

Contributo per guida alla bioedilizia 2017/2018 Naturalia-BAU e sua divulgazione

Versione rivista e aggiornata: 13 novembre 2016.

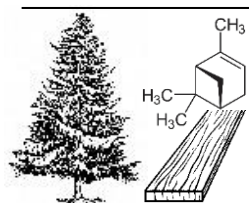
La qualità dell'aria indoor

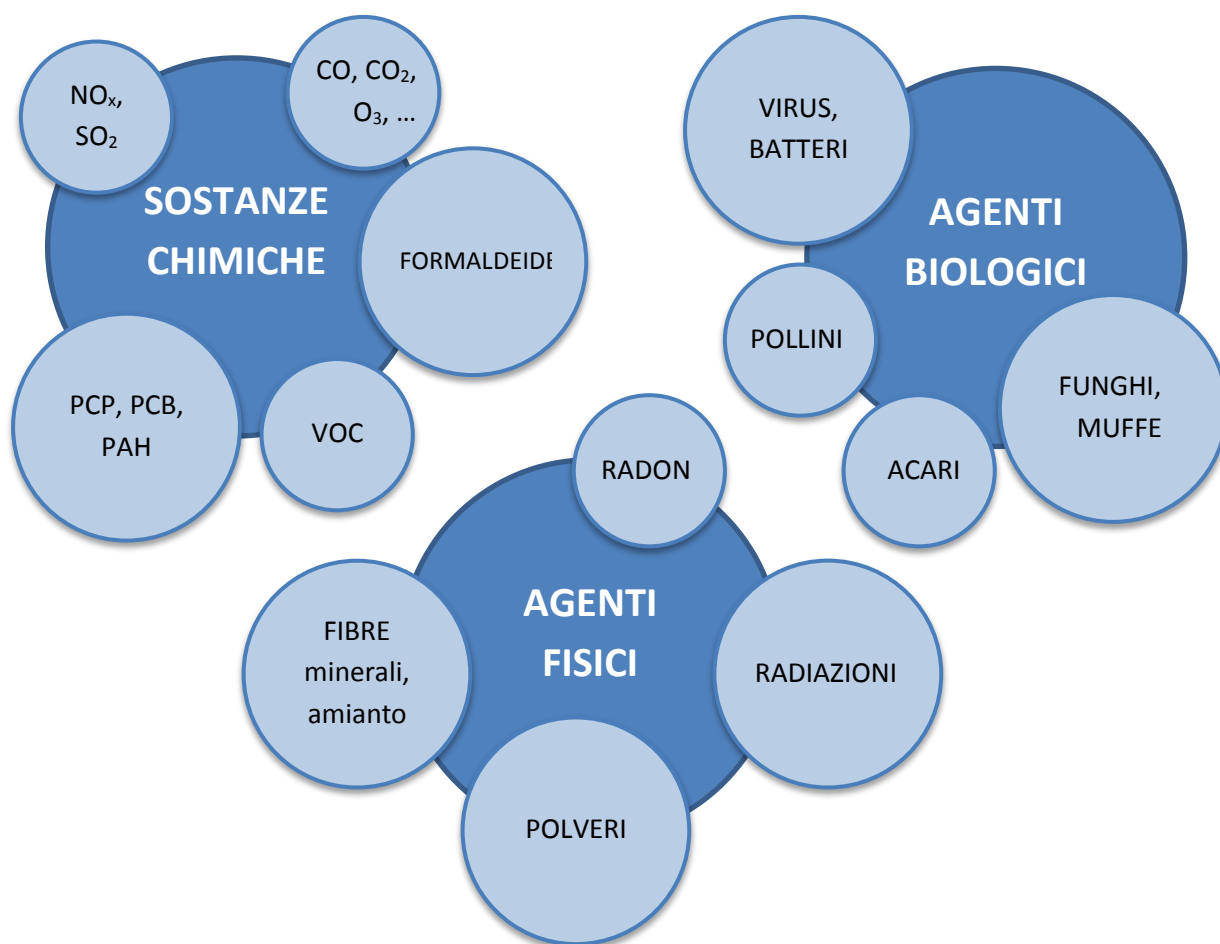
Passiamo il 90 % del tempo in ambienti chiusi. Lo dicono gli studi ma è facile dimostrarlo se pensiamo alla nostra giornata-tipo. Una persona normale passa in media solo una o due ore al giorno all'aperto, il restante tempo è speso in casa, in ufficio, nei mezzi di trasporto. Per l'uomo non è naturale vivere al chiuso. **Nove respiri su dieci sono fatti all'interno:** è di fondamentale importanza essere sicuri che l'aria che respiriamo sia salubre.

Certo è importante anche la qualità dell'aria esterna, ma di quella già se ne occupano gli enti territoriali¹ e noi possiamo fare poco. Sulla qualità dell'aria interna invece i nostri comportamenti e le nostre scelte possono fare la differenza.

Ma cosa significa aria cattiva? Significa respirare composti chimici, biologici, batterici, fungini che impattano negativamente sulla nostra salute. Spaziano dall'anidride carbonica (CO₂) originata da combustioni ma anche dal nostro stesso respiro alle emissioni dei prodotti per l'edilizia; dai fumi sprigionati durante la cottura di cibi fino agli allergeni presenti nella polvere e nel pelo di animali domestici. L'origine di questi composti può essere sia esterna all'edificio (prodotti della combustione da traffico, riscaldamento, industrie, pollini...) sia interna all'edificio (funghi, batteri, virus, prodotti da pulizia, materiali emittenti, fotocopiatrici, stampanti 3D, fumo, cucina, caminetti, impianti di riscaldamento)².

Generalmente queste sostanze vengono distinte in inquinanti biologici (acari, pollini, animali domestici, muffe, batteri, funghi, virus...), fisici (fibre e particolato aerodispersi, radon, radiazioni...), chimici (NO_x, CO, CO₂, fumo, VOC, formaldeide...). Alcuni di questi inquinanti dipendono fortemente dallo stile di vita più che dai materiali per l'edilizia. Sono quindi di pertinenza prettamente dell'abitante piuttosto che del progettista o costruttore, per questo motivi non verranno ulteriormente citati in questa guida.

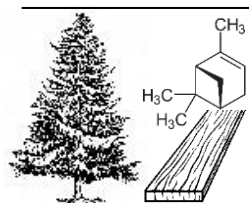




Noi viviamo in un ambiente a **volume d'aria limitato**, con limitati scambi d'aria da e verso l'esterno. Questa condizione si è acuita con gli edifici moderni ad alta efficienza energetica, che sono progettati per essere sigillati dall'aria esterna. È quindi fondamentale preoccuparsi della qualità dell'aria indoor soprattutto riguardo a questi edifici moderni, siano essi edifici nuovi o ristrutturati. È proprio in questi edifici che la progettazione, la scelta dei materiali, lo stile di gestione dell'edificio sono parametri chiave per una esistenza salubre.

In questa guida diamo per assodate le azioni basilari per migliorare la qualità dell'aria e di conseguenza della vita: non fumare, stare lontani da grandi fonti di inquinamento outdoor (amianto, traffico...), mangiare sano, vivere una vita serena e positiva, fare attività fisica. Vogliamo invece sensibilizzare sull'importanza della qualità dell'aria indoor e su quello che possono fare progettisti e committenti per migliorarla.

C'è un bisogno importante di incrementare la qualità dell'aria indoor. Negli Stati Uniti vi è una tendenza generale a preoccuparsi poco della scelta di materiali salubri, e a tentare di migliorare la qualità dell'aria con la ventilazione meccanica controllata. La cattiva manutenzione di questi impianti è frequente, essa può acuire i sintomi di esposizione ad allergeni così che la presenza di allergie ha raggiunto ormai il 44 % della popolazione³ e portare fra l'altro al proliferare di legionella e altri batteri. Anche l'esposizione al particolato sottile è un rischio di complicazioni cardiovascolari, complicanze in gravidanza, problemi neurologici e cognitivi⁴.



Comuni attività domestiche imprescindibili per una vita normale, come cucinare⁵ e fare le pulizie aumentano le concentrazioni di polveri, ossidi di azoto, CO₂. Il collegamento diretto tra l'abitazione e la zona di rimessa autoveicoli può portare infiltrazioni di benzene, altri VOC, particolato da motori diesel⁶.

In **Italia** ogni anno ci sono oltre **150.000 casi di malattie legate agli inquinanti indoor**. Aggiungendo anche le cause legate al fumo si arriva a 250.000 persone⁷. Queste persone costano circa **200 milioni di euro all'anno** alla sanità pubblica e, soprattutto, sono costrette a vivere con patologie più o meno gravi e invalidanti.

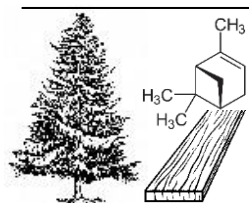
Negli Stati Uniti una persona su undici è affetta da asma e il 20 % ha allergie dovute all'ambiente. **Il 75% delle case urbane presenta allergeni** e il 25% degli asmatici ha un fumatore in casa. Gli asmatici si dividono equamente in quattro gruppi con allergie a polvere, polline, muffa e animali domestici. Notevole è anche l'impatto sulla salute dei bambini: giorni di scuola persi, giorni di lavoro persi dai genitori, accesso alle cure per **2 miliardi di dollari all'anno** per la sola asma⁸, che da sola contribuisce al 3 % delle intere spese mediche nord-americane.

Numerosi sono gli studi⁹ che riportano come **il miglioramento delle condizioni di salute di un edificio contribuisca in maniera determinante alla guarigione di molti ammalati**, e inoltre porti un immediato beneficio economico in termini di visite ed ospedalizzazioni evitate, giorni di scuola e lavoro persi. Sono gli stessi **chirurghi americani** che hanno siglato un **appello**¹⁰ per una nuova concezione di casa salubre.

Sono molti i fattori in gioco relativi alla qualità dell'aria e alla salute e comfort degli occupanti. Problematica è l'esposizione a **fonti multiple di allergeni**, in particolare in concomitanza con prodotti da combustione (IPA – idrocarburi policiclici aromatici), antimicrobici o interferenti endocrini come triclosano o parabeni, ftalati e bisphenol A¹¹. La presenza di allergeni da cibo e da qualità dell'aria indoor porta allo sviluppo e inasprimento di malattie allergiche. Evitare le allergie significa portare avanti un approccio multi-disciplinare e mirato, in cui evitare co-fattori come l'esposizione ad inquinanti indoor è di grande aiuto per il controllo di queste patologie¹².

Uno studio dell'ISPRA¹³ effettuato in Italia mostra un maggiore livello di inquinamento nell'ambiente confinato rispetto all'esterno. Lo studio è stato effettuato su un ampio campione e in numerose **città italiane** e ha trovato **livelli di inquinamento indoor numerose volte più elevato rispetto all'outdoor**. E anche in contesto Europeo¹⁴ sono evidenti i benefici sulla salute personale e sociale di abitare in edifici salubri.

E i bambini? Sono sufficienti **26 minuti** in una classe di scuola perché la concentrazione di CO₂ superi il livello previsto dall'organizzazione mondiale della sanità¹⁵. Anche in Toscana è stato condotto uno studio¹⁶ dettagliato in 61 **scuole**, che ha rilevato un livello di polveri ultrasottili doppio rispetto ai valori raccomandati, mentre l'analisi sulla formaldeide ha dato risultati accettabili. Gli studi su 150 aule della provincia di Bolzano limitate alle concentrazioni di CO₂ rivelano come nei due terzi dei casi la **qualità dell'aria sia inadeguata**¹⁷. Sono noti infine i casi di concentrazioni di formaldeide troppo elevate in edifici nuovi¹⁸. Questo può essere dovuto ad una **errata scelta dei materiali**, ad un tasso di carico non corretto e alle notevoli emissioni di materiali nuovi.



Non tutti i VOC vengono per nuocere

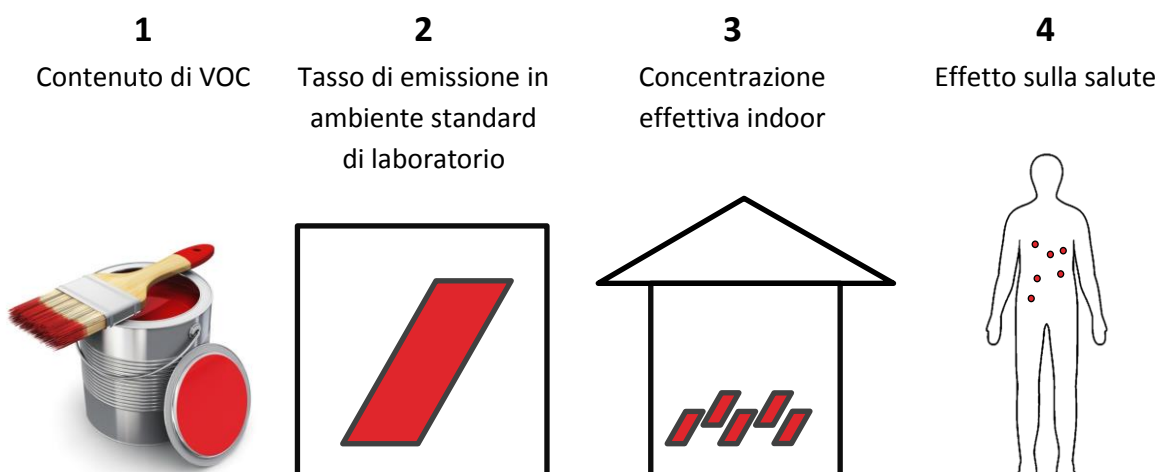
Foto di persona che respira in mezzo a bosco di conifera, su prato con fieno, bagni di fieno.

I **composti organici volatili** (COV, o dall'inglese **VOC**) sono composti chimici che evaporano molto facilmente a normali condizioni ambientali di pressione e temperatura. I VOC sono sia di origine naturale che sintetica, sono naturalmente contenuti in moltissimi materiali, sono emessi da piante e animali (uomo compreso) e possono essere aggiunti ad un materiale industriale per migliorarne le prestazioni o la semplicità di manifattura. Ad esempio appartengono ai VOC sia i terpeni del legno (come l'alfapinene o il betapinene, responsabili del caratteristico profumo di resina), sia il benzene contenuto nei carburanti. Ma mentre i primi non sono dannosi per l'uomo, se inalati con le giuste modalità, il secondo è un noto cancerogeno, da evitare a qualunque concentrazione. Un altro VOC ampiamente conosciuto nel mondo edile è la formaldeide, che era largamente utilizzata nella manifattura di colle per pannelli di particelle (truciolari) e travi lamellari perché estremamente versatile, mentre oggi è sottoposta a dei limiti nel suo utilizzo.

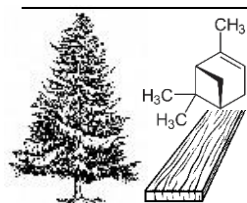
Ma come fanno i VOC a farci male?

Legare la presenza di uno o più VOC all'effetto sulla salute delle persone è estremamente complicato. Come per le medicine, ci sono fattori legati a ciascun individuo (età, sesso, patologie...), alle molecole chimiche dei VOC (concentrazione, interazioni...), alla somministrazione (frequenza di inalazione, durata...). Ci sono poi VOC che hanno un accertato impatto negativo sulla salute (VOC cancerogeni, come il benzene, per esempio), ed altri su cui non esistono risultati di ricerca che correlino in modo univoco la molecola con un effetto negativo sulla salute. Anzi, ci sono numerosi VOC che vengono venduti proprio in farmacia, a scopo benefico! Si trovano come olii essenziali, vapori e unguenti balsamici per inalazioni, profumi per ambienti. Mangiare un'arancia, condire l'insalata con aceto, passeggiare nel bosco, sono tutte attività che ci fanno inalare VOC in abbondanza.

Il fenomeno VOC si può però facilmente spiegare descrivendo **le 4 fasi** che lo compongono: il contenuto di VOC in un materiale, il tasso di emissione di VOC del materiale, la concentrazione del VOC nell'ambiente, l'effetto sulla salute.



1. Il contenuto di VOC. Le molecole chimiche che sono dentro ad un materiale da costruzione possono essere presenti già nelle materie prime, oppure possono essere aggiunte per elevare le prestazioni tecnologiche del



materiale. Un esempio sono i solventi delle vernici. Nel barattolo di vernice i pigmenti sono dispersi nel solvente (a base di VOC), e una volta applicata la vernice i solventi evaporano e i pigmenti restano. Per questo motivo nelle vernici si preferiscono solventi molto volatili (i VVOC) per accelerare i tempi di asciugatura. Il contenuto di VOC nei liquidi si misura in grammi di VOC per litro di vernice. Esistono dei limiti massimi regolati per legge¹⁹ e anche dei limiti più restrittivi²⁰ per l'adozione del marchio *Ecolabel*.

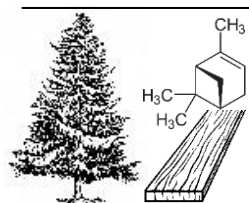
2. Il tasso di emissione. I VOC contenuti nei materiali evaporano, più o meno lentamente, seguendo le leggi della chimica, della fisica e i parametri dell'ambiente in cui sono collocati. La quantità di VOC emessi nel tempo da un materiale viene misurata in laboratorio utilizzando camere standard. È molto importante sapere che le norme Europee fanno riferimento ad un ambiente "normale" con temperatura di 23°C, umidità relativa dell'aria del 50 %, un ricambio d'aria ogni due ore, un metro quadrato di materiale esposto per metro cubo di ambiente per pannelli destinati all'arredo (0,4 m²/m³ per pavimenti). La legge italiana²¹ limita le emissioni di formaldeide in tutti i materiali; le emissioni di VOC sono limitate dalla legge sui Criteri Ambientali Minimi riguardante gli edifici pubblici. I VOC sono inoltre regolati dalla legge francese²² e da numerosi marchi e certificazioni.

Si usano comunemente due unità di misura, una riferita all'emissione nel tempo (in milligrammi di VOC emessi in un'ora per un metro quadrato di superficie esposta), l'altra riferita alla concentrazione di equilibrio in una camera standard (in microgrammi di VOC per metro cubo di camera standard).

Talvolta la concentrazione dei VOC è superiore alla soglia olfattiva e ne percepiamo l'odore, talvolta non lo percepiamo. Il tasso di emissione (quanti VOC sono emessi in un lasso di tempo) tende a calare nel tempo. Il "profumo" si affievolisce e lentamente tende a zero²³. Ci possono però volere mesi o anni. Caso particolare è la **formaldeide**, che è largamente usata in moltissimi prodotti per edilizia, specie all'interno di adesivi per materiali a base di legno. Le emissioni di formaldeide dai questi materiali avvengono in due modi. Il primo modo, che riguarda la formaldeide "libera" dai legami con l'adesivo, segue l'andamento delle emissioni dei VOC e dopo un certo tempo tende a zero. La seconda modalità avviene tramite la reazione dell'adesivo con il vapore acqueo presente nell'ambiente. Il vapore acqueo degrada l'adesivo (idrolisi), la formaldeide viene liberata dal legame con l'adesivo ed evapora nell'ambiente²⁴. Questo processo continua per **tempi estremamente lunghi**, praticamente per tutta la vita del manufatto, perché sono sempre presenti sia l'adesivo, sia il vapore acqueo e sia le condizioni ambientali per far avvenire la reazione.

3. La concentrazione effettiva indoor. Quando il materiale è installato indoor in un edificio, esso emetterà i VOC che contiene seguendo i parametri ambientali dell'edificio: la sua temperatura, l'umidità dell'aria, il rapporto tra il volume dell'ambiente e la superficie di materiale esposto. La concentrazione effettiva indoor è un valore che può cambiare rapidamente in seguito per esempio ad arieggiamenti, ed è anche il valore più importante per l'utilizzatore finale, in quanto è **la concentrazione di VOC che l'occupante respira**. Non esistono leggi in materia, ma numerosi sono le linee guida che consigliano di non superare certi limiti per specifici VOC o per i VOC totali. La concentrazione effettiva indoor si misura in microgrammi di VOC per metro cubo di aria ambiente.

4. L'effetto sulla salute. Negli ultimi anni **sono aumentate le patologie** correlate con la **cattiva qualità dell'aria indoor**. Asma, irritazioni, allergie fino ad arrivare ad una vera e propria "sindrome dell'edificio malato". Questa si manifesta con sintomi che vanno da un generico discomfort a mal di testa, irritazioni di naso, occhi, bocca, tosse secca, pelle secca o pruriginosa, capogiri, nausea, difficoltà di concentrazione,



affaticamento e sensibilità agli odori²⁵. Per una diagnosi serve l'intervento medico, ma se i sintomi scompaiono dopo aver lasciato l'edificio allora è possibile che si tratti di sindrome da edificio malato.

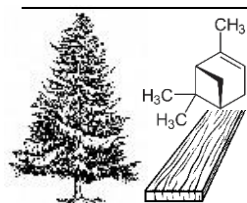
L'effetto dei VOC sulla salute coinvolge numerosi fattori e la comunità scientifica concorda sulla nocività di pochissimi VOC (tra cui la formaldeide e il benzene), mentre su altri esistono **documenti discordanti** che provano la loro nocività così come l'efficacia nella cura di alcune patologie.

I fattori che legano la presenza di VOC ad eventuali patologie sono relativi ai VOC stessi (tipo di molecola, interazioni tra molecole, concentrazione, da quale fonte si originano...) e agli individui (via di assorbimento, presenza di patologie o allergie pregresse, età, sesso, frequenza e durata di assunzione, predisposizione genetica, stato di salute fisico e psicologico, nutrizione, stile di vita, processi metabolici: assorbimento, distribuzione, accumulo e escrezione).

Tenere conto di tutti questi fattori è estremamente complesso e non è l'obiettivo di questa breve guida. A scopo precauzionale si può comunque tenere in considerazione **cosa** viene emesso e **quanto**. Sono infatti assolutamente da evitare, anche in concentrazioni bassissime, VOC dichiarati cancerogeni o pericolosi. Per quanto riguarda gli altri VOC, si possono tollerare emissioni anche non particolarmente ridotte, se sono VOC di origine naturale e comunemente presenti in natura.

FORSE NON TUTTI SANNO CHE...

E i pannelli in legno Naturalia Bau cosa emettono? I pannelli Pavatex Pavatherm emettono una quantità di VOC molto ridotta e conforme alle normative internazionali. Non ci sono VOC pericolosi o cancerogeni e inoltre il 90% dei VOC emessi sono costituiti da acido acetico. L'acido acetico è un composto naturale che è contenuto naturalmente nel legno e nelle foreste, è naturalmente generato durante le fermentazioni ed è comunemente presente nell'aceto di vino.



Capire, per vivere sani.

Nonostante la complessità dell'argomento, esistono numerosi documenti che possono aiutarci ad approfondire e capire l'argomento.

Leggi italiane. In Italia non esiste una legge di riferimento inerente all'inquinamento indoor (ambienti di vita e lavoro non industriali). Esiste una legge riguardante gli edifici pubblici (i Criteri Ambientali Minimi) e una legge riguardante le emissioni di formaldeide.

I **Criteri Ambientali Minimi**²⁶ riguardano la progettazione e costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici e per la gestione dei cantieri della pubblica amministrazione. Introducono criteri ambientali *di base* e *premianti* per gli appalti pubblici. Tra questi citiamo l'*indice di prestazione energetica globale EPgl* che deve essere almeno di classe A2 per le nuove costruzioni e un miglioramento di almeno due classi per le ristrutturazioni, la possibilità di aerazione naturale o la presenza di ventilazione meccanica controllata e limiti alle emissioni dei materiali come pitture, vernici, tessuti, laminati per pavimenti e rivestimenti, pavimentazioni e rivestimenti in legno, adesivi, sigillanti e pannelli per rivestimenti interni. Questi limiti riguardano i **VOC totali (1500 µg/m³)**, la **formaldeide (60 µg/m³)** e altri 13 composti chimici. I Criteri Ambientali Minimi prevedono inoltre l'adozione di strategie per il comfort termoigrometrico e limitanti il radon. È in vigore inoltre un generico regolamento UE²⁷ *Construction Products Regulation* che stabilisce che le costruzioni non debbano essere una minaccia per l'igiene o la salute degli occupanti, anche a causa delle emissioni di VOC.

La legge sul contenuto di **Formaldeide**²⁸ è il D.M. 10/10/2008 che prevede un limite di emissione di 0,1 ppm (0,124 mg/m³) per compensati, pannelli truciolati, di conglomerati in sughero utilizzati per ambienti di vita e soggiorno. Questo fa sì che per ottenere il marchio CE e per poter essere commercializzati tutti i pannelli devono sottostare a questa legge, che si allinea alla classe di emissione europea E1²⁹. Si noti che a partire dal 1/1/2016 è entrato in vigore un regolamento UE³⁰ dove la formaldeide viene ri-classificata da agente chimico pericoloso (categoria 2) ad agente chimico cancerogeno (categoria 1B). Tuttavia questa modifica interessa prevalentemente le aziende produttrici di materiali piuttosto che l'utilizzatore finale.

E nel resto d'Europa?

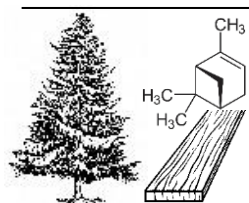
La Francia vanta l'unica legge in vigore sulle emissioni dei prodotti da costruzione³¹. Propone quattro classi di emissione in cui vengono considerati i VOC totali, la formaldeide e altri nove inquinanti.

Il **Belgio** ha una legge che limita i VOC totali, i VOC totali semi-volatili, acetaldeide, toluene e in generale le sostanze cancerogene³².

In **Germania** è obbligatorio per numerosi prodotti da costruzione (pavimenti, rivestimenti murari...) essere conformi alle liste AgBB³³ e ottenere di conseguenza dal DIBt il marchio Ü.

Numerose sono le **Linee guida** pubblicate da fonti autorevoli che possono essere di supporto al progettista:

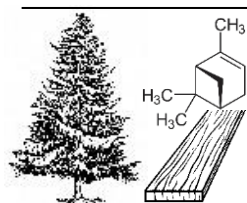
- Le Linee-guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti³⁴ confinati sono pubblicate dal Ministero della Salute Italiano.
- Le Linee Guida sul Comfort del TIS³⁵ e Le linee guida ARCA³⁶ nascono dall'esperienza sul territorio del Trentino Alto-Adige, dove la cultura delle case ad alta efficienza è particolarmente radicata.
- Il manuale sulla qualità dell'aria indoor di ASHRAE³⁷ è molto completo ed esauriente.



- Le linee guida dell'organizzazione mondiale della sanità³⁸ esaminano con precisione alcuni composti nocivi e i meccanismi di azione.
- Linee guida specifiche per il **settore scolastico**³⁹ e per le **abitazioni**⁴⁰ sono state pubblicate in molti Paesi, e anche in un documento ufficiale del Ministero della salute⁴¹. Particolari approfondimenti legati alla salute con valori di soglia consigliati sono riportati in altre linee guida⁴².

Ci sono poi numerosi schemi di certificazione tra i quali citiamo:

- Il protocollo **LEED** prevede limiti differenti a seconda che gli edifici siano destinati ad ospedali o meno. Pone limiti alla formaldeide (27 e 16.3 ppb), ai VOC totali (0,500 mg/m³) e ad altri inquinanti.
- Le linee guida **CasaClima** prevedono l'assenza di isolanti sintetici e/o contenenti fibre nocive e l'assenza di colori e vernici a solvente. Prevedono l'assenza di numerosi inquinanti e un limite di emissione per la formaldeide di 0,050 ppm (0,062 mg/m³), e in caso di adozione della ventilazione meccanica controllata prevede un ricambio d'aria ogni 2 ore.
- Il protocollo **Living Building Challenge 3.0**⁴³ prevede linee guida per la ventilazione, i materiali e limiti alle concentrazioni di formaldeide (50 ppb), VOC totali (0,500 mg/m³) e altri sette inquinanti.
- La certificazione **Minergie-Eco 2011**⁴⁴ si applica agli immobili amministrativi, agli edifici scolastici e alle abitazioni. Prevede limiti all'uso di materiali emittenti.



Certificati ambientali



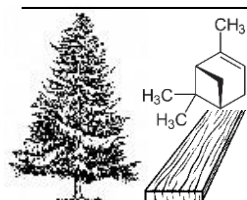
Da maggio 2013 PAVATEX è certificato da PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes). PEFC è sinonimo della sostenibilità globale: un concetto integrativo che combina aspetti ecologici, sociali ed economici.



Il sigillo della Forest Stewardship Council (FSC) non solo è un marchio di qualità per prodotti in legno, ma ne certifica l'origine da una gestione del territorio/bosco ecosostenibile, ecologica e socialmente responsabile. Pavatex possiede il certificato e dal 2004 tutto l'assortimento di prodotti in fibra morbida è conforme al FSC.



La Dichiarazione ambientale di prodotto (EPD) non è sinonimo di basse emissioni indoor ma contiene tutte le informazioni, verificate da ente esterno, del ciclo completo del materiale, dalla materia prima all'utilizzo, dal riciclo al recupero energetico. Ideale per il confronto di emissioni di CO₂, consumo energetico, possibilità di riciclo.



Marco Fellin, PhD

Dottore di ricerca in Scienze Agrarie, Forestali ed Agroalimentari
via Benedetto Tonidandel 5 - 38010 Fai della Paganella (TN)
tel +39 3282643636 e-mail marco.fellin.wood@gmail.com
pec marco.fellin@pec.it skype marco.fellin

Pagina 9



Marchi di qualità



Il marchio ISO 9001 è un certificato che garantisce che l'azienda organizzi e conduca i processi aziendali in un'ottica di qualità, efficienza ed erogazione del servizio, per ottenere ed incrementare la soddisfazione del cliente.



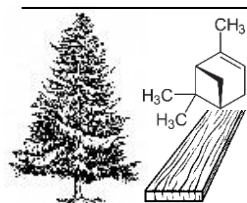
Il marchio ISO 14001 è un certificato che garantisce che l'azienda abbia sviluppato e utilizzi un sistema di gestione ambientale per minimizzare gli effetti negativi sull'ambiente dei processi aziendali ed essere in regola con la normativa ambientale.



OK Biobased certifica l'origine rinnovabile delle materie prime di un materiale. Sul marchio sono presenti da una a quattro stelle che indicano una percentuale di materie prime di origine biologica (e non petrolchimica) dal 20 % fino a oltre l'80 %.



Il Keymark è un certificato unificativo europeo per i prodotti a norma. In aggiunta al certificato CE, che accerta la rispondenza agli aspetti legali, il Keymark attesta la corrispondenza agli standard qualitativi europei.





Umwelt Zeichen è un marchio di qualità ecologica austriaco a supporto dell'utente finale. I criteri sono divisi per tipologia di prodotto ed i materiali devono rispettare limiti predefiniti di emissioni. Il marchio di conformità (U-Zeichen) attesta che i prodotti per l'edilizia corrispondano, per il mercato tedesco, alla disposizione di legge e alle normative dell'edilizia. Il tutto viene verificato da istituti indipendenti. Il certificato "O" integra il CE.



La certificazione francese ACERMI (L'Association pour la CERTification des Matériaux Isolants) attesta l'affidabilità delle proprietà dichiarate. La certificazione attesta un controllo frequente dei prodotti, svolto da un istituto indipendente, della garanzia di qualità e delle caratteristiche richieste dal certificato CE.

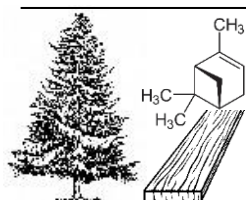
sia

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Société suisse des ingénieurs et des architectes
Società svizzera degli ingegneri e degli architetti
Swiss society of engineers and architects

Il controllo della commissione SIA 279, per materiali isolanti, esamina la validità della conduttività termica dichiarata, in base alle normative vigenti. Se l'esito è positivo, rilascia un attestato temporaneo del valore dichiarato valido per il mercato svizzero.



Il BBA (British Board of Agrément) attesta prodotti e sistemi conformi alle norme inglesi. Frequentemente gli ispettori BBA ispezionano gli stabilimenti e ne controllano i sistemi di qualità.



Marco Fellin, PhD

Dottore di ricerca in Scienze Agrarie, Forestali ed Agroalimentari
via Benedetto Tonidandel 5 - 38010 Fai della Paganella (TN)
tel +39 3282643636 e-mail marco.fellin.wood@gmail.com
pec marco.fellin@pec.it skype marco.fellin

Pagina 11





Il marchio "legno d'origine svizzera" (Schweizer Holz) certifica la provenienza del legno dal territorio svizzero. La produzione con legno svizzero sostiene una gestione forestale sostenibile ed ecosostenibile, con tragitti di trasporto brevi e un'ottima qualità.



La rivista OekoTest verifica in maniera indipendente anche molti prodotti per l'edilizia, visto che hanno una diretta e forte influenza sulla qualità dell'abitare. I prodotti di Pavatex anche nel 2012 hanno raggiunto il notevole risultato "sehr gut" = "ottimo"

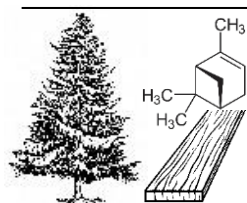


Il marchio Declare propone un'etichetta trasparente con indicazione esplicita dei composti chimici presenti, e l'evidenziazione di sostanze presenti in una articolata Red List. Proibisce inoltre l'uso di sostanze esplicitamente tossiche. Specifica dei limiti al contenuto liquido di TVOC e formaldeide nei materiali.

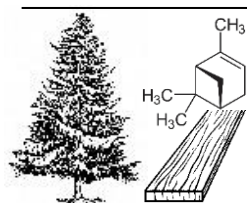
Marchi relativi alle emissioni di VOC

Sono di seguito riportati alcuni tra i principali marchi relativi alla qualità dell'aria indoor. Ciascuno di essi prevede limitazioni nel contenuto o emissione di molteplici VOC o altri parametri. **Il confronto diretto tra le varie certificazioni è estremamente complesso**; tuttavia, proponiamo un confronto semplificato su due dei parametri che praticamente tutti gli schemi prevedono: le emissioni di VOC totali (TVOC) e di formaldeide (misurati con il metodo previsto dalla ISO 16000 a 28 giorni). Questo confronto inerente a due soli delle decine di parametri che questi schemi di certificazione prevedono vuole essere indicativo della complessità dell'argomento e dell'eterogeneità delle certificazioni. Ci sono enormi differenze tra gli standard dovute in parte alle metodologie di prova, in parte agli studi scientifici contemplati per giungere agli standard, in parte al compromesso raggiunto tra produttori di materiali, limite tecnico-economico nell'uso di sostanze basso-emittenti in fase di produzione, effettiva raggiungibilità dello schema.

Si noti che nessuno degli schemi di certificazione prevede eccezioni a quei VOC aventi possibile effetto positivo sulla salute, oppure compensazioni per **materiali attivi che purificano l'aria**.

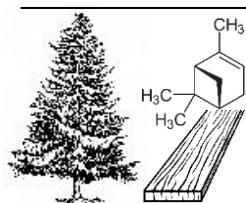


Marchio	Descrizione	TVOC [µg/m³]	Formaldeide [µg/m³]
	Promuove l'utilizzo di prodotti che sono stati rigorosamente testati per assicurare che non causino impatti negativi sulla salute. I criteri sono divisi per tipologia di prodotto e devono rispettare limiti per la protezione del clima, l'abitare sano e la sostenibilità.	300	36
	Sentinel Partner Sentinel HAUS è un istituto indipendente, specifico per l'edilizia, nato per aiutare a costruire edifici salubri. Sentinel suggerisce solo materiali controllati e verificati per garantire una ottima qualità dell'aria indoor, per edifici come ospedali, scuole, hotel ma anche case private	1000	60
	Il Comitato di medici per la medicina abitativa (Wohnmedizin Empfohlen), visti i disturbi e gli effetti sulla salute riscontrati, consiglia prodotti testati per ridurre ed evitare l'inquinamento fisico, chimico e biologico, per un abitare sano e salubre. Lo sono in particolare gli intonaci e i prodotti ProCrea.	Non rilevabili	Non rilevabili
	Etichetta francese "emissions dans l'air interieur" in cui le classi A ed A+ identificano i prodotti a più bassa emissione, obbligatorio per l'utilizzo di prodotti all'interno degli edifici in Francia.	A+ 1000 A 1500 B 2000 C >2000	A+ 10 A 60 B 120 C >120
	I prodotti certificati CE soddisfanno le normative UE, pertanto possono essere venduti nel mercato europeo. Il contrassegno conferma che i prodotti sono stati esaminati da un istituto indipendente e che il prodotto è conforme alla norma. Il marchio CE attesta la corrispondenza con la legge italiana D.M. 10/10/2008.	Nessun limite	124
	Blaue Engel Identifica prodotti da costruzione a basse emissioni come pannelli in legno o pavimenti.	400	60



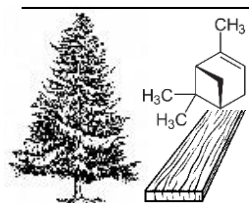
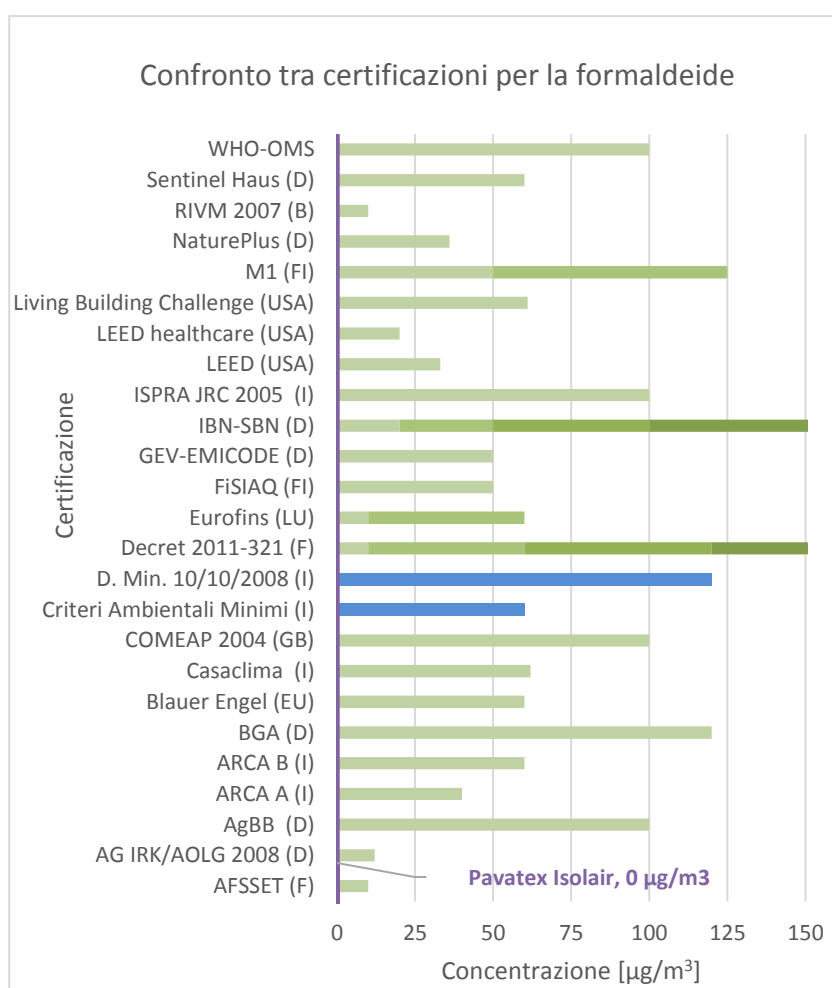
Protocolli di certificazione edilizia

Marchio	Descrizione	TVOC [µg/m³]	Formaldeide [µg/m³]
	Leadership in Energy and Environmental Design: uno standard di costruzione basato su contenimento dell'energia impiegata anche attraverso l'uso di materiali riciclati e riciclabili, il controllo delle fonti inquinanti in fase di costruzione e utilizzo dell'immobile e dei locali in esso presenti e dell'impegno di mantenere un ambiente confortevole per chi vi dovrà risiedere.	Indoor 200 Healthcare 500	Indoor 20 Healthcare 33
	Una CasaClima è innanzitutto un edificio in grado di assicurare un'alta efficienza energetica. Viene accompagnato da un alto standard qualitativo ed elevate condizioni di comfort per gli abitanti. CasaClima Nature è il protocollo che permette di valutare e certificare un edificio non solo dal punto di vista dell'efficienza energetica, ma anche rispetto agli impatti sull'ambiente sulla salute e benessere delle persone.	300	62
	Il Living Building Challenge valuta le reali prestazioni energetiche dell'edificio in uso, verificandone i consumi durante il primo anno di funzionamento. LBC dà la possibilità di certificare l'edificio secondo tre diversi schemi. Living Building Certification, la più completa, è basata su 20 "imperativi" distribuiti su 7 "petali": Energia, Equità, Salute, Bellezza, Materiali, Luogo, Acqua.	500	61
	La certificazione ARCA garantisce elevati standard qualitativi e di benessere abitativo. I requisiti sono tecnici (sicurezza sismica, incendio, efficienza energetica, isolamento acustico, permeabilità all'aria, ventilazione meccanica controllata), Gestione dell'edificio, Edilizia sostenibile (tra cui materiali basso emissivi), Innovazione e filiera.	1000	60 40
	Le Linee Guida di Valutazione di Building Biology si basano sul principio di precauzione. Sono ideate per le zone notte e associate a rischi a lungo termine. Sono basate sull'esperienza e la conoscenza della comunità di building biology e con focus sulla realizzabilità. Inoltre, sono tenuti in conto studi scientifici e altre raccomandazioni.	<100 300 1000 >1000	<20 50 100 >100

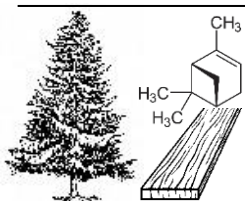
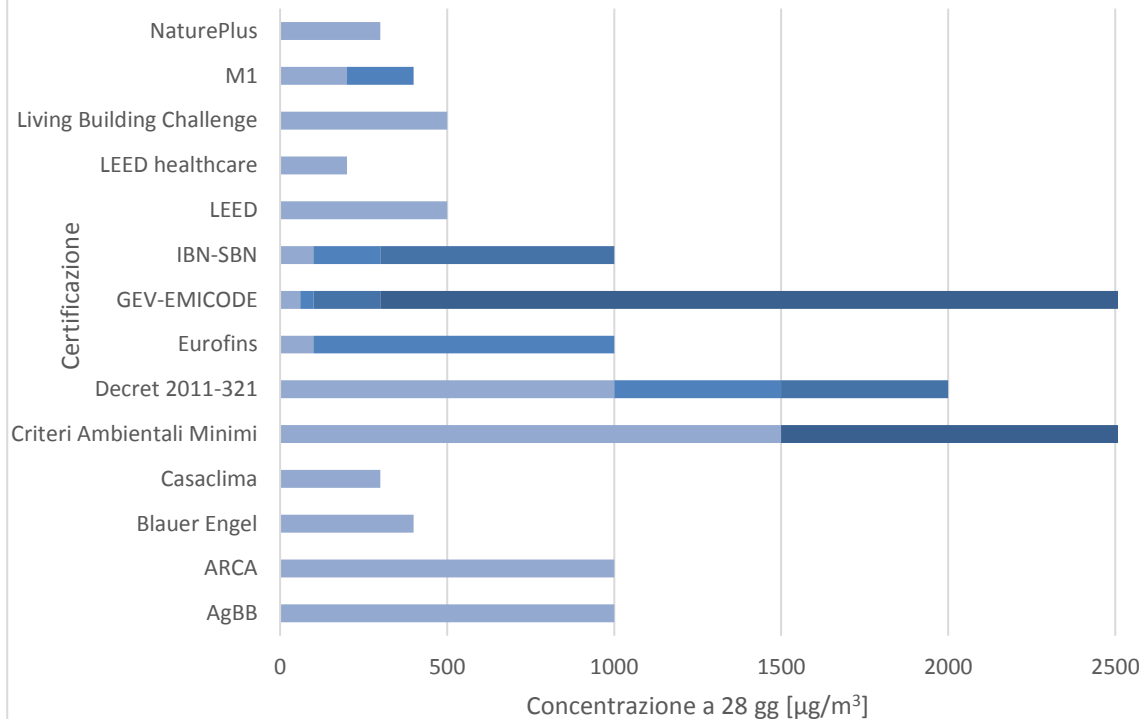


Confronto dei marchi, schemi di certificazione e requisiti di legge

Nei due grafici seguenti proponiamo un confronto tra i marchi, gli schemi di certificazione dei materiali e degli edifici. È un confronto semplificato, che non tiene conto delle numerose variabili di ciascuno, ma consente di vedere l'estrema eterogeneità di questi marchi. Gli schemi riguardanti la formaldeide sono anche confrontati con i requisiti di legge, in azzurro, e con un nostro prodotto, il Pavatex Isolair. Proponiamo anche un confronto sui VOC totali, che sono citati da quasi tutti gli standard, anche se questo valore può essere poco indicativo visto che è la sommatoria dei singoli VOC, indipendentemente dalla loro effettiva pericolosità (per esempio 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di TVOC di cui il 999 sono benzene non sono la stessa cosa che 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di cui 999 sono alfa-pinene).



Confronto tra certificazioni per i VOC totali



Marco Fellin, PhD

Dottore di ricerca in Scienze Agrarie, Forestali ed Agroalimentari

via Benedetto Tonidandel 5 - 38010 Fai della Paganella (TN)

tel +39 3282643636 e-mail marco.fellin.wood@gmail.com

pec marco.fellin@pec.it skype marco.fellin

Pagina 16



Vademecum del progettista

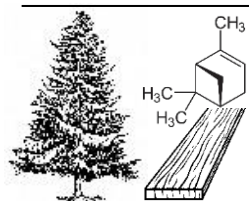
Immagine suggerita: un/una geometra/architetto/ingegnere (in cantiere con caschetto, sul tavolo con progetti) dall'aspetto sicuro di sé, soddisfatto, sereno.

Una eccellente qualità dell'aria indoor è un fattore imprescindibile per un edificio in cui si possa vivere bene. È un fattore implicito, che tuttavia spesso viene ignorato sia dai progettisti che dagli occupanti. Trascurare questo parametro significa esporre l'edificio a deperimento o degrado anticipato (muffe), espone l'occupante ad una vita non confortevole se non a malesseri o patologie, con tutte le conseguenze giuridiche, etiche ed economiche del caso. Diamo per scontato che il luogo prescelto per la costruzione sia lontano da fonti di inquinamento esterno (strade trafficate, zone industriali...), o altrimenti che si sia scelto di orientare l'edificio secondo il vento dominante e che siano presenti dei polmoni verdi (alberature) per abbattere le polveri. I passi per definire a priori una ottima qualità dell'aria interna sono semplici e possono essere fatti con un minimo di accortezza.

Capire le esigenze dell'occupante. In fase progettuale preliminare sarà necessario pensare alle esigenze presenti e future dell'edificio. Si dovranno prevedere cambi di destinazione d'uso e variazione del numero di occupanti. Starà al progettista capire le esigenze di rimozione degli inquinanti, scegliere la tipologia di aerazione necessaria (naturale, meccanica o ibrida) e dimensionarla correttamente. Dovrà prevedere una o più allergie, presenza di soggetti sensibili (neonati, anziani, bambini, malati), o uno stile di vita che espone agli inquinanti indoor. Dovrà preferire materiali basso emittenti piuttosto che sovra-dimensionare l'impianto di ventilazione, e prevedere una vera e propria formazione degli occupanti, anche tramite il manuale dell'edificio. Dovrà prevedere il posto per eventuali elettrodomestici accessori, per esempio quello necessario ad un'asciugatrice per evitare che si stenda in casa, oppure predisporre adeguati spazi esterni.

Scegliere il giusto materiale. Oltre alle attività di cui è responsabile l'occupante, che si svolgono peraltro per poche ore al giorno, dobbiamo preoccuparci delle **emissioni dai materiali da costruzione** che verranno installati (rivestimenti, teli, adesivi, sigillanti, pavimenti, isolanti...). **Questi materiali emettono VOC 24 ore al giorno, sette giorni su sette.** È importante **sceglierli con cura**, per evitare di installare in un edificio materiali che emettono VOC pericolosi e in alte concentrazioni. Una volta installati e consegnati passeranno anni prima che eventuali sintomi appaiano. È molto meglio scegliere bene a priori, evitare il problema alla radice. Conoscere ciò che andiamo ad installare. **È meglio non inquinare, piuttosto che pulire.** Non ha senso trascurare la scelta di materiali salubri e porre rimedio sovradimensionando la ventilazione. La scelta dei materiali può cadere sui materiali di origine vegetale, con trattamenti di origine vegetale o vernici all'acqua. Esistono materiali biocompatibili, a basse emissioni, di origine vegetale, che sono ideati per essere in sintonia con la persona e l'ambiente e possono contribuire significativamente a non inquinare l'aria indoor. Prediligere i materiali con certificato di emissione e, se disponibili, leggere attentamente i risultati di prova di emissione VOC, le schede tecniche e di sicurezza dei prodotti.

Esistono inoltre materiali che non solo non presentano emissioni, ma addirittura neutralizzano quelle presenti. Sono i **materiali attivi** come **Procrea intonaco**, o lastre a base di argilla, vernici con effetto fotocatalitico che grazie a reazioni chimiche trasformano gli inquinanti in inerti. La scelta di materiali naturalmente igroscopici come la fibra di legno o l'argilla garantiscono inoltre una eccellente regolazione dell'umidità relativa dell'aria.



La scelta del corretto materiale ripaga anche dal punto di vista pratico ed economico. Scegliere i giusti materiali per l'involucro significa **vivere in modo salubre** ed evitare costose e macchinose sostituzioni nel tempo.

Il progettista dovrà **stimare l'impatto sulla qualità dell'aria** dei materiali scelti. Premesso che si acquistino materiali certificati, è di fondamentale importanza conoscere che tali certificati sono stati ottenuti in **condizioni di prova standard**. Ogni **variazione da queste condizioni** può portare ad una **variazione delle emissioni effettive**. Dovrà quindi valutare il tasso di carico, la temperatura e umidità relativa dell'ambiente e i ricambi d'aria.

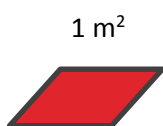
Il tasso di carico. I metodi di prova previsti per VOC e formaldeide⁴⁵ nei pannelli per arredo prevedono un tasso di carico di 1 m² di materiale per 1 m³ di aria ambiente e i valori di prova sono espressi in funzione di quel tasso di carico. Tassi di carico diversi sono per i pavimenti (0,4 m²/m³). All'aumentare del tasso di carico la concentrazione dei VOC aumenta in modo proporzionale. Superare tale valore non è così difficile, in quanto non solo i pannelli per edilizia ma anche quelli usati per gli arredi concorrono alle emissioni.

Due esempi:

Caso 1. Un pannello truciolare di un metro quadrato conforme alla legge italiana (emittente 81 µg/m³) viene collocato come controsoffitto di una sala di volume 65 m³. Esso contribuirà a portare la concentrazione di formaldeide a un valore accettabile di **30 µg/m³** (81 x 24 / 65).

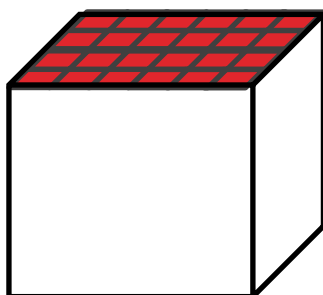
Caso 2. Rivestiamo una piccola stanza di 18 m³ con 27 m² con lo stesso pannello. La concentrazione di formaldeide nell'ambiente sarà di **121 µg/m³** (81 x 27 / 18), 4 volte più elevata del caso precedente e oltre il valore soglia dell'organizzazione mondiale della sanità (100 µg/m³).

Pannello truciolare
conforme alla legge
italiana D.M. 10/10/2008
Emissioni di formaldeide
80 µg/m³



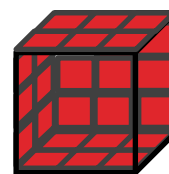
Caso 1

24 m² di pannello in sala da 65 m³
Concentrazione effettiva
indoor 30 µg/m³

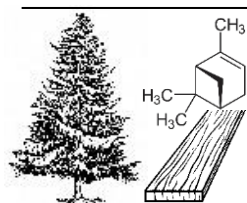


Caso 2

27 m² di pannello in
sala da 18 m³
Concentrazione
effettiva indoor
120 µg/m³



Temperatura e umidità relativa. I metodi di prova previsti per VOC e formaldeide prevedono un ambiente con temperatura di 23°C e umidità relativa dell'aria del 50 %. Le emissioni aumentano all'aumentare della temperatura e all'aumentare dell'umidità relativa dell'aria. In linea di massima si possono avere emissioni dimezzate con ambienti freschi e asciutti (15°C e 30 % u.r.) o emissioni raddoppiate in ambienti caldi e umidi (30°C e 75 % u.r.).



Marco Fellin, PhD

Dottore di ricerca in Scienze Agrarie, Forestali ed Agroalimentari
via Benedetto Tonidandel 5 - 38010 Fai della Paganella (TN)
tel +39 3282643636 e-mail marco.fellin.wood@gmail.com
pec marco.fellin@pec.it skype marco.fellin

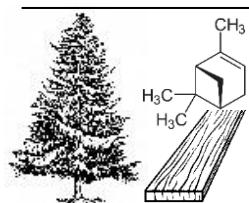
Pagina 18



Ricambi d'aria. I principali metodi di prova previsti per VOC e formaldeide prevedono per le prove di laboratorio un ricambio d'aria ogni due ore, un valore elevato che non si raggiunge comunemente negli edifici. Maggiore è la ventilazione e maggiore è la diluizione degli inquinanti e la loro asportazione. Valori di ricambi d'aria compresi tra un ricambio d'aria all'ora e un ricambio ogni tre ore vanno generalmente bene⁴⁶.

Informare correttamente. Il progettista dovrà informare in maniera dettagliata l'occupante circa l'utilizzo dell'edificio ad alte prestazione energetiche. Siamo in un periodo di transizione, dove la maggior parte di coloro che vanno ad utilizzare un edificio di questo tipo lo fanno per la prima volta. Non abbiamo esperienza e non sappiamo che **lo stile di vita va cambiato**. Il progettista dovrà informare sul corretto utilizzo della ventilazione (naturale, meccanica o ibrida), sui rischi di cattive pratiche, mancate o errate manutenzioni. Dovrà consigliare l'acquisto di mobili, pavimenti e rivestimenti basso emittenti o meglio ancora biocompatibili. Un progettista potrebbe collocare in alcuni locali dell'edificio dei termoigrometri analogici e spiegare all'occupante i valori soglia a cui prestare attenzione (principalmente legati all'umidità dell'aria, meglio se minore del 75%)⁴⁷.

Così facendo il progettista non solo consegnerà un edificio termicamente efficiente, perfettamente realizzato e funzionante, ma anche **sano e salubre da vivere, fin dal primo giorno**.



Uso corretto di un edificio sano

FOTO: persona che abbraccia un cuscino, persona rilassata e sorridente, soddisfatta, occhi chiusi, che appoggia la testa su un pannello Pavatex, come fosse un cuscino.

Le scelte effettuate in fase di progettazione non devono essere vanificate durante l'esercizio dell'edificio.

È quindi importante che anche in fase di finitura, arredamento e utilizzo dell'edificio si presti la massima attenzione alla qualità dell'aria indoor e al suo possibile degrado. Ecco alcuni consigli.

Scegliere i **materiali** giusti per l'arredamento e la finitura. Utilizzando materiali certificati, di origine naturale, senza derivati petrolchimici aggiunti, biocompatibili, basso emittenti o che emettono solo VOC naturali si evita il problema della cattiva qualità dell'aria alla radice. Si predispone l'edificio per il massimo benessere. Prediligere il legno massello, multistrato, listellare rispetto ai pannelli di truciolare.

Tenere monitorata l'**umidità relativa dell'aria** e la temperatura. Installare alcuni termoigrometri analogici o digitali nelle stanze "chiave" dell'edificio: in bagno, in camera da letto, in soggiorno, in cucina. Mantenere sempre l'umidità sotto al 75 %.

Evitare, per quanto possibile, di **produrre inquinanti in casa**. Cucinare accendendo al massimo la cappa di aspirazione⁴⁸, utilizzare se possibile fiamma bassa, olii di elevata qualità, installare cappe aspiranti con almeno 80 dm³/s di portata. Non fumare, limitare l'accesso agli animali domestici in casa, non utilizzare detergenti o prodotti per la pulizia, candele profumate, spray o bastoncini profumati di scarsa qualità e fortemente emittenti. Esistono numerose alternative naturali (l'aceto di vino, per esempio) ai detergenti per la casa. Anche le stampanti laser, 3D e i lavori di saldatura andrebbero evitati in casa. Qualora si vogliano utilizzare profumatori d'ambiente preferire oli essenziali puri di elevata qualità⁴⁹.

Preferire le stufe chiuse (p.es. a pellet) ai **caminetti** aperti. **Bruciare solo legna**, ben essiccata e non trattata.

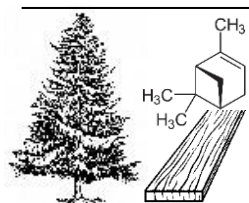
Effettuare **arieggiamenti e ricambi d'aria** frequenti. Soprattutto dopo aver introdotto nell'ambiente vapore acqueo (con la doccia o il bagno, o con la cottura dei cibi). Sono consigliati alcuni arieggiamenti al giorno per brevi periodi (5-10 minuti) e in corrente d'aria. Se possibile installare sistemi di ricambio d'aria con recupero dell'energia termica.

Effettuare le **pulizie domestiche** di frequente, con un aspiratore dotato di buoni filtri e con il lavaggio delle superfici.

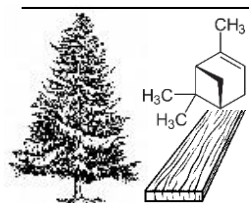
In caso di ventilazione meccanica controllata attenersi rigorosamente alle **manutenzioni dei filtri** (pulizia ogni tre mesi, sostituzione ogni anno).

Può aiutare la mitigazione di certi inquinanti indoor anche la presenza di alcune **piante d'appartamento**⁵⁰. La loro efficacia è tuttavia limitata e non sostituisce le buone pratiche di cui sopra.

In caso di **risanamenti o ristrutturazioni** le regole d'oro sono di rimuovere i materiali emittenti (rimozione fisica, pulizia profonda p.es. di carte da parati in locali ex fumatori), incrementare i tassi di ricambi d'aria e la ventilazione, evitare che i materiali siano soggetti ad alte temperature e umidità, cambiare frequentemente i filtri della ventilazione meccanica controllata, cambiare tipologia di filtri e preferire i filtri HEPA ad alta

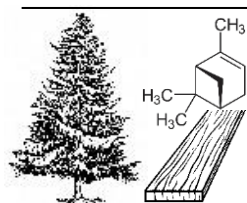


efficienza, evitare l'utilizzo di PVC, specialmente a diretto contatto con il cemento che con la sua umidità può causare sgradevoli emissioni⁵¹.

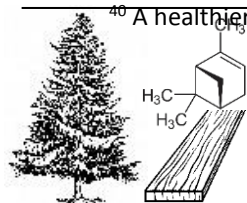


NOTE BIBLIOGRAFICHE

- ¹ WHO, 2016, Ambient Air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease. ISBN: 9789241511353
- ² Weschler, C.J., Wells, J.R., Poppendieck, D., Hubbard, H. and Pearce, T.A. (2006) Workgroup report: Indoor chemistry and health. *Environmental Health Perspectives* 114, 442-446.
- ³ Ahluwalia et al. Mouse allergen is the major allergen of public health relevance in Baltimore City. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 2013; 132: 830-835
- Arbes et al. Feasibility of subject-collected dust samples in epidemiologic and clinical studies of indoor allergens. *Environmental Health Perspectives* 2005; 113: 665-9
- Brough et al. Peanut protein in household dust is related to household peanut consumption and is biologically active. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 2013; 132: 630-8
- Chew et al. Mouse and cockroach allergens in the dust and air in northeastern US inner-city public high schools. *Indoor Air* 2005; 15: 228-34.
- Matsui et al. Indoor pollutant exposures modify the effect of airborne endotoxin on asthma in urban children. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2013 Nov 15; 188: 1210-5
- McCormack et al. In-home particle concentrations and childhood asthma morbidity. *Environmental Health Perspectives* 2009; 117: 294-298
- Oeder et al. Airborne indoor particles from schools and more toxic than outdoor particles. *American Journal of Respiratory, Cellular and Molecular Biology* 2012; 47: 575-82
- Permaul et al. Allergens in urban schools and homes of children with asthma. *Pediatric Allergy and Immunology* 2012
- Perzanowski et al. Early-life cockroach allergen and polycyclic aromatic hydrocarbon exposures predict cockroach sensitization among inner-city children. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 2013; 131: 886-93
- Phipatanakul et al. Mouse allergen I. The prevalence of mouse allergen in inner-city homes. The National Cooperative Inner-City Asthma Study. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 2000; 106: 1070-74
- Ponikau, Jens U. et al., The Diagnosis and Incidence of Allergic Fungal Sinusitis, *Mayo Clinic Proceedings*, Volume 74 , Issue 9 , 877 – 884.
- Rosenstreich et al. The role of cockroach allergy and exposure to cockroach allergen in causing morbidity among inner-city children with asthma. *New England Journal of Medicine* 1997; 336: 1356-63
- Salo et al. Exposure to multiple indoor allergens in US homes and its relationship to asthma. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 2008; 121: 678-84
- Salo et al. Prevalence of allergic sensitization in the United States: Results from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2005-2006. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 2014; 134: 350-359
- Savage et al. Urinary levels of triclosan and parabens are associated with aeroallergen and food sensitization. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 2012; 130: 453-60
- Sheehan et al. Mouse allergen in urban elementary schools and homes of children with asthma. *Annals of Allergy, Asthma and Immunology* 2009; 102:125-30
- Whyatt et al. Prenatal and postnatal bisphenol A exposure and asthma development among inner-city children. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 2013; 131: 736-42
- Zeldin et al. Phthalate exposure and allergy in the U.S. population: results from NHANES 2005-2006. *Environmental Health Perspectives* 2013; 121: 1129-34
- ⁴ Butler, DA, Madhavan, G, 2016, Indoor exposure to particulate matter – The state of science. *IAQ* 2016.
- ⁵ Hansel et al. A longitudinal study of indoor nitrogen dioxide levels and respiratory symptoms in inner-city children with asthma. *Environmental Health Perspectives* 2008; 116: 1428-32).
- ⁶ Finkelman FD. Diesel exhaust particle exposure during pregnancy promotes development of asthma and atopy. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 2014; 134: 73-74
- ⁷ Linee-guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati. (GU Serie Generale n.276 del 27-11-2001 - Suppl. Ordinario n. 252)
- ECA Report No. 25: Strategies to determine and control the contributions of indoor air pollution to total inhalation exposure (STRATEX), EUR 22503 EN, 2006 ISBN 92-79-03453-7
- ⁸ National Center for Healthy Housing, 2010
- ⁹ Case Studies: The Benefits of Home Visits for Children with Asthma- National Center for Healthy Housing, 2014
- CDC Task Force, Findings and Rationale Statement Interventions for Children and Adolescents with Asthma, 2010
- ¹⁰ The Surgeon General's Call to Action To Promote Healthy Homes, 2009, U.S. Department of Health and Human Services



- ¹¹ Oeder et al. Airborne indoor particles from schools and more toxic than outdoor particles. *American Journal of Respiratory, Cellular and Molecular Biology* 2012; 47: 575-82
- Savage et al. Urinary levels of triclosan and parabens are associated with aeroallergen and food sensitization. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 2012; 130: 453-60
- ¹² Eva M King, Allergen Exposures and the Quest for a Healthier Home, IAQ 2016, Washington DC.
- ¹³ ISPRA, Inquinamento Indoor: aspetti generali e casi studio in Italia, 2010, Rapporti 117/2010, ISBN 978-88-448-0451-0
- ¹⁴ Environmental burden of disease associated with inadequate housing. A method guide to the quantification of health effects of selected housing risks in the WHO European Region. Summary report. M. Braubach, D. E Jacobs, D. Ormandy, 2011, 13 pages ISBN 978 92 890 0239 4
- Progetti MACBETH, EXPOLIS, INDEX, THADE, AIRMEX.
- ¹⁵ P. Barret, 2015, Clever Classrooms study, Summary report of the HEAD project, University of Salford, Manchester, UK
- ¹⁶ Progetto INDOOR, Studio sul comfort e sugli inquinanti fisici e chimici nelle scuole, Regione Toscana
- ¹⁷ Progetto "Aria viziata a scuola", Luca Verdi, APPA, Provincia Autonoma di Bolzano
- ¹⁸ Liceo Pascoli di Firmian, 2012; Asilo di Firmian, 2013, Casa del Bosco di Aslago, 2013.
- ¹⁹ DIRETTIVA 2004/42/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 21 aprile 2004
- DIRETTIVA 2008/112/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 16 dicembre 2008
- D.Lgs. n. 161 del 27 marzo 2006
- D.Lgs. n. 33 del 14 febbraio 2008,
- ²⁰ Decisione 2014/312/UE
- ²¹ D.M. 10/10/2008
- ²² Décret n° 2011-321, 25/3/2011
- ²³ Herbarth, O. and Matysik, S. (2010), Decreasing concentrations of volatile organic compounds (VOC) emitted following home renovations. *Indoor Air*, 20: 141–146. doi:10.1111/j.1600-0668.2009.00631.x
- ²⁴ A. Bandel, Incollare il Legno, CATAS, 2008
- F. Bulian, Materiali e Tecnologie del Mobile, Hoepli
- F. Bulian, Il problema formaldeide nel settore legno-arredo, nota CATAS
- ²⁵ United States Environmental Protection Agency, Indoor Air Facts No. 4 (revised) Sick Building Syndrome, 1991.
- ²⁶ Decreto 24 dicembre 2015 Adozione dei criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici per la gestione dei cantieri della pubblica amministrazione e criteri ambientali minimi per le forniture di ausili per l'incontinenza. GU Serie Generale n.16 del 21-1-2016
- ²⁷ Regolamento UE 305 2011
- ²⁸ D.M. 10/10/2008
- ²⁹ UNI EN 717-1 e UNI EN13986:2005
- ³⁰ Reg. UE 2015/491 che modifica il Reg. UE 2014/605
- D. Lgs. 15 febbraio 2016, n. 39
- ³¹ Journal Officiel de la République Française, Arrêté du 19 Avril 2011-321 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils. Décret n. 2011-1727 e n. 1728 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène
- ³² Arrêté royal établissant les niveaux seuils pour les émissions dans l'environnement intérieur de produits de construction pour certains usages prévus. 08 mai 2014.
- ³³ AgBB 2015 list of its NIK (LCI) values
- ³⁴ Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati GU Serie Generale 276 del 27-11-2001
- ³⁵ Linee Guida sul Comfort, Gruppo di lavoro IEQ del Cluster Edilizia TIS, 2015
- ³⁶ Linee guida ARCA per la salubrità dell'aria indoor, 2015
- ³⁷ Indoor air quality guide, 2009, ASHRAE. ISBN 978-1-933742-59-5
- ³⁸ WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants (2010). ISBN 978 92 890 0213 4
- ³⁹ Qualità dell'aria nelle scuole: un dovere di tutti, un diritto dei bambini, ISPRA, Ministero dell'Ambiente, Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden - Guidelines for indoor air hygiene in school buildings, Umweltbundesamt Innenraumluftthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes, 2008
- Methods for monitoring indoor air quality in schools, WHO, 2011
- Recenser, prévenir et limiter les risques sanitaires environnementaux dans les bâtiments accueillant des enfants, Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables (MEDAD), 2007
- ⁴⁰ A healthier home – but how? Practical Everyday Tips, Bundesamt für Strahlenschutz, 2005.



⁴¹ Schema di linee di indirizzo per la prevenzione nelle scuole dei fattori di rischio indoor per allergie e asma, Ministero della Salute, 2010.

⁴² Health-based guideline values for the indoor environment, RIVM Report 609021044, Dusseldorp A, van Bruggen M, Douwes J, Janssen PJCM, Kelfkens G, 2007.

Guide de gestion de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public, Institut de Veille Sanitaire, 2010.

Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur (VGAI), Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, 2011

⁴³ LBC Sample specification, LBC version 3.1,

⁴⁴ Merkblatt: Gesundes Innenraumklima, sito web www.minergie.ch (ultima visita 8/10/2016).

⁴⁵ UNI EN 16000-2.

⁴⁶ UNI TS 11300-1

⁴⁷ Bio Climatic Chart, Victor Olgyay, 1963

Building Bio-Climatic Chart BBCC, Givoni 1969

Diagramma bioclimatico, Brown 2001

⁴⁸ PM 2.5 in Dutch dwellings due to cooking, Piet Jacobs, Wouter Borsboom, Richard Kemp, in proc. of ASHRAE and AIVC IAQ 2016, Washington DC, 295-301.

⁴⁹ A healthier home – but how? Practical Everyday Tips, Bundesamt für Strahlenschutz, 2005.

⁵⁰ Bill C. Wolverton et al., A study of interior landscape plants for indoor air pollution abatement Hancock County MS, NASA 1989.

Bill C. Wolverton, Amiche piante, Ed. Armenia, 1998.

⁵¹ Indoor air quality guide, 2009, ASHRAE. ISBN 978-1-933742-59-5

