



CHE ARIA TIRA NELLE NOSTRE SCUOLE?

Luca Pampuri,

Istituto sostenibilità applicata all'ambiente costruito, SUPSI

Tiziano Teruzzi

Istituto materiali e costruzioni, SUPSI

Clara Peretti e Gianmaria Fulici

Laboratorio Analisi aria e radioprotezione, Provincia di Bolzano

Mirko Zancarli

Agenzia per l'Energia Alto Adige - CasaClima

Francesca Avella

Eurac Research, Istituto per le Energie Rinnovabili

A seguito di un generale e graduale mutamento dello stile di vita, la popolazione trascorre ormai gran parte del suo tempo in ambienti chiusi. Pertanto, la qualità dell'aria che respiriamo quando siamo al chiuso ha un'influenza significativa sulla nostra salute, sul nostro stato di benessere e sulle nostre prestazioni cognitive e fisiche.

È in questo contesto che il progetto Interreg Qualità dell'Aria negli Edifici Scolastici QAES, coordinato da SUPSI e IDM Alto Adige si inserisce. Esso punta a sviluppare una cultura tecnica, al fine di migliorare la qualità dell'aria nelle scuole, attraverso lo sviluppo di soluzioni tecnologiche a basso impatto architettonico e l'elaborazione di un approccio metodologico per classificare, progettare, realizzare, misurare e gestire le condizioni relative alla qualità dell'aria interna.

Il progetto coinvolge realtà presenti sul territorio ticinese e le mette in contatto con quelle presenti in Alto Adige rappresentando un'opportunità di collaborazione tra industria, mondo della ricerca ed enti pubblici intorno alla tematica della qualità dell'aria nelle scuole.

Nell'ambito del progetto, che ha avuto inizio nel 2019 e terminerà nel 2022, oltre ad essere state eseguite numerose campagne di misurazione, è in corso l'elaborazione di linee guida per la progettazione e gestione della qualità dell'aria nelle scuole, a supporto di progettisti, aziende realizzatrici, gestori delle opere e utenti. Inoltre i partner progettuali hanno svolto, e svolgeranno, numerose attività di informazione e formazione in relazione alla tematica della qualità dell'aria interna.

A seguito di un generale e graduale mutamento dello stile di vita, la popolazione dei paesi del primo e del secondo mondo trascorre ormai gran parte del suo tempo in ambienti chiusi. Si stima che la percentuale del nostro tempo che spendiamo all'interno degli ambienti abitativi, di lavoro o di studio e di svago ammonti a circa il 90%. Pertanto, la qualità dell'aria che respiriamo quando siamo al chiuso ha un'influenza significativa sulla nostra salute, sul nostro stato di benessere e sulle nostre prestazioni cognitive e fisiche.

Che la composizione chimica dell'aria che respiriamo influenzi la sua salubrità è oggi un fatto indiscusso. Ma in che modo essa può rap-

presentare una minaccia per la nostra salute o diminuire il nostro stato di benessere psicofisico?

La conoscenza della composizione dell'aria è aumentata di pari passo con la disponibilità di tecniche analitiche sempre più precise e selettive. Nell'atmosfera, le specie chimiche presenti nell'aria con un tasso di almeno lo 0,1% sono solo 4: l'azoto (N_2), l'ossigeno (O_2), l'argon (Ar) e il vapore acqueo (H_2O). Se incrementassimo la sensibilità della "lente" con cui esaminiamo la composizione dell'aria fino ad un valore tale da poter riconoscere una singola molecola tra un milione (si parla in questo caso di una precisione di una parte per milione, 1ppm), allora, oltre ai quattro composti citati, riconosceremmo anche



foto: T. Press / Francesca Agosta

la presenza del biossido di carbonio (CO_2), più comunemente conosciuto come anidride carbonica, e quella del metano (CH_4). Se ci spingessimo ancora oltre, utilizzando i migliori apparecchi d'analisi disponibili, portando la sensibilità ad una parte per miliardo (1 ppb) o, addirittura, a una parte per trilione (1 ppt), allora si rivelerebbero ai nostri occhi centinaia o migliaia di nuove specie chimiche. Qualcuno potrebbe far notare che se per riconoscere questi numerosissimi nuovi composti chimici è necessario utilizzare apparecchi tanto sensibili, allora significa che il numero di tali composti è così basso da non rappresentare alcuna minaccia per la nostra salute.

Per replicare a questa osservazione è necessario cambiare prospettiva. A questo scopo, basta pensare all'elevatissimo numero di molecole contenuto in un volume d'aria macroscopico. Si consideri, ad esempio, che una persona adulta inspira giornalmente circa 15 m^3 di aria. In questo volume sono contenute approssimativamente 600 moli di aria, cui corrisponde un numero di molecole pari a quasi 4×10^{26} . Scritto per esteso, esso si compone della cifra 4 seguita da 26 zeri! A fronte di un numero tanto elevato, anche se una sostanza chimica fosse presente nell'aria solamente con una concentrazione di una parte per trilione, il numero di molecole della stessa ammonterebbe a 400 trilioni, ossia 400 milioni di milioni. E tutte queste molecole entrerebbero nei nostri polmoni trasportate dall'aria che inspiriamo giornalmente e da lì, eventualmente, penetrerebbero nel circolo sanguigno e verrebbero così trasportate all'interno dell'intero organismo.

Generalmente, la varietà delle sostanze inquinanti presenti nell'aria interna è molto grande. Vi si trovano membri della vastissima "famiglia" dei composti organici volatili, alla quale appartengono ad esempio, la formaldeide o i terpeni, oppure le polveri fini, l'ozono, i pollini e le spore di muffe e il biossido di carbonio, inquinante tipico degli ambienti interni affollati e poco ventilati. Altrettanto variegati sono gli effetti sulla salute causati dall'esposizione a tali sostanze e la gravità di tali effetti. Essi dipendono in primo luogo dal tempo di esposizione, dalla natura del composto, dalla sua quantità e della soggettività di ogni persona e comprendono, fra altri, irritazioni delle mucose, allergie, pneumopatie, patologie oncologiche, cutanee e del sistema nervoso.

La formaldeide, ad esempio, a bassi livelli di concentrazione può causare irritazioni delle vie respiratorie superiori e degli occhi. A concentrazioni elevate, come risulta da esperimenti di inalazione di lungo periodo effettuati su animali, tale sostanza molto volatile ha effetti citotossici e cancerogeni nell'area nasale. Per questo motivo, la formaldeide è stata classificata come sostanza cancerogena di categoria 1B, ossia sostanza di cui si presumono effetti cancerogeni per l'uomo, e come sostanza mutagena di categoria 2, ossia sostanza che desta preoccupazione per il fatto che potrebbe causare mutazioni ereditarie nelle cellule germinali umane. In Svizzera, l'Ufficio federale della sanità pubblica (UFSP) ha definito per la formaldeide e per i locali abitativi o di soggiorno un valore operativo di 0,1 ppm (corrispondente a 125 microgrammi per metro cubo di aria interna).

Aria fresca, idee chiare

SIMARIA è uno strumento di simulazione dalla concentrazione di CO₂ sviluppato dall'Ufficio federale della sanità pubblica (UFSP) che consente di valutare la qualità dell'aria delle aule scolastiche. Aiuta insegnanti e scolari a pianificare un arieggiamento efficace e favorisce la creazione di un clima sano nei locali e di buone condizioni di apprendimento.

Questo progetto ha permesso di sviluppare un simulatore della qualità dell'aria che permette di ottenere un grafico che rappresenta l'andamento della qualità dell'aria e di stampare piani di ventilazione individuali con la prassi ottimale di ricambio di aria per l'aula in funzione delle sue caratteristiche e dei dati inseriti.

Informazioni supplementari: www.simaria.ch.

I terpeni, gruppo al quale appartengono, ad esempio, i composti α - e β -pinene, il limonene o il 3-carene, fanno parte della stretta cerchia di inquinanti che vengono quasi sempre rilevati nell'aria interna. La loro "ubiquità" è dovuta al fatto che sono composti contenuti naturalmente nel legno di piante resinose, di cui si fa largo uso in edilizia, o vengono utilizzati come additivi in prodotti vernicianti cosiddetti ecologici o nelle colle, nei quali agiscono come solventi. Vengono inoltre utilizzati come agenti profumanti nella fabbricazione di prodotti cosmetici o di pulizia. Fra gli effetti più comuni di un'esposizione ai terpeni, vi sono le irritazioni delle mucose degli occhi, del naso e della gola. Per questo gruppo di sostanze sono documentati anche effetti neurotossici. Ad oggi, per i terpeni sono stati definiti limiti di esposizione in ambiente abitativo o di soggiorno unicamente in Germania (valore guida di tipo I per i terpeni biciclici: 200 microgrammi per metro cubo di aria).

Negli ambienti interni scolastici, lavorativi o, in generale, in quelli frequentati da molte persone, l'inquinante dell'aria più significativo è certamente il biossido di carbonio. La fonte di tale composto sono gli occupanti degli ambienti interni: esso è un prodotto di scarto del metabolismo della respirazione cellulare e fuoriesce dai nostri polmoni quando espiriamo. Una persona immette nell'ambiente approssimativamente poco meno di 1 grammo di CO₂ al minuto. Questo valore varia a dipendenza dell'età e dell'intensità dell'attività svolta. Pertanto, in ambienti occupati da molte persone e poco ventilati la sua concentrazione può raggiungere valori molto più alti del livello attorno al quale essa oscilla all'esterno, ossia circa 450 ppm. Per i livelli massimi di concentrazione che si registrano all'interno di locali abitativi, di lavoro o di studio, che raramente superano i 5.000 ppm, la CO₂ non ha serie conseguenze per la salute delle persone. Tuttavia, diversi studi dimostrano l'esistenza di un'associazione tra la concentrazione di tale composto e alcune funzioni fisiche e psicomotorie. Si osserva, in particolare, una diminuzione significativa delle prestazioni cognitive, del livello di attenzione e

della produttività sul posto di lavoro o a scuola e un aumento dell'assenteismo per malattia all'aumentare della concentrazione della CO₂ già per valori che vengono abitualmente registrati negli ambienti interni (< 5.000 ppm). Studiare o lavorare in un ambiente povero di CO₂ porta quindi notevoli benefici. Detto altrimenti, con riferimento alle scuole, allievi e studenti che studiano in aule la cui aria è ricca di CO₂ potrebbero essere svantaggiati nelle loro prestazioni scolastiche rispetto ai loro colleghi che frequentano aule in cui l'aria ne è più povera. I risultati di uno studio¹ promosso dall'Ufficio federale della sanità pubblica su un campione di 200 aule scolastiche hanno dimostrato che nei due terzi delle aule sottoposte a controllo della concentrazione di CO₂, veniva superato il livello di guardia di 2.000 ppm, ossia il livello che l'UFSP considera come la soglia sopra la quale il calo della produttività scolastica e l'incidenza di disturbi respiratori si manifestano in maniera significativa.

Il progetto

È in questo contesto che il progetto Interreg Qualità dell'Aria negli Edifici Scolastici² si inserisce. Esso punta a sviluppare una cultura tecnica al fine di migliorare la qualità dell'aria nelle scuole. Prevede inoltre lo sviluppo di soluzioni tecnologiche a basso impatto architettonico e vuole sviluppare un approccio metodologico per classificare, progettare, realizzare, misurare e gestire le condizioni relative alla qualità dell'aria interna.

Il progetto coinvolge realtà presenti sul territorio cantonale e le mette in contatto con quelle presenti sul territorio dell'Alto Adige rappresentando un'opportunità di collaborazione tra industria, mondo della ricerca ed enti pubblici intorno alla tematica della qualità dell'aria nelle scuole.

Il partenariato duale sviluppato in Ticino e in Alto Adige consente lo scambio paritetico delle informazioni. Inoltre lo sviluppo di una piattaforma di interscambio permette un'ottimizzazione dei processi. La condivisione delle conoscenze acquisite dai vari partner, sia prece-

¹ Progetto "Aria fresca, idee chiare", www.simaria.ch.

² www.gaes.ch.



foto: Il Press / Francesca Agosta

dentemente, che all'interno del progetto, favorisce un perfezionamento generale delle competenze del settore. I risultati del progetto saranno replicabili anche in altri contesti in Italia e Svizzera: i partner Minergie e Agenzia CasaClima operano infatti con successo a livello nazionale.

Nell'ambito del progetto, che ha avuto inizio nel 2019 e terminerà nel 2022, oltre ad essere state eseguite numerose campagne di misurazione, è in corso l'elaborazione di linee guida per la progettazione e gestione della qualità dell'aria nelle scuole, a supporto di progettisti, aziende realizzatrici, gestori delle opere e utenti.

Al fine di divulgare le conoscenze acquisite e sensibilizzare progettisti, gestori e personale scolastico, e non da ultimo gli utenti, i partner progettuali hanno svolto, e svolgeranno, numerose attività di informazione e formazione in relazione alla tematica della qualità dell'aria interna.

I primi risultati

Con l'obiettivo di definire l'approccio alla misurazione della qualità dell'aria negli edifici scolastici e alla relativa strumentazione da utilizzare nel corso delle varie campagne di monitoraggio, sono state dapprima individuate le tematiche di ricerca grazie alla definizione di domande chiave, alcune delle quali sono qui di seguito riportate.

- Quale è la qualità dell'aria nelle aule scolastiche nei territori di riferimento? Quali sono i parametri più critici?
- Un monitoraggio in continuo della qualità dell'aria permette di conoscere per tempo l'emergere di problemi e quindi di intervenire?
- La qualità dell'aria può essere un parametro soggettivo. In che modo l'adattamento degli occupanti influisce nella loro percezione?
- Può la visualizzazione del livello di qualità dell'aria in una classe sensibilizzare gli occupanti e migliorarlo?
- In che modo le dimensioni e la collocazione dei serramenti e/o la presenza di un impianto di ventilazione meccanica controllata influenzano la qualità dell'aria?

- Edifici più ermetici presentano una peggiore qualità dell'aria? Quali sono i parametri che risultano essere determinanti in questi casi?

Al fine di dare risposta a queste e altre domande sono state individuate 6 scuole in Alto Adige: 3 scuole dell'infanzia, 1 scuola media, 2 scuole superiori e 6 scuole in Ticino: due scuole dell'infanzia (SI1 e SI2), tre scuole elementari (SE1, SE2, SE3 con due aule "a" e "b") e una scuola media (SM1 con due aule "a" e "b"). Le scuole sono state oggetto, nel corso del periodo 2019-2020 del monitoraggio della qualità dell'aria nel periodo invernale ed estivo, per una durata di circa un mese.

In ogni scuola sono state monitorate da una a due aule, all'interno delle quali sono stati registrati e valutati i seguenti parametri:

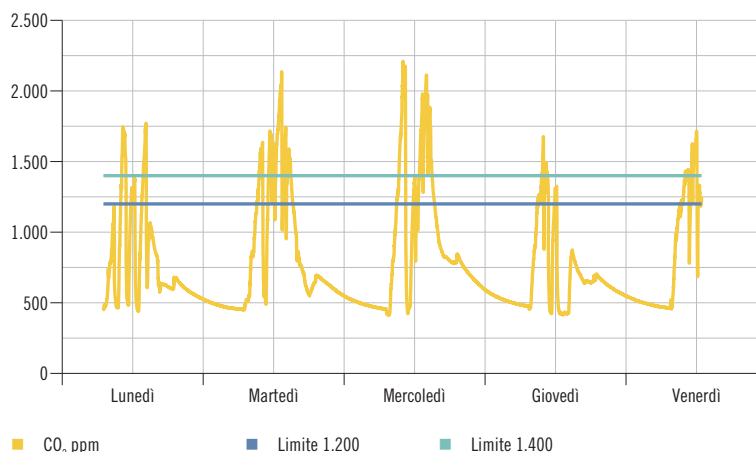
- Temperatura, umidità, CO₂ (Ticino e Alto Adige)
- Formaldeide (Alto Adige)
- Parametri microbiologici (Alto Adige)
- Polveri: PM 10-2,5-1 (Alto Adige)
- Composti organici volatili (Alto Adige)
- Radon (Ticino e Alto Adige)
- Diossido di azoto e ozono (Ticino)

Nei paragrafi seguenti si riportano i risultati più rilevanti in relazione ai parametri monitorati.

La CO₂

Nel grafico [F. 1] sono riportati gli andamenti della CO₂, prodotta da bambini e insegnanti durante una settimana invernale. Per la valutazione della qualità dell'aria sotto il profilo della concentrazione di CO₂, l'Ufficio federale della sanità pubblica (UFSP) ha definito quattro classi di qualità: ottima (concentrazione $c \leq 1.000$ ppm), buona ($1.000 \text{ ppm} < c \leq 1.400$ ppm), sufficiente ($1.400 \text{ ppm} < c \leq 2.000$ ppm), insufficiente ($c > 2.000$ ppm). Secondo l'UFSP, per un'aria ambiente salubre e per buone condizioni di apprendimento, la concentrazione della CO₂ non dovrebbe superare la soglia dei 1.400 ppm. L'UFSP raccomanda di evitare assolutamente che il livello di 2.000 ppm venga superato.

F.1
Concentrazioni di CO₂, in una scuola dell'infanzia in Alto Adige con aerazione manuale, nel periodo 11/15 novembre 2019



Fonte: Progetto QAES, Laboratorio Analisi aria e radioprotezione della Provincia di Bolzano

I limiti per gli edifici scolastici italiani fanno invece riferimento allo standard UNI EN 16798-1, che prevede, per la Categoria II, una concentrazione massima di 1.200 ppm.

Durante le campagne di misurazione, gli occupanti potevano aprire finestre, porte e portefinestre a loro piacimento e non ricevevano alcun riscontro degli effetti delle azioni di apertura sulla qualità dell'aria.

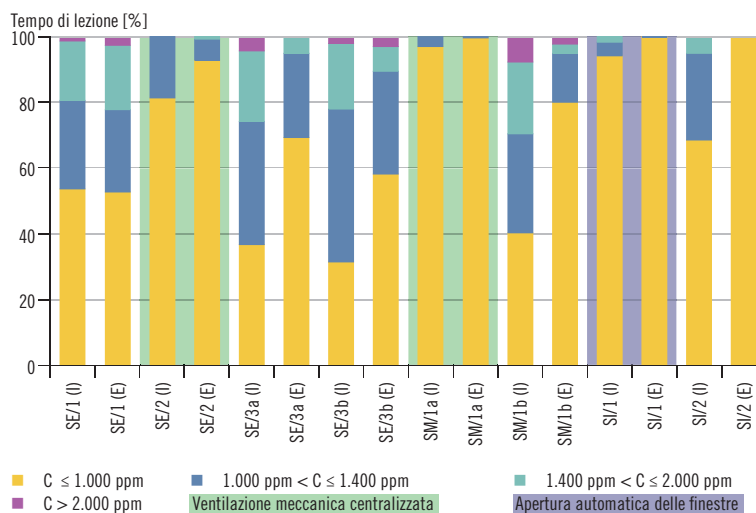
Nel grafico [F.1] l'andamento della CO₂, misurato durante la stagione invernale, è messo a confronto con i limiti di 1.200 ppm (AA) e di 1.400 ppm (CH). Con le finestre chiuse si può osservare come questi limiti vengono superati in circa 15-20 min quando la concentrazione di partenza è vicina a quella dell'aria esterna (450 ppm in città). Se l'apertura delle finestre è troppo breve l'aria non si ricambia completamente, di conseguenza i limiti vengono successivamente superati trascorso un periodo ancora più breve dei 20 min iniziali. Le condizioni migliorano decisamente durante le stagioni più calde, quando le finestre rimangono aperte per periodi più lunghi.

La percentuale del tempo di lezione complessivo durante il quale la concentrazione della CO₂ si è mantenuta in una delle quattro classi definite dall'UFSP all'interno delle aule selezionate nelle scuole ticinesi è presentata nel grafico [F.2] seguente.

Si distinguono chiaramente i dati relativi alle scuole/aule SE2, SM1a e SI1. Le aule cui questi dati fanno riferimento sono ubicate all'interno di edifici certificati Minergie e, pertanto, sono munite di un impianto di ventilazione meccanica centralizzato (SE2 e SM1a) o beneficiano di un'apertura automatizzata delle finestre grazie ad un sensore CO₂ (SI1). Si nota come la concentrazione della CO₂ si è praticamente sempre mantenuta al di sotto della soglia dei 1.400 ppm, quindi ad un livello qualitativo da buono a ottimo.

Tutte le altre aule monitorate (SE1, SE3 con le aule "a" e "b", SM1 con l'aula "b", SI2) mostrano superamenti della soglia dei 1.400 ppm per una percentuale del tempo di lezione significativa (20%-25%), soprattutto durante il periodo invernale. Tuttavia, in nessuna aula la soglia cri-

F.2
Concentrazione di CO₂ (secondo le indicazioni dell'UFSP) all'interno delle scuole ticinesi, durante i monitoraggi invernali (I) e estivi (E)



Fonte: Progetto QAES, SUPSI

tica dei 2.000 ppm è superata per una percentuale del tempo di lezione superiore al 10%. In questo campione di aule, nelle quali la ventilazione è in generale gestita manualmente mediante l'apertura delle finestre, la qualità dell'aria, sotto il profilo del tenore di CO₂, è passibile di miglioramento attraverso una gestione più efficiente del ricambio dell'aria, sebbene non siano state registrate gravi criticità. Ciò nonostante, come sottolineato dai risultati ottenuti dal progetto Simaria (www.simaria.ch), tale parametro deve essere valutato con molta attenzione, in particolare laddove i locali vengono ventilati tramite apertura manuale delle finestre.

La formaldeide

Un ulteriore parametro monitorato nelle scuole altoatesine è stato quello relativo alla formaldeide. Questo parametro è stato monitorato in continuo durante un fine settimana, con aula chiusa e nessuna persona all'interno. Obiettivo

Progetto Mesqalair

Il progetto Mesqalair (2013-2016), condotto dal Centre romand de la qualité de l'air intérieur et du radon (croqAIR) dell'Istituto Transform della Scuola universitaria professionale di Friburgo (HEIA-FR), ha analizzato, nell'ambito di tre specifiche campagne di misurazione, un totale di 650 edifici monofamiliari, con l'obiettivo di investigare la qualità dell'aria che respiriamo nelle abitazioni nuove o risanate da un punto di vista energetico.

Nonostante il quadro che ne deriva sia generalmente positivo, una vigilanza risulta essere più che mai importante. Le responsabilità sono condivise da tutti, dalla fase di progettazione a quella di utilizzo. È quindi importante sensibilizzare, informare e formare progettisti, utenti e gestori al fine di garantire un'aria sana così come una sostenibilità dell'ambiente costruito.

Informazioni supplementari: www.croqair.ch e www.jurad-bat.net.

dell'analisi era valutare il rapporto tra la concentrazione di formaldeide e i parametri quali temperatura e umidità relativa. Nel grafico [F. 3] si evidenzia il legame tra concentrazione di formaldeide (in giallo) e la temperatura (in blu).

La misurazione è iniziata ad aula ventilata quindi con concentrazione di formaldeide prossima a quella dell'aria esterna (circa 4 microgrammi per metro cubo), quindi porte e finestre sono rimaste chiuse e la misurazione è continuata in queste condizioni fino al lunedì mattina. I valori massimi misurati sono poco al di sopra dei 25 microgrammi per metro cubo, valori molto al di sotto del valore operativo vigente, pari a 123 microgrammi per metro cubo di aria interna. Osservando il grafico [F. 3] si nota che la curva di accrescimento si appiattisce in circa 4 ore, dopo di che sale e scende leggermente al variare della temperatura.

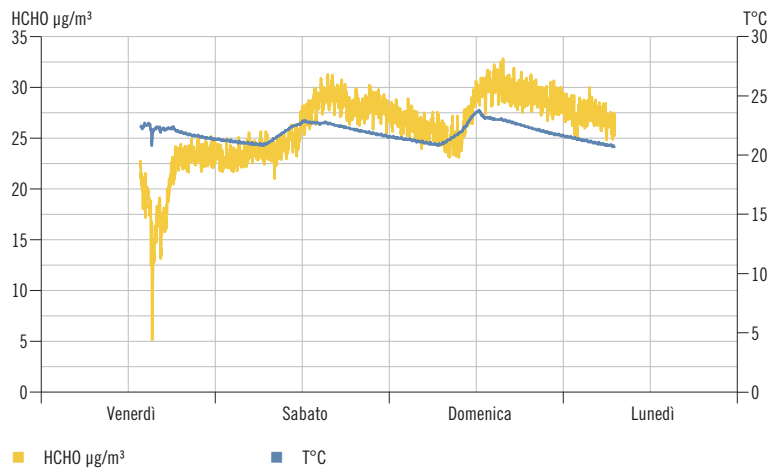
Questo andamento, regolare, si ottiene quando l'emissione della sostanza è provocata dai materiali e non dalle persone presenti e dalle attività che esse svolgono all'interno. In pratica la formaldeide presente all'interno dell'aula è prodotta per idrolisi (è una reazione chimica stimolata da umidità e temperatura dell'aria) della resina contenuta nei materiali che costituiscono gli arredi. Il rilascio di formaldeide per idrolisi all'interno di un ambiente è costante e dura parecchi anni (in genere vi è un dimezzamento dell'emissione in 10 anni).

Non è da confondere con la formaldeide libera, ad esempio contenuta in qualche prodotto di pulizia o derivata da qualche processo di combustione, che viene emessa puntualmente e può essere eliminata grazie a pochi minuti di ventilazione. In generale nelle 6 scuole altoatesine non sono stati riscontrati particolari problemi in quanto gli arredi e i rivestimenti sono realizzati con materiali a bassa emissione di formaldeide. Materiali che hanno un'importante emissione di formaldeide sono tipicamente materiali a base di legno/urea formaldeide e ultimamente schiume melamminiche utilizzate nel campo acustico.

In Svizzera, l'UFSP ha definito per la formaldeide e per i locali abitativi o di soggiorno un valore operativo di 0,1 ppm (corrispondente a 125 microgrammi per metro cubo di aria interna).

F. 3

Concentrazione di formaldeide, in una scuola dell'infanzia in Alto Adige con aerazione manuale, nel periodo 8/11 novembre 2019



Fonte: Progetto QAES, Laboratorio Analisi aria e radioprotezione della Provincia di Bolzano

I composti organici volatili

Al fine di caratterizzare gli inquinanti degli ambienti interni sono infine state fatte misure comparative di due parametri pre/post mattinata con presenza dei bambini e degli insegnanti: i composti organici volatili totali (TVOC) e quelli microbiologici. Questi sono rappresentati di seguito nei grafici [F. 4]: a sinistra prima delle lezioni, e a destra dopo le lezioni.

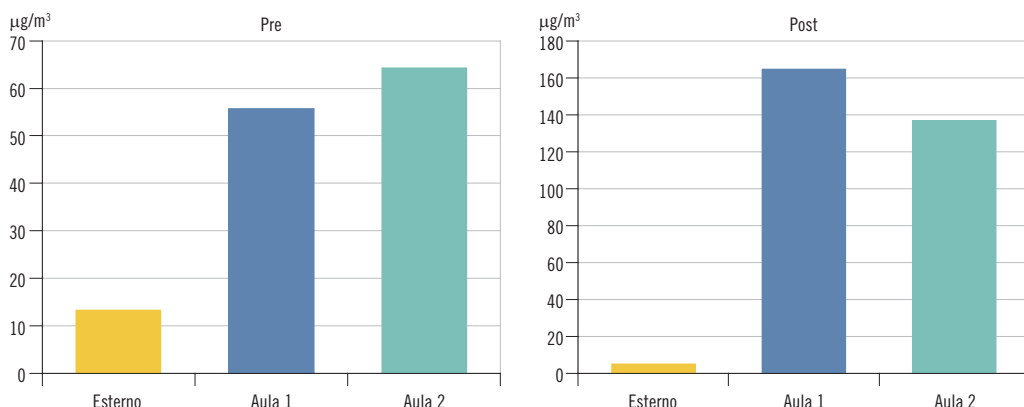
La norma UNI EN 16798-1 riporta i limiti di emissioni per i materiali per edifici a basso inquinamento indoor (1.000 µg/m³) e per i materiali per edifici a bassissimo inquinamento indoor (300 µg/m³). Si segnala come in Svizzera non sono stati definiti valori di riferimento per questo parametro.

Per gli edifici con valori di TVOC vicini o superiori ai limiti è stato interessante valutare la fonte degli inquinanti, attraverso l'analisi delle concentrazioni dei singoli composti organici e, unendo i dati di utilizzo, gli orari e le concentrazioni degli altri inquinanti è stata valutata la strategia per la rimozione.

Nel grafico [F. 5] vengono ad esempio confrontati gli andamenti della CO₂ e dei TVOC.

F.4

Composti organici volatili totali (TVOC), in una scuola dell'infanzia con aerazione manuale in Alto Adige, misurati pre e post mattinata, in presenza



Fonte: Progetto QAES, Laboratorio Analisi aria e radioprotezione della Provincia di Bolzano

In questo caso risulta chiaro che l'emissione di composti organici volatili è provocata dalla presenza delle persone e dalle attività svolte (principalmente uso di inchiostri). Tale affermazione è supportata dagli andamenti paralleli di TVOC e CO₂, indicatore, quest'ultimo, che evidenzia la presenza di persone. Emissioni significative da parte di materiali d'arredo sono pertanto escluse.

Le polveri fini

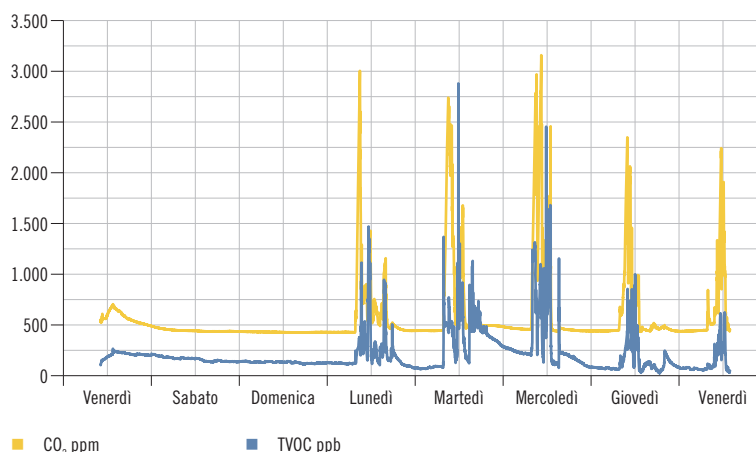
Le polveri fini (PM 10-2,5-1) sono un altro dei parametri monitorati durante le campagne di misurazione svolte nelle scuole altoatesine. Esse oltre ad essere sollevate dal movimento delle persone all'interno dell'aula, sono emesse dalle persone stesse, dai materiali, dai prodotti utilizzati per la didattica e contenute anche nell'aria esterna che entra nell'aula. L'andamento rilevato, e descritto all'interno del grafico [F. 6], ricalca quello della CO₂, con evidenziati i periodi di apertura delle finestre e l'innalzamento della concentrazione di polveri quando esse vengono aperte troppo poco. In questo specifico caso si evince che il contributo inquinante dell'aria esterna risulta essere minimo rispetto a quello provocato dalle persone e dalle attività interne. Tali considerazioni possono tuttavia cambiare in funzione dell'ubicazione dell'edificio quale ad esempio la vicinanza di un'importante traffico veicolare.

Il radon

Il radon, monitorato in entrambi i territori, è uno dei parametri fondamentali della qualità dell'aria indoor. Anche se esso non risulta avere effetti immediati sulle capacità cognitive degli allievi, deve rimanere un osservato speciale, in quanto risulta essere la seconda causa di cancro ai polmoni dopo il fumo. Prova ne è l'obbligo di misurazione per tutte le strutture scolastiche recentemente inserito all'interno della revisione dell'Ordinanza federale sulla radioprotezione (ORaP), entrata in vigore nel 2018. Nel caso descritto nella figura [F. 7] le concentrazioni di radon misurate sono basse rispetto al valore di riferimento definito dall'Ordinanza federale sulla radioprotezione, che è di 300

F.5

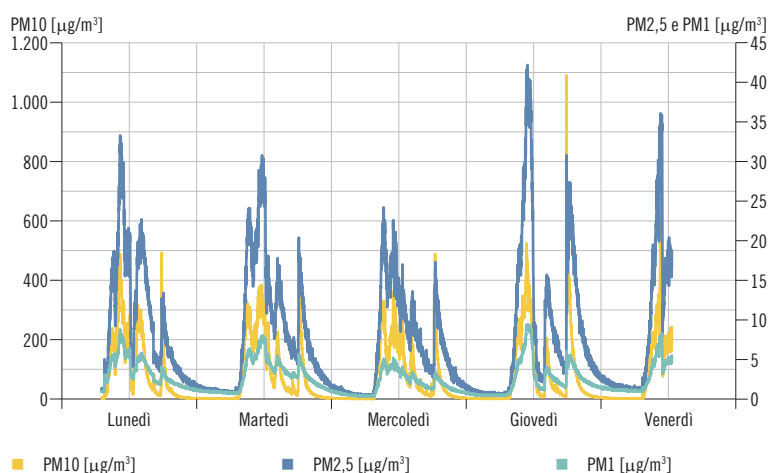
Concentrazioni di CO₂ e TVOC, all'interno di un'aula di una scuola media con aerazione manuale in Alto Adige, nel periodo 19/26 marzo 2021



Fonte: Progetto QAES, Laboratorio Analisi aria e radioprotezione della Provincia di Bolzano

F.6

Concentrazione di polveri, in una scuola dell'infanzia in Alto Adige con aerazione manuale, nel periodo 11/15 novembre 2019



Fonte: Progetto QAES, Laboratorio Analisi aria e radioprotezione della Provincia di Bolzano

Bq/m³ come media annuale. Lo stesso livello di riferimento è applicato anche sul territorio italiano, a seguito del recente recepimento della normativa europea Direttiva 2013/59/EURATOM.

In tutte le aule delle scuole ticinesi considerate nel progetto la concentrazione media del radon è risultata essere ampiamente al di sotto del livello di riferimento di 300 Bq/m^3 , come mostrato nel grafico [F. 8]. Le misurazioni sono state eseguite utilizzando contemporaneamente dei sistemi di campionamento attivo (misurazione in continuo, Rn-attivo e Rn-attivo-lezioni) e passivo (valore medio sull'arco del periodo di misurazione, Rn-passivo). I valori registrati mostrano generalmente valori più alti per le analisi eseguite utilizzando un campionamento passivo, così come una concentrazione generalmente più contenuta durante il periodo di lezione (Rn-attivo-lezioni), a seguito di una ventilazione più regolare delle aule. Questa considerazione non è chiaramente valida per quelle aule dotate di un impianto di ventilazione meccanica (SE2, SMI con le aule "a" e "b") o di un'apertura automatica delle finestre (SI1).

Possibili soluzioni e strumenti di supporto

Ma come migliorare la qualità dell'aria all'interno delle scuole? Esistono delle soluzioni tecniche che permettono l'abbattimento degli inquinanti indoor?

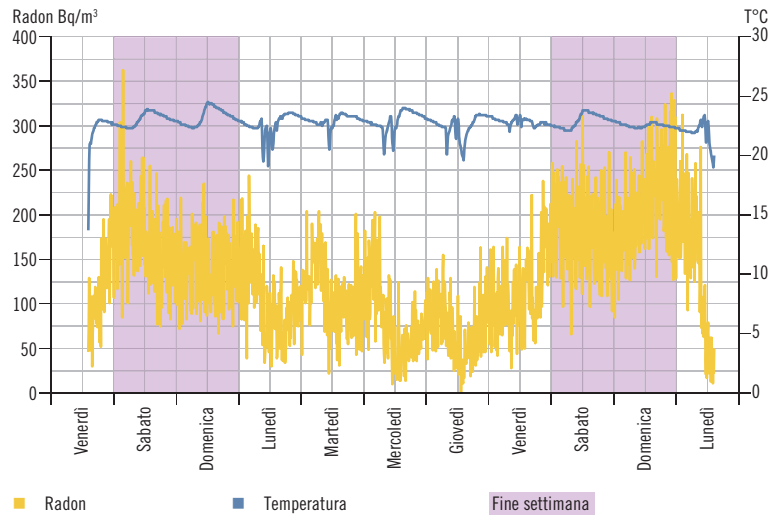
È per rispondere a questi quesiti che sia in Ticino che in Alto Adige sono in corso ulteriori campagne di monitoraggio, questa volta a seguito dell'implementazione di alcune soluzioni tecniche presenti sul mercato. La selezione delle soluzioni testate è stata orientata da specifici requisiti previsti dal progetto. Tra questi si annoverano il basso impatto acustico, estetico ed architettonico, i tempi di installazione ridotti, costi di fornitura, installazione e manutenzione contenuti, le alte prestazioni energetiche, la possibile replicabilità in altri edifici scolastici e la garanzia delle portate di ventilazione necessarie alla diluizione degli inquinanti rilevati nelle aule.

Tra le soluzioni progettuali implementate, si individuano:

- sistemi di monitoraggio con o senza dispositivo di allerta, in base alla capacità dei primi di comunicare all'utente quando è il momento di aprire le finestre e per quanto tempo

F.7

Radon in una scuola dell'infanzia con aerazione manuale, nel periodo 8/18 novembre 2019*

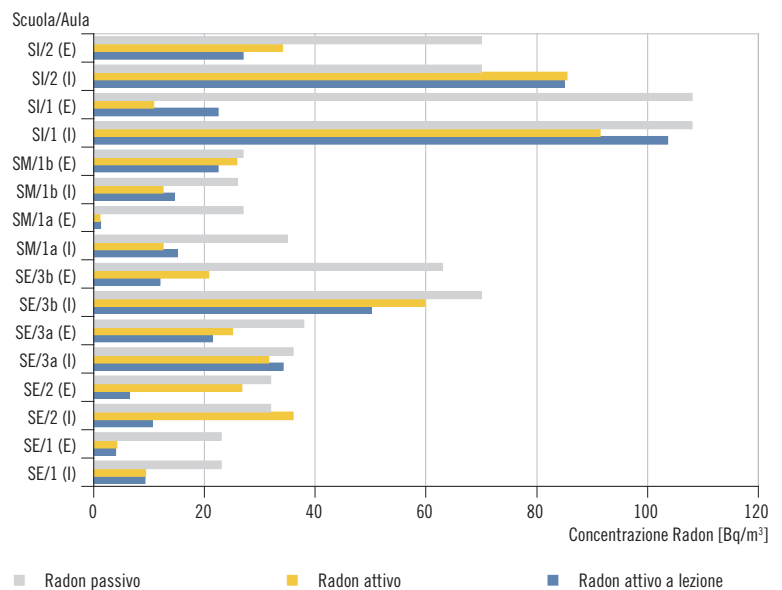


* Si notano concentrazioni più importanti in assenza di ventilazione (fine settimana).

Fonte: Progetto QAES, Laboratorio Analisi aria e radioprotezione della Provincia di Bolzano

F.8

Concentrazioni di radon all'interno delle aule monitorate in Ticino, secondo campionamento passivo e attivo



Fonte: Progetto QAES, SUPSI

allo scopo di ristabilire la qualità dell'aria interna; entrambe le tipologie consentono inoltre di visualizzare i dati monitorati tramite una piattaforma web o app.

- purificatori di aria, alcuni dei quali si pongono l'obiettivo di rimuovere gli inquinanti dall'ambiente in maniera totalmente passiva evitando quindi consumi elettrici ad essi correlati.
- una macchina di ventilazione decentralizzata che calibra le portate di ventilazione in base alle concentrazioni di CO_2 rilevate nell'aula;
- un intervento di sostituzione, e quindi installazione di nuovi serramenti in parte automatizzati la cui apertura/chiusura è dettata dalle concentrazioni di anidride carbonica registrate nella stanza.

Fa caldo a scuola

“Fa caldo a scuola” è un progetto che si prefigge di sensibilizzare sui rischi e sui disagi durante i periodi di caldo intenso vissuti nelle scuole elementari dai bambini di età compresa fra i 6 e i 10 anni. Il progetto prevede il monitoraggio in una scuola di Montreux e in una di Locarno e comprende, in particolare, analisi termiche, sondaggi negli edifici scolastici e una campagna di sensibilizzazione.

Informazioni supplementari:

www.nccs.admin.ch/nccs/it/home/massnahmen/pak/projektphase2/pilotprojekte-zur-anpassung-an-den-klimawandel--cluster--umgang/-a-09-schulen-trotzen-der-hitze.html.

Il progetto si pone quindi come obiettivo quello di verificare l’oggettiva efficacia di queste soluzioni sulla base dei risultati attesi dai monitoraggi e a seguito del riscontro degli utenti, al fine di fornire agli addetti ai lavori una serie di importanti informazioni volte a migliorare la qualità dell’aria all’interno delle scuole, nell’interesse degli studenti e dei loro docenti.

Ciò non toglie che una progettazione efficiente e ponderata permette di gettare le basi per garantire all’interno degli edifici un benessere accresciuto. È quindi sulla base dell’esperienza maturata grazie a questo progetto, che sono elaborate delle linee guida di progettazione e gestione della qualità dell’aria nelle scuole, a supporto di progettisti, impiantisti, aziende produttrici ed utenti, al fine di individuare le migliori soluzioni tecniche e le più efficaci misure da adottare per una buona qualità dell’aria interna, sia nelle nuove costruzioni che nelle strutture esistenti. Nel vademecum in corso di elaborazione si considerano tematiche che spaziano dalle tecniche di ottimizzazione della ventilazione, sia naturale che meccanica o ibrida, al controllo delle emissioni inquinanti derivanti dai materiali e prodotti utilizzati negli ambienti interni, senza dimenticare gli interventi di prevenzione e mitigazione del problema radon. Vengono forniti inoltre suggerimenti per un’attenta pulizia e manutenzione degli impianti di areazione, così come per una corretta gestione dei parametri termo-igrometrici interni, quale presupposto per ambienti salubri e privi di muffe e condensa.

La stesura delle suddette linee guida è accompagnata dallo sviluppo di due strumenti di calcolo, l’uno relativo alla progettazione della qualità dell’aria e l’altro finalizzato alla diagnosi delle condizioni ambientali presenti nell’ambiente occupato. Il primo permetterà di calcolare, in funzione delle caratteristiche geometriche del locale considerato, dell’occupazione e del carico inquinante, il ricambio d’aria di progetto, sulla base della quale dimensionare i serramenti e definire la taglia dell’eventuale impianto di ventilazione meccanica. Questo strumento permetterà inoltre di confrontare le concentrazioni di CO₂



foto TI Press / Pablo Giamazzi

e di formaldeide attese nell’arco della giornata con i rispettivi valori limite al fine di verificarne il rispetto e di massimizzare l’efficienza di ventilazione, riducendo nel contempo le perdite energetiche e limitando il discomfort termico.

Il secondo strumento permetterà al gestore/manutentore della scuola di valutare la qualità dell’aria interna attesa in un dato locale in funzione di alcuni parametri chiave che può reperire con semplicità e in autonomia. Indicazioni sulla volumetria, occupazione e dimensioni delle aperture, associate ad ulteriori informazioni di carattere “qualitativo” e “quantitativo” inerenti a specifici inquinanti, permettono allo strumento di fornire suggerimenti volti a migliorare le condizioni ambientali interne, a salvaguardia della salute e del rendimento di studenti e insegnanti.

Entrambi gli strumenti verranno presentati agli addetti ai lavori nel corso delle prossime attività di comunicazione e di formazione previste nel corso del 2021 così come messi a disposizione degli interessati.