h	Velocità dell'aria	0,2±0,1 m/s
Superficie del provino	0,216 m ²	Rapporto di carico	0,86 m ² /m ³

COMPOSTI ORGANICI VOLATILI	NUMERO C. A. S.	CONCENTRAZIONE (µg/m ³)	
		dopo 72 ore #	dopo 28 giorni #
Formaldeide *	50-00-0	n. d.	< 1
Acetaldeide *	75-07-0	n. d.	5
Toluene	108-88-3	< 2	< 2
Tetracloroetilene	127-18-4	< 2	< 2
Xileni isomeri	1330-20-7	24	12
1,2,4 Trimetilbenzene	95-63-6	2	2
1,4 Diclorobenzene	106-46-7	< 2	< 2
Etilbenzene	100-41-4	4	2
2 Butossietanolo	111-76-2	< 2	< 2
Stirene	100-42-5	< 2	< 2
Benzene	71-43-2	< 1	< 1
Trielina	79-01-6	< 1	< 1
1 Metossi 2 propanolo	107-98-2	2	< 2
1 Metossi 2 propanolo acetato	108-65-6	3	2
Miscela idrocarburi aromatici §	---	3	2
Di (butil) ftalato	84-74-2	< 1	< 1
Di (2-etilesil) ftalato	117-81-7	< 1	< 1
Acido acetico	64-19-7	15	12
TVOC		53	32

SVOC: composti organici semivolatili

Composti che evaporano più lentamente e quindi hanno impatti nel lungo periodo. Al contatto con liquidi o grassi si sciolgono oppure evaporano.

Tra i SVOC più preoccupanti di punto di vista dell'impatto sulla salute ci sono i **FTALATI** utilizzati come plastificanti nelle materie plastiche (ad esempio pavimenti in PVC) ma anche ad esempio nelle vernici. L'assorbimento di questi composti da parte dell'uomo può avvenire oltre che per **inalazione** anche per **ingestione** e **contatto con l'epidermide**. Le dosi assorbite dai neonati e dai bambini possono essere significative anche perché entrano più spesso degli adulti in contatto con oggetti di plastica (es. gattonando per terra o mettendo in bocca oggetti)



Ftalati a basso peso molecolare: DEHP, BBP, DBP, DIBP

Sono **agenti tossici per la riproduzione** (interferenti endocrini)

Per il Regolamento REACH sono trattati come “**Substances of Very High Concern**”- **forti limitazione all'uso**

Ftalati a alto peso molecolare: DINP, DIDP, DUP, DIUP, DTDP, FTALATI LINEARI

Non sono considerati come tossici per la riproduzione ma alcuni studi hanno dimostrato che esiste il rischio di **tossicità epatica soprattutto nei bambini piccoli**. Ciò ha portato al divieto d'impiego di queste sostanze in concentrazioni superiori allo 0,1 % nei giocattoli destinati ai bambini o negli articoli per bambini piccoli.

Le conoscenze sulla tossicità e le limitazioni all'utilizzo ftalati hanno fatto sì che oggi si utilizzino sempre più **plastificanti sostitutivi «non ftalati»**:

- il DINCH
- derivati degli acidi organici, in particolare dell'acido citrico o dell'acido adipico.

Limiti legislativi

VOC

- **Direttiva 2004/42/CE** recepita dall'Italia con il **D.Lgs. 161/2006**: limitazione delle emissioni di composti organici volatili dovute all'uso di solventi organici in talune pitture e vernici

Formaldeide

- **Circolare del Ministero della Sanità 57/1983**: limite massimo di esposizione di 0.1 ppm (124 µg/m³) negli ambienti interni contenenti compensati, pannelli truciolati e conglomerati in sughero
- **D.M. 10 ottobre 2008**: divieto di commercializzazione di pannelli a base di legno e manufatti con essi realizzati che provochino nell'aria dell'ambiente di prova una concentrazione di equilibrio di formaldeide > 0.1 ppm

CAM Edilizia DM 23 giugno 2022 n. 256

Limite di emissione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) a 28 giorni		
a	Benzene Tricloroetilene (trielina) Di-2-etilesil-ftalato (DEHP) Dibutilftalato (DBP)	<1 (per ogni sostanza)
b	COV totali	<1500
c	Formaldeide	<60
d	Acetaldeide	<300
e	Toluene	<450
f	Tetracloroetilene	<350
g	Xilene	<300
h	1,2,4-Trimetilbenzene	<1500
i	1,4-diclorobenzene	<90
l	Etilbenzene	<1000
m	2-Butossietanolo	<1500
n	Stirene	<350

Categorie

- Pitture e vernici per interni
- Pavimentazioni incluse resine liquide
- Adesivi e sigillanti
- Rivestimenti interni
- Pannelli di finitura interni
- Controsoffitti
- Schermi al vapore sintetici per la protezione interna del pacchetto isolante

Fattori di carico per prove (con 0,5 ricambi d'aria per ora)

- Pareti: $1 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- Pavimenti o soffitto $0,4 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- Piccole superfici (porte) $0,05 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- Finestre $0,07 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- Sigillanti $0,007 \text{ m}^2/\text{m}^3$

Limiti di riferimento per emissioni

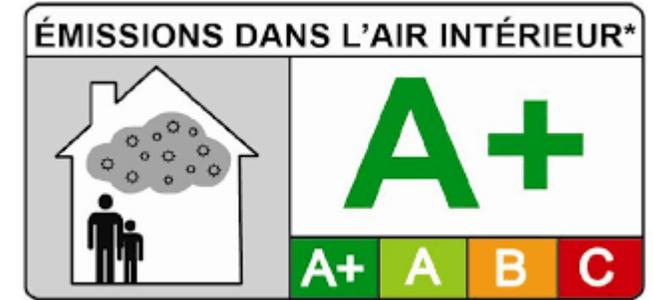


CONSIGLIO NAZIONALE
DEGLI INGEGNERI



CAM Edilizia DM 23 giugno 2022 n. 256 Criteri premianti

Limite di emissione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) a 28 giorni		
a	Benzene	<1 (per ogni sostanza)
	Tricloroetilene (trielina)	
	Di-2-etilesil-ftalato (DEHP)	
	Dibutilftalato (DBP)	
b	COV totali	<1000
c	Formaldeide	<10
d	Acetaldeide	<200
e	Toluene	<300
f	Tetracloroetilene	<250
g	Xilene	<200
h	1,2,4-Trimetilbenzene	<1000
i	1,4-diclorobenzene	<60
l	Etilbenzene	<750
m	2-Butossietanolo	<1000
n	Stirene	<250



	C	B	A	A+
TVOC	>2000	<2000	<1500	<1000
Formaldeide	>120	<120	<60	<10
Acetaldeide	>400	<400	<300	<200
Toluene	>600	<600	<450	<300
Tetracloroetilene	>500	<500	<350	<250
Xilene	>400	<400	<300	<200
1,2,4-Trimetilbenzene	>2000	<2000	<1500	<1000
1,4-diclorobenzene	>120	<120	<90	<60
Etilbenzene	>1500	<1500	<1000	<750
2-Butossietanolo	>2000	<2000	<1500	<1000
Stirene	>500	<500	<350	<250

Valori guida per concentrazione limite in ambiente

Tabella 1: Valori guida di qualità dell'aria dell'ECA, dell'OMS e di alcuni Paesi europei

	ECA	OMS outdoor	OMS indoor	Germania	Francia	Belgio	Finlandia	Portogallo
Benzene $\mu\text{g}/\text{m}^3$	450	-	-	4 (7 gg)	2 (7 gg)	≤ 2	-	-
Formaldeide $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10	100 (30 min)	100 (30 min)	12	30 (7 gg)	≤ 10 (30 min) 100 (30 min)	50	100
CO mg/m^3	-	100 (15 min)	100 (15 min)	60 (30 min)	100 (15 min)	5,7 (24 h)	8	12,5
	-	60 (30 min)	35 (1 h)	15 (8 h)	60 (30 min)	30 (1 h)	-	-
	-	30 (1 h)	10 (8 h)	-	30 (1 h)	-	-	-
NO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	10 (8 h)	7 (24 h)	-	10 (8 h)	-	-	-
	-	200 (1 h)	200 (1 h)	350 (30 min)	200 (1 h)	≤ 135 (1 h)	-	-
Naftalene $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	40 (1a)	40 (1a)	60 (7 gg)	40 (1a)	200 (1 h)	-	-
	-	-	10 (1a)	20-200 (7 gg)	10 (1a)	-	-	-
Stirene $\mu\text{g}/\text{m}^3$	250	260 (7 gg)	-	-	-	-	-	-
	-	70 (30 min)	-	-	-	-	-	-
Tetracloroetilene $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	250 (1a)	250 (1a)	1 (7 gg)	1380 (1-14 gg)	≤ 100	-	-
	-	-	-	-	250 (1 a)	-	-	-
Tricloroetilene $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	1 (7 gg)	800 (14 gg-1 a)	≤ 200	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-
Diclorometano $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	3000 (24 h)	-	200-2000 (24 h)	-	-	-	-
	-	450 (7 gg)	-	-	-	-	-	-
Toluene $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2900	260 (7 gg)	-	300-3000 (1-14 gg)	-	≤ 260	-	-
	-	1000 (30 min)	-	-	-	-	-	-
VOC $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	-	≤ 200	-	600
	-	-	-	-	-	-	-	-
PM ₁₀	-	50 (24 h)	-	-	50 (24 h)	≤ 40 (24 h)	50	150
	-	20 (1a)	-	-	20 (1a)	-	-	-
PM _{2,5}	-	25 (24 h)	-	25 (24 h)	25 (24 h)	≤ 15 (1 a)	-	-
	-	10 (1a)	-	-	10 (1a)	-	-	-

Fonte: Fellin, Negri, Marra

Valori soglia OMS

Inquinante	Concentrazione limite
Benzene	17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (con un rischio unitario di 1/10000)
CO	100 mg/m^3 - media su 15 minuti
	35 mg/m^3 - media oraria
	10 mg/m^3 - media su 8 ore
	7 mg/m^3 - media giornaliera
Formaldeide	0.1 mg/m^3 - media su 30 minuti
Naftalene	0.01 mg/m^3 - media annuale
NO ₂	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - media oraria
	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - media annuale
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	1.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (con un rischio unitario di 1/10000)
Radon	300 Bq/m ³
Tricloroetilene	230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (con un rischio unitario di 1/10000)
Tetracloroetilene	0.25 mg/m^3

Etichette di qualità per emissioni indoor

	The Blue Angel (ISO 14024)	Nato nel 1977 in Germania, conta più di 4000 prodotti suddivisi in 80 categorie. Impone dei valori massimi di emissione a 1 giorno e a 28 giorni per pannelli a base di legno, pavimenti, adesivi, pitture, materiali isolanti e molti altri prodotti.
	Indoor Climate Label	Fondato nel 1993 in Danimarca dal ministero per l'edilizia, definisce i requisiti di emissione dei materiali in termini di VOC, SVOC, sostanze cancerogene e rilascio di polveri e fibre e valuta l'impatto degli stessi in termini di odore e di irritazione nei confronti dell'uomo. Comprende una vasta gamma di prodotti tra cui arredi, pitture, tappeti e pavimenti.
	M-1 Classification	Etichetta finlandese nata nel 1995, valuta i prodotti rispetto al loro impatto sulla qualità indoor e sulla salute. La classificazione definisce precisi limiti per le emissioni di VOC, formaldeide e ammoniaca e prevede test sull'accettabilità degli odori sprigionati dai materiali.
	Natureplus (ISO 14024)	Nato in Germania, considera l'intero ciclo di vita dei prodotti e richiede la verifica delle emissioni di inquinanti, tra cui VOC e formaldeide. Comprende isolanti, materiali in legno, materiali compositi per cappotti, pitture, rivestimenti superficiali, adesivi, ecc.
	EU Ecolabel (ISO 14024)	È un marchio di tipo I disciplinato dal Regolamento (CE) n. 66/10, applicato a tutti i beni distribuiti e/o consumati in Europa, ad eccezione dei medicinali. Definisce requisiti per diversi gruppi di prodotti quali rivestimenti per pareti e pavimenti, vernici, mobili, prodotti tessili e per pulizia.

Marchi/certificazioni di qualità

	<p>Émissions dans l'air intérieur</p>	<p>Come sancito dal Decreto n. 321/2011, tutti i materiali edilizi per interni venduti e commercializzati in Francia devono riportare tale etichettatura, basata su una dichiarazione del produttore in base a delle prove in laboratorio. L'etichetta prevede la classificazione dei prodotti in 4 categorie a seconda delle emissioni di VOC a 28 giorni.</p>
	<p>ANAB – ICEA (ISO 14024)</p>	<p>Nasce in Italia dalla collaborazione tra ANAB e ICEA con lo scopo di valorizzare i prodotti ecologici per costruzione e per arredo. Comprende prodotti e materiali per la bioedilizia, tra cui laterizi, isolanti, malte, intonaci, pitture, detergenti ecologici e bio-arredi.</p>
	<p>Nordic Swan Ecolabel (ISO 14024)</p>	<p>Il Nordic Swan Ecolabel è stato istituito nel 1989 dal Nordic Council of Ministers come sistema volontario di etichettatura ecologica per i paesi nordici Danimarca, Finlandia, Islanda, Norvegia e Svezia. Definisce stringenti criteri ambientali legati al ciclo di vita, alle emissioni e all'utilizzo di sostanze chimiche per 59 categorie di prodotti.</p>
	<p>GEV-EMICODE</p>	<p>Nato in Germania nel 1990, questo label prevede per diverse categorie di materiali, tra cui pavimenti, adesivi, vernici e materiali da costruzione, test di emissione secondo la ISO 16000-6. A valle di questi test, i materiali vengono suddivisi in tre classi in funzione dell'emissione di TVOC.</p>

Etichette/ certificazioni riconosciute nei CAM:

AgBB, Blue Angel, Eco-INSTITUT Label, GEV EMICODE EC1-EC1+, Indoor Air Comfort e Indoor Air Comfort Gold (Eurofins), M-1 Classification, CATAS Quality award e Quality award PLUS, Cosmob Qualitas Praemium-INDOOR HI-QUALITY Standard e Plus

Materiali e prodotti a basse emissioni da verificare:

I. Materiali e prodotti a base di legno incollato



II. Materiali isolanti per interni



III. Prodotti liquidi per le finiture interne



Devono essere verificati tutti i valori di emissione degli elementi interni le cui superfici di emissione si trovino ***all'interno dello strato a tenuta all'aria (inclusi gli elementi che costituiscono lo strato di tenuta all'aria)***



Requisiti prodotti in legno incollato

Pannelli grezzi o rivestiti, compensati, pannelli di rivestimento, pavimenti

VALORE MASSIMO DI EMISSIONE DI FORMALDEIDE:	
VALORE AI SENSI DI UNI EN 717-1 (CAMERA DI PROVA) PANNELLI GREZZI O RIVESTITI	0,05 ppm (0,062 mg/m ³)
VALORE AI SENSI DELLA UNI EN ISO 12460-3 (GAS ANALISI) COMPENSATI, PANNELLI DI LEGNO MASSICCIO, LVL, PANNELLI RIVESTITI	1,5 mg/h m ²
VALORE AI SENSI UNI EN ISO 12460-5 (PERFORATORE) PANNELLI GREZZI DI PARTICELLE, MDF, OSB	4 mg/100 g
VALORI DAI SENSI DI JIS A1460 (DESICCATOR TEST)	F**** 0,3 mg/l

Sono escluse travi portanti dei tetti e dei solai (limite 0,10 ppm)

Requisiti prodotti isolanti (termici o acustici)

VALORE MASSIMO DI EMISSIONE DI FORMALDEIDE:	
UNI EN 717-1, UNI EN ISO 16000-3	0,05 ppm (0,062 mg/m ³)
VALORE MASSIMO DI EMISSIONE DI TVOC (28 d)	
UNI EN ISO 16000-6, UNI EN ISO 16000-9, UNI EN ISO 16000-11	300 µg/m ³ (0,3 mg/m ³)



Requisiti prodotti liquidi per finiture interne



- **Contenuto massimo di VOC**
- **Assenza di alcune indicazioni di pericolo**
- **Assenza di metalli pesanti**
- **Contenuto massimo di formaldeide**
- **Assenza di determinati composti organici**

IAQ nei protocolli CasaClima

Tool per la progettazione della qualità dell'aria nelle scuole

Versione 2.0

0. Informazioni

0.1 Legenda, versioni e informazioni tool QAES

0.2 Riferimenti CO₂

1. Calcolo emissione HCHO

1.1 Setup materiali e normative

1.2 Calcolo tasso di emissione HCHO

2. Design ventilazione

2.1 Calcolo portata di ventilaz. di progetto

2.2 Design finestre

3. Verifica concentrazione CO₂ e HCHO

3.1 Input verifica ventilazione

3.2 Verifica CO₂ - Regolaz. ventilazione meccanica

3.3 Verifica CO₂ - Regolaz. ventilazione naturale

3.4 Verifica HCHO - Regolaz. ventilazione meccanica

3.5 Verifica HCHO - Regolaz. ventilazione naturale

4. Check e output

4.1 Check errori

Il tool permette di calcolare le portate di ventilazione di progetto in funzione dei carichi inquinanti che insistono negli ambienti occupati e conseguentemente di dimensionare i serramenti e/o l'impianto di ventilazione meccanica.

Il tool, nato dalla collaborazione con l'Istituto delle Energie Rinnovabili di **Eurac Research**, è stato sviluppato nell'ambito del **Programma di Cooperazione Interreg V A "Italia - Svizzera 2014 - 2020"**, Progetto **"Qualità dell'Aria negli Edifici Scolastici - QAES"** (ID n. 613474).



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



Scaricabile all'indirizzo:

<https://www.agenziacasaclima.it/it/software-casaclima-2239.html>

Prodotti liquidi per finiture interne: pitture e vernici

- utilizzare prodotti a basse emissioni di VOC e se possibile, ad asciugatura rapida;
- evitare pitture e vernici per interni che contengono plastificanti e vernici spray;
- richiedere i dati di emissione relativi alla composizione finale della vernice, includendo eventuali coloranti in essa aggiunti;
- coprire materiali in tessuto che potrebbero assorbire VOC, ad esempio con teli di plastica. Le applicazioni "bagnate,, andrebbero fatte prima di installare materiali molto assorbenti;
- applicare le vernici durante i periodi di non utilizzo dell'edificio, mantenendo un'adeguata ventilazione sia durante che dopo la tinteggiatura;
- effettuare il "*flush out*" dell'edificio prima che questo venga occupato. Nei periodi successivi, garantire ricambi d'aria maggiori rispetto a quelli normalmente necessari.

Pavimenti resilienti

- scegliere prodotti che siano stati testati circa le emissioni di VOC e ftalati compresi adesivi e colle;
- selezionare materiali che richiedano poca pulizia e manutenzione, da effettuarsi con prodotti a basse emissioni di VOC secondo le indicazioni del costruttore;
- fornire una ventilazione addizionale per un minimo di 72 ore successive all'installazione;
- tenere sotto controllo i parametri climatici interni, compreso l'ozono

Sigillanti e adesivi

- tra i prodotti adatti ad una determinata applicazione, identificare e utilizzare quelli meno emissivi e testati in riferimento all'intero sistema;
- minimizzare la quantità di adesivo impiegata in fase di installazione, rispettando comunque i requisiti di performance imposti dal produttore o utilizzare, ove possibile, sistemi di sigillatura meccanica;
- aumentare i tassi di ventilazione nelle aree interessate sia durante che dopo l'applicazione degli adesivi e sigillanti, realizzando, se possibile, un *flush-out* dell'edificio.

Prodotti a base di legno incollato

- utilizzare materiali privi di resine ureico-formaldeide, così come di resine melamminiche e fenoliche, preferendo colle vegetali prive di emissioni;
- evitare di effettuare tagli o lavorazioni sul prodotto finito. Se necessario, applicare barriere e/o trattamenti per limitare le emissioni in corrispondenza degli angoli e delle superfici esposte;
- impiegare prodotti che siano stati etichettati sulla base delle emissioni dei singoli VOC e non solo in funzione della formaldeide;
- assicurare un'adeguata ventilazione durante l'installazione e nel periodo successivo, fino a completa estinzione dell'odore caratteristico di questi materiali;
- proteggere il pannello da alte temperature e da elevati valori di umidità.

Materiali porosi

- limitare l'utilizzo di materiali porosi, o perlomeno, ritardarne l'installazione fino a quando l'emissione da parte di vernici e solventi non si sia esaurita o comunque stabilizzata per limitare il «sink effect»;
- utilizzare prodotti a basse emissioni di VOC e formaldeide

Consigli generali

Per favorire un rilascio di sostanze inquinanti già prima dell'installazione, i materiali andrebbero stoccati in luoghi ben ventilati e asciutti, liberi dall'imballaggio ma protetti da sporco e polvere.

Dopo l'installazione è preferibile sempre un **flush out** dell'edificio.

FLUSH OUT: procedura che fa lavorare l'impianto di ventilazione a portate superiori a quelle di funzionamento normale per smaltire inquinanti e odori prima dell'entrata degli occupanti e nel primo periodo di occupazione.

Cos'è il radon?

Il radon (Rn-222) è un gas nobile, incolore, inodore, insapore e quasi inerte presente in tracce nel sottosuolo quasi ovunque. È un prodotto radioattivo del decadimento dell'uranio.

La disintegrazione naturale dell'uranio dà luogo, tramite una serie di prodotti intermedi, al radio e successivamente al radon.



Come si misura?

Attività **Bq**: numero di disintegrazioni di nuclei atomici in un secondo

Dose assorbita: **mSv** (energia/massa)

Concentrazione **Bq/m³**: numero di disintegrazioni al secondo in un metro cubo d'aria

Esposizione **Bq h/m³**: concentrazione integrata nel tempo

Fonte: ISPRA

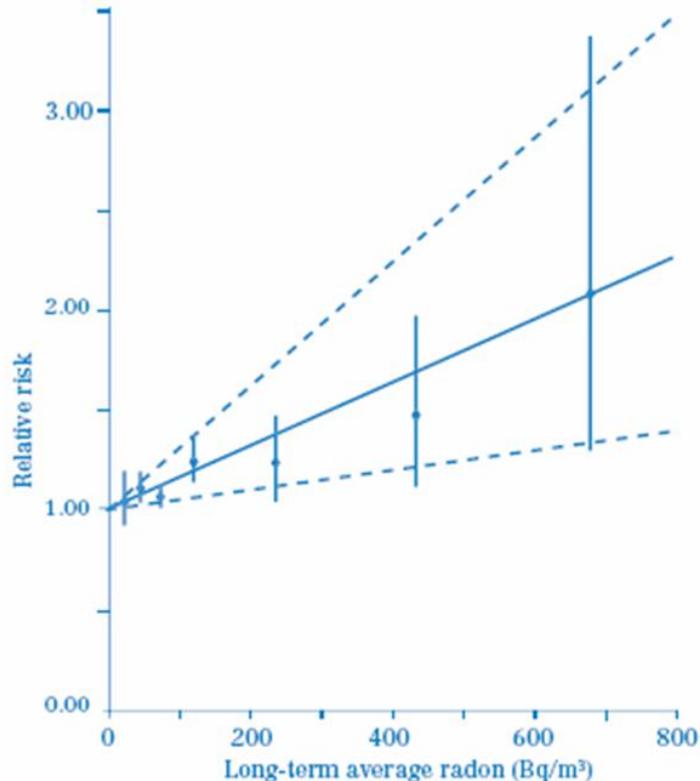
Il radon (Rn-222) decade in aria formando **prodotti di decadimento** (figli del radon) che sono solidi e formano **aerosol radioattivi che una volta inalati decadono all'interno dell'organismo umano**. Il gas radon può anche decadere direttamente all'interno dei tessuti polmonari. L'emissione di radiazioni ionizzanti all'interno dei polmoni danneggia il tessuto polmonare e da origine a un processo potenzialmente cancerogeno.

L'inalazione di gas radon aumenta il rischio di danni alla salute, in particolare il rischio di cancro polmonare.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO-OMS) ha dichiarato già dal 1988, attraverso l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC), che il radon è una delle 75 sostanze cancerogene per l'uomo assieme al benzene, all'amianto, al fumo di tabacco (**agente cancerogeno di tipo 1**).

Nel rapporto "**Linee-guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati**" sottoscritto dal **Ministro della salute, Regioni e Province autonome** nel 2001 si afferma che in Italia l'esposizione al radon è responsabile fra il **5% e 20% del totale dei tumori polmonari**.

L'Iss ha stimato che, dei 31 mila casi di tumore ai polmoni che si registrano in Italia ogni anno, il **10% circa è attribuibile al radon**. In particolare, l'Iss ha stimato che i casi di tumore polmonare dovuti al radon siano tra i **1000 e i 5500 all'anno**.



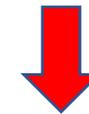
Source: Darby et al. 2005
Relative risks and 95% confidence intervals are shown for categorical analyses and also best fitting straight line.
Risks are relative to that at 0 Bq/m³.

Figure 1. Relative risk of lung cancer versus long-term average residential radon concentration in the European pooling study

Fonte: WHO HANDBOOK ON INDOOR RADON- World Health Organisation 2009

Aumento del rischio relativo di insorgenza di un tumore polmonare all'aumentare della concentrazione di gas radon nelle abitazioni:

ogni 100 Bq/m³

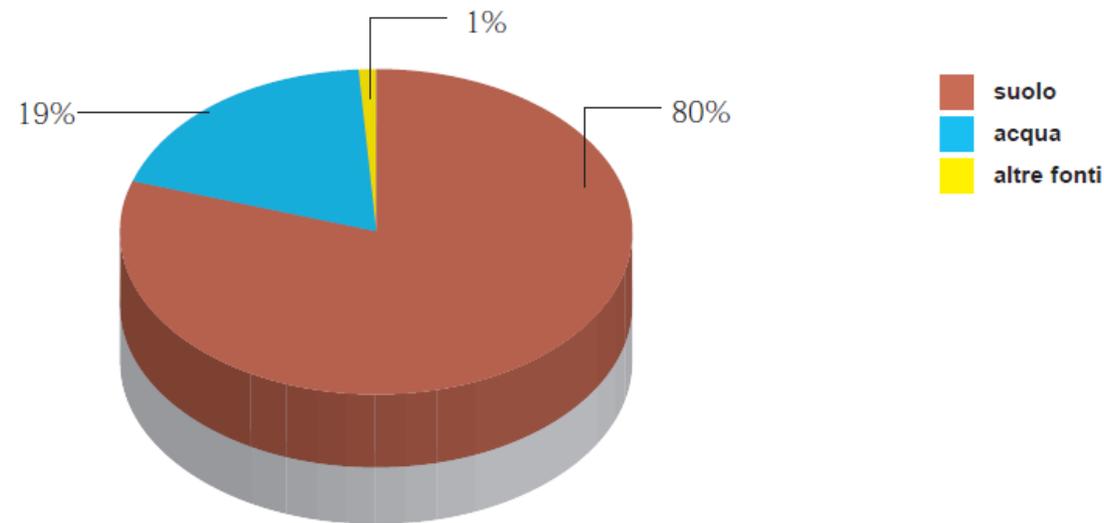


+ 10% circa di rischio

Le fonti di gas radon

Le rocce che hanno un maggiore contenuto d'uranio/radio (tufi, granito e porfido) possono emanare maggiori quantità di radon così come è più facile che il radon riesca ad arrivare fino in superficie se il sottosuolo è molto permeabile e frammentato.

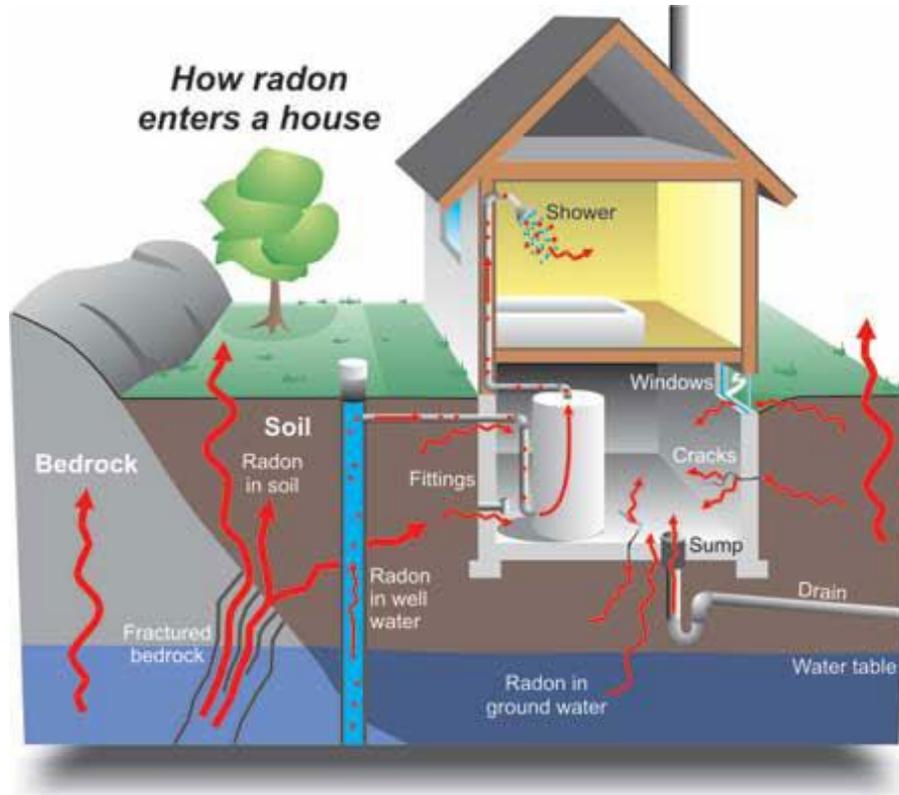
Dal sottosuolo il radon può penetrare nelle case attraverso crepe, fessure o punti aperti delle fondamenta. Le abitazioni nei seminterrati o al pianterreno sono particolarmente interessate dal fenomeno.



Fonte: Il radon in Italia: guida per il cittadino ISPESL 2007

Le fonti di gas radon

Meccanismo di ingresso del gas radon negli edifici: in massima parte per **convezione**, in modo molto limitato per **diffusione**



Aspirazione del gas radon dal terreno mediante depressione all'interno dell'edificio che si crea per

- effetto camino ($T_{int} > T_{est}$)
- effetto vento

Fattori che incidono sulle concentrazioni di radon negli edifici

Struttura del terreno su cui sorge l'edificio:

composizione del suolo e delle rocce (contenuto di uranio e radio), granulometria della roccia, permeabilità del terreno

Condizioni dell'edificio, in particolare del suo involucro:

presenza di crepe e fessure nelle partizioni a contatto con il terreno, tubazioni non sigillate, contatto diretto dell'edificio con il suolo o vani interrati o contro terreno etc.

Ricambio d'aria nell'edificio:

un ricambio d'aria elevato permette di diluire la concentrazione di gas radon nelle stanze

Direttiva 2013/59/EURATOM

«Recenti risultati epidemiologici ottenuti da studi residenziali dimostrano un aumento statisticamente significativo del rischio di carcinoma polmonare correlato all'esposizione prolungata al radon in ambienti chiusi a livelli dell'ordine di **100 Bq/m³**.»

Articolo 54

Radon nei luoghi di lavoro

1. Gli Stati membri stabiliscono livelli di riferimento nazionali per le concentrazioni di radon nei luoghi di lavoro. Il livello di riferimento per la media annua della concentrazione di attività aerea non deve essere superiore a **300 Bq/m³**, a meno che un livello superiore non sia giustificato dalle circostanze esistenti a livello nazionale.

Articolo 74

Esposizione al radon in ambienti chiusi

1. Gli Stati membri stabiliscono livelli di riferimento nazionali per le concentrazioni di radon in ambienti chiusi. I livelli di riferimento per la media annua della concentrazione di attività in aria non devono essere superiori a **300 Bq/m³**.

Decreto legislativo 101/2020

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/m³** in termini di concentrazione media annua di attività di radon in aria per le **abitazioni esistenti**;
- **200 Bq/m³** in termini di concentrazione media annua di attività di radon in aria per **abitazioni costruite dopo il 31 dicembre 2024**;
- **300 Bq/m³** in termini di concentrazione media annua di attività di radon in aria per i **luoghi di lavoro**.

Nuova figura di **esperto in interventi di risanamento radon** che deve occuparsi della progettazione, attuazione, gestione e controllo degli interventi correttivi per la riduzione della concentrazione di attività di radon negli edifici.

Requisiti CasaClima per la protezione da gas radon

	Metodo di valutazione	Valori limite di concentrazione di radon Rn-222 oltre cui è obbligatorio adottare provvedimenti progettuali e costruttivi:	Valori obiettivo Raccomandazione del WHO e Direttiva 2013/59 EURATOM
Edificio nuovo o ampliamento	Valutazione preventiva	200 Bq/m ³	100 Bq/m ³

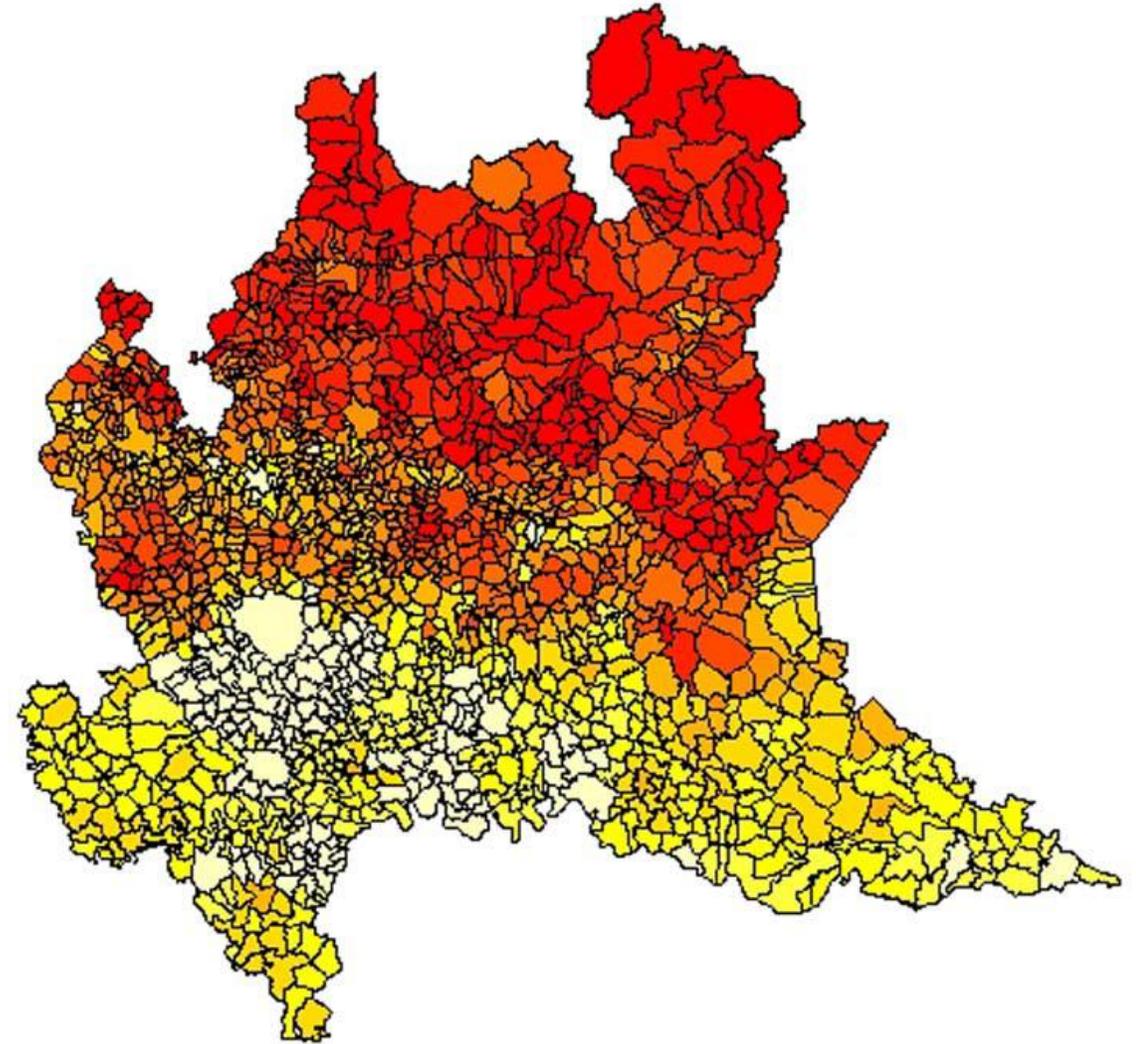
Analisi preventiva del rischio



Mappa del radon + Analisi geomorfologica del sito

Analisi preventiva del rischio

Mappa del radon: permette già di fare una prima valutazione dei rischi e adottare quindi già in fase costruttiva eventuali provvedimenti. La mappa del radon può **dare indicazioni di massima sulla presenza di radon** in una determinata zona del territorio, ma non è in grado di indicare con precisione quale sarà la concentrazione di radon all'interno del mio edificio una volta costruito.



Analisi geomorfologica del sito

Se lo scavo si trova su un **pendio (colata detritica, deposito detritico)**, **una faglia o un terreno molto fratturato**, **un terreno molto eterogeneo (p.es. in parte su di un letto di un fiume o materiale di riempimento)** la costruzione potrebbe essere a **rischio radon**.

I **terreni di fondazione con delle crepe o molto permeabili** sono comunque a rischio radon, anche se si trovano al di fuori delle aree riconosciute ad elevata concentrazione di tale gas. In **pendii esposti al sole** i moti convettivi nei terreni molto permeabili possono trasportare elevate quantità di radon.

Da ricordare inoltre come **terreni argillosi** in genere garantiscono una **bassa concentrazione di radon**. Se però durante lo scavo lo strato d'argilla viene perforato, il rischio radon può aumentare.

È quindi necessaria un'attenta **indagine delle caratteristiche geomorfologiche del sito da parte di un tecnico competente** per escludere eventuali rischi localizzati a causa di peculiarità geologiche anche in zone mappate come a basso rischio radon.

Nel caso di:

- **zone oltre i 200 Bq/m³** (da mappa radon)
- **situazioni localizzate di rischio** (da analisi geomorfologica del sito)
- **assenza di mappatura o di analisi geomorfologica del sito**

è necessario adottare **opportuni provvedimenti** in fase di progettazione/costruzione per la protezione da gas radon.

Tali provvedimenti vanno opportunamente documentati con:

- elaborati di progetto
- fotodocumentazione di cantiere
- schede tecniche dei prodotti adottati

Prevenire è meglio che curare:

- le **misure preventive** sono **più semplici**, **efficaci** e **meno costose** di un intervento a posteriori
- i costi della prevenzione del rischio radon sono poco significativi rispetto ai costi della costruzione stessa

Esempio:

Un tubo di drenaggio forato nel vespaio sotto platea di spessore 10 cm: costa relativamente poco inserirlo in fase di costruzione e può risolvere eventuali problemi di gas radon nell'edificio senza dover intervenire successivamente con interventi massivi e costosi.

Misure preventive adottabili per la riduzione del rischio radon

	Misure di base	Misure semplici	Misure globali
Classe di rischio radon più bassa + presenza di interrato con locali non abitati/ non di lavoro a contatto con il terreno	x		
Classe di rischio radon più bassa ma con stanze di abitazione/ di lavoro a contatto con il terreno	x	x	
Classe di rischio radon elevata + parte interamente interrata, senza stanze abitate/ di lavoro a contatto con il terreno	x	x	
Classe di rischio radon elevata senza parte interrata o con stanze di abitazione/di lavoro interrate o contro terreno	x	x	x

Misure di base:

- Strato di impermeabilizzazione contro acqua e umidità di risalita continuo: ciò che è impermeabile all'acqua è anche impermeabile al radon
- Sigillatura delle tubature che attraversano gli elementi costruttivi contro terreno



Fonte: Radon. Misure di prevenzione negli edifici nuovi Ufficio federale della sanità pubblica UFSP – Svizzera 2012

Protezione da gas radon

- Sigillatura delle aperture nella platea di fondazione



Fonte: Radon. Misure di prevenzione negli edifici nuovi Ufficio federale della sanità pubblica UFSP – Svizzera 2012

Misure semplici:

1. Classe di rischio radon elevata + parte interamente interrata senza stanze abitate a contatto con il terreno:

- Porta a chiusura automatica e a tenuta all'aria fra cantina e spazi abitativi
- Sigillatura dei fori per il passaggio delle tubazioni attraverso il primo solaio (solaio sopra cantina)
- Sigillatura dei canali per le installazioni del pozzo dell'ascensore o di eventuali montacarichi
- Sigillatura verso l'interno delle cantine con pavimentazioni a base di materiali naturali e accessibili solo dall'esterno.

2. Classe di rischio radon più bassa ma con stanze di abitazione a contatto con il terreno:

- Sigillatura delle canalizzazioni che attraversano gli elementi strutturali contro terreno
- Platea e muri contro terreno da realizzare con calcestruzzo con classe di esposizione XC2 o maggiore; in alternativa installare un sistema di aspirazione sotto platea.

Misure significative:

- Drenaggio radon

Obiettivo: creare una depressione rispetto all'edificio (in modo passivo o attivo) sotto la platea di fondazione per impedire l'ingresso di radon

Tubi di drenaggio bucati diametro 10 cm sotto la platea o sotto il massetto nel caso di fondazioni discontinue.

Distanza fra i tubi fino a 8m se inseriti in uno strato di ghiaia

Distanza frai tubi da 1 a 3 metri se inseriti nel terreno

Se il terreno è molto permeabile è necessario uno strato di cls magro o una guaina fra terreno e sistema di drenaggio per poter creare una depressione.



Fonte: Radon. Misure di prevenzione negli edifici nuovi
Ufficio federale della sanità pubblica UFSP – Svizzera 2012

Strategie di ventilazione per la riduzione del pericolo dal gas radon:

- Eliminazione dei fattori che generano depressione all'interno dei vani abitati (cappe, aspiratori, stufe etc.)
- Ventilazione dell'area sottostante l'edificio (vespai aerati)
- Generazione di una sovrappressione artificiale nell'edificio (fino a 2 Pa) mediante VMC
- Espulsione dell'aria dalla cantina mediante ventilazione
- Espulsione dell'aria dai locali di soggiorno mediante ventilazione meccanica (intensificazione dei ricambi d'aria)

Misurare il gas radon in ambiente

Problematiche legate alla misura: oscillazione dei valori di concentrazione sia durante la giornata che nelle diverse stagioni. Generalmente le **concentrazioni sono più elevate nella stagione invernale**, quando maggiori sono le differenze di temperatura fra interno e esterno.



Dosimetri (sistemi passivi)

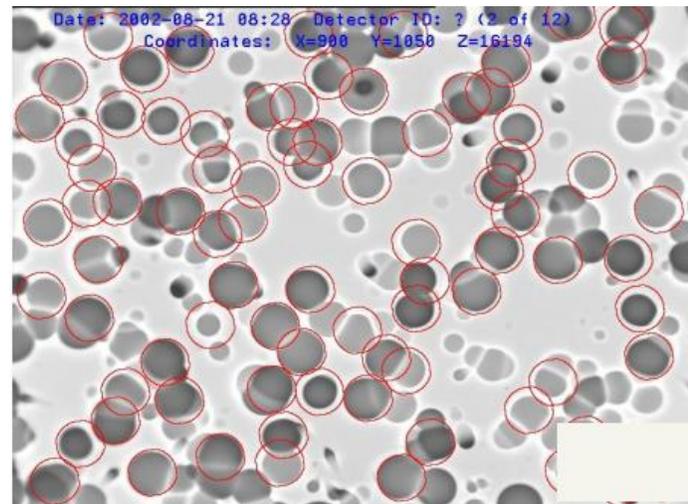


Sistemi attivi per misurazione in continuo

Le misurazioni per il confronto con i valori di legge: **devono avere durata annuale**

Misurare il gas radon in ambiente

Dosimetro : contenitore di materiale plastico di piccole dimensioni che ospita un elemento sensibile al radon (rivelatore a tracce o elettrete). Esso non necessita di alimentazione elettrica, non emette alcuna sostanza o radiazione e fornisce un valore medio della concentrazione di radon in aria nel periodo di esposizione (generalmente della durata di due volte sei mesi). I dosimetri possono essere collocati nel locale da misurare, ad esempio appoggiati sulla superficie di un mobile, su una mensola, etc. Il dosimetro non può essere spostato, per ogni locale ci vuole un singolo dosimetro.



Maggiori sono le tracce visibili
al microscopio, maggiori sono
le concentrazioni di gas radon!

Fonte: Laboratorio Analisi aria e radioprotezione Provincia autonoma di Bolzano - Alto Adige

Misurazione in continuo: in casi particolari si può utilizzare anche strumentazione attiva alimentata elettricamente (batteria o rete). La misura è più complessa e richiede la verifica di un esperto. Il principale vantaggio della strumentazione attiva è quello di visualizzare in tempo reale la concentrazione del gas radon e di permettere di analizzare l'andamento temporale della concentrazione di radon. La misura attiva di breve durata non si sostituisce alla misura della durata di un anno, come prevista dalla legge.

La strumentazione attiva è particolarmente indicata per la pianificazione di interventi di bonifica in previsione di una ristrutturazione o per valutare l'efficacia di contromisure adottate in edifici con elevati valori di radon.

Per una misurazione di tipo orientativo è consigliabile una misurazione di 1 settimana possibilmente nel periodo freddo.

6 giorni: misurazione in diversi locali abitativi per almeno 1 giorno per ogni locale. Si dovrebbero misurare i locali abitati più a contatto con il terreno

1 giorno: misurazione in un locale non abitato a contatto con il terreno

Misurare il gas radon in ambiente

Misurazione in continuo per la verifica di efficacia di un intervento di risanamento radon



Fonte: Laboratorio di chimica fisica -Provincia autonoma di Bolzano - Alto Adige – Dott. Luca Verdi



Grazie per l'attenzione
www.agenziacasaclima.it