

Un progetto europeo per la valutazione della qualità dell'aria negli edifici scolastici

Elisabetta Cinnaghi*, Andrea Di Maggio**,
Maria Giovanna Dongiovanni***

parole chiave: inquinamento indoor, monitoraggio della qualità dell'aria, coinvolgimento di istituti scolastici

Abstract¹

Secondo la definizione del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, si definisce inquinamento indoor "la presenza nell'aria di ambienti confinati di contaminanti fisici, chimici e biologici non presenti naturalmente nell'aria esterna di sistemi ecologici di elevata qualità" (1991).

Se si considera che la maggior parte della popolazione europea trascorre fino al 90% della propria giornata in ambienti confinati respirando un volume d'aria pari a circa 15 m³ ogni 24 ore, emerge come sia di fondamentale importanza considerare la qualità dell'aria indoor come principio per la salute (Lee e Chang, 2000; ISPR 2010).

Nella pressoché totalità dei casi, infatti – nella media giornaliera – l'ambiente interno è più inquinato dell'esterno, in quanto viene prelevata aria, eventualmente già contaminata, da quest'ultimo e ad essa vengono aggiunti ulteriori elementi.

L'inquinamento indoor ha origine dalle attività personali degli occupanti, dalle attività professionali dei lavoratori, da modalità inadeguate di ventilazione, da materiali per la costruzione, dagli arredi, da metodi particolari di pulizia e dai prodotti impiegati.

I soggetti più sensibili agli effetti sulla salute dovuti all'esposizione degli inquinanti indoor, quindi esposti ad un maggiore rischio, sono gli anziani, i bambini, gli asmatici e le persone che soffrono di malattie cardiache e polmonari. Partendo da questi presupposti e rivolgendo l'at-

tenzione alla fascia più giovane della popolazione, risulta particolarmente urgente capire che cosa respirano gli alunni durante le ore trascorse a scuola.

A questa domanda prova a rispondere un progetto europeo della durata di 3 anni: InAirQ – Indoor Air Quality – che ha l'obiettivo di individuare azioni di adattamento finalizzate alla gestione integrata della qualità dell'aria indoor a livello transnazionale.

Il progetto nasce dalla constatazione che gran parte della popolazione trascorre la quasi totalità della giornata al chiuso: da qui la necessità di affiancare alle valutazioni di inquinamento esterno analisi relative agli ambienti chiusi, nei quali rilevare la presenza di diversi inquinanti dell'aria di in grado di esporre le persone al rischio di contrarre patologie e disturbi più o meno gravi.

Il progetto InAirQ, in particolare, mira a descrivere l'impatto della qualità dell'aria indoor sulla salute di bambini e ragazzi in età compresa tra i 6 ed i 15 anni, con l'obiettivo finale di proporre azioni per migliorare la salubrità degli ambienti scolastici.

Il progetto, finanziato dal Programma Interreg Central Europe, coinvolge 9 partner – 6 istituzioni pubbliche, 1 scuola, 1 centro di ricerca, 1 gruppo di interesse – in 5 paesi: Italia, Slovenia, Repubblica Ceca, Polonia ed Ungheria. In Italia sono l'Istituto di ricerca SiTI (Istituto Superiore per i Sistemi Territoriali per l'Innovazione) e la Fondazione per la Scuola della Compagnia di San Paolo,

¹ Il contributo è frutto del lavoro congiunto dei tre autori. Pur essendo la responsabilità scientifica attribuibile a tutte e tre gli autori, l'abstract e i paragrafi 1, 2, 3 e 7 sono stati curati dall'Ing.

Elisabetta Cinnaghi mentre i paragrafi 4, 5 e 6 dall'ing. Mariagiovanna Dongiovanni e dall'ing. Andrea di Maggio in maniera congiunta.

entrambi con sede a Torino, a dare il loro contributo. Scopo del presente lavoro è ripercorrere le principali fasi del progetto, con un'attenzione particolare alla componente sociale, in termini di coinvolgimento degli stakeholder e di confronto tra le parti, al modello di monitoraggio proposto, elemento chiave del progetto senza il quale

non sarebbe possibile definire soluzioni di miglioramento e alla redazione degli Action Plan, esito operativo del progetto.

A tal fine, si intendono analizzare i casi studio italiani per rendere conto dei risultati finora raggiunti dal progetto e per delineare linee future di intervento.

1. INTRODUZIONE AL CONCETTO DI INQUINAMENTO INDOOR

Fin dagli anni '50 il problema dell'inquinamento atmosferico (outdoor), considerato fonte di pericolo per il benessere e la salute dell'uomo, è stato oggetto di numerosi studi internazionali al fine di monitorare e ridurre le emissioni di sostanze inquinanti. A tal riguardo sono state identificate le cause (traffico automobilistico, impianti industriali, impianti di riscaldamento domestico, ecc.), gli effetti e le eventuali misure di contenimento. Sulla base dei risultati ottenuti - in particolare in relazione all'elevata concentrazione di agenti aggressivi - si è radicata l'idea che l'ambiente interno costituisca un riparo da ogni tipo di sostanza presente all'esterno. In realtà la qualità dell'aria interna ad abitazioni, uffici, scuole e, in generale, edifici in cui le persone trascorrono gran parte della loro vita, rappresenta una vera e propria minaccia per la salute umana in quanto la concentrazione di sorgenti inquinanti all'interno può essere maggiore di quella all'esterno (Willard *et al.*, 1975). Ovviamente, maggiore è l'inquinamento outdoor, maggiore è il rischio per la salute umana anche all'interno di edifici pubblici e privati².

In generale, la qualità dell'aria indoor rappresenta un problema importante per la sanità pubblica, non solo in termini di rischio di contrarre patologie più o meno gravi, ma anche di costi economici e di calo della produttività e del benessere generale della popolazione (Becchio *et al.*, 2018). Ciò è dovuto direttamente all'aumento delle spese relative alle emergenze, ai ricoveri, alle terapie farmacologiche ed indirettamente ai giorni di lavoro e/o di scuola persi. A questi costi si aggiungono anche i danni morali non quantificabili che ricadono sui pazienti ed i loro familiari, causando un peggioramento della qualità di vita, la perdita di produttività e di vita sociale attiva.

² La locuzione "ambiente indoor" è riferita agli ambienti confinati di vita e di lavoro, in particolare a tutti i luoghi confinati adibiti a dimora, svago, lavoro e trasporto. Il termine indoor comprende quindi: le abitazioni, gli uffici pubblici e privati, le strutture comunitarie (ospedali, scuole, uffici, ecc.), i locali destinati ad attività ricreative e/o sociali (cinema, bar, ristoranti, negozi, ecc.) ed infine i mezzi di trasporto pubblici e/o privati (auto, treno, aereo, ecc.).

Gli ambienti di tipo industriale non rientrano in questa definizione in quanto la qualità dell'aria interna è strettamente correlata al tipo di attività produttiva svolta ed è sottoposta a controlli e leggi specifiche.

Inoltre, gli studi scientifici di questi ultimi decenni hanno messo in luce che alcuni inquinanti dell'aria sono in grado di contribuire all'aumento di incidenza di tumori maligni; molti composti chimici presenti nell'aria indoor sono potenzialmente irritanti o stimolanti dell'apparato sensoriale e quindi all'origine di sensazioni di disagio.

In particolare, la scuola è un ambiente in cui la qualità dell'aria interna assume un'importanza determinante per la salute degli occupanti in quanto i bambini sono soggetti più deboli e potenzialmente più a rischio. Recenti studi di settore hanno inoltre mostrato che un ambiente indoor poco confortevole o malsano ha ripercussioni negative anche sulla capacità di apprendimento (EPA, 2018).

Anche in virtù di questi studi, negli ultimi anni l'attenzione del mondo scientifico e istituzionale si è rivolta ai problemi correlati alla qualità dell'aria degli ambienti confinati, maturando una sempre maggiore sensibilità e consapevolezza sull'importanza del comfort degli ambienti confinati (Comba *et al.*, 2007; Commissione della Comunità Europea, 2004; ISPRA 2010).

A livello nazionale il Ministero della Salute, ad esempio, ha promosso importanti iniziative per garantire ambienti di vita sani e tutelare la salute della popolazione, tra cui il "Piano nazionale di prevenzione per la tutela e la promozione della salute degli ambienti confinati" (Ministero della Sanità, 2000).

Purtroppo in Italia, diversamente da quanto accade per l'aria atmosferica, la qualità dell'aria negli edifici pubblici e privati non è regolata da veri e propri riferimenti normativi³. Le norme per la salubrità delle abitazioni sono fissate, per ogni comune, dal regolamento di igiene e sanità.

Tuttavia numerose sono le disposizioni, le direttive e gli studi che trattano il problema dell'inquinamento indoor, sia a livello nazionale che internazionale (Parlamento Europeo, 2008; World Health Organization, 2009 e 2010).

³ Dettare norme sulla qualità dell'aria indoor risulta particolarmente difficile in quanto dipendente da una serie interrelata di fattori: dal sito scelto per la costruzione dell'edificio, ai metodi progettuali, ai materiali e tecnologie applicative, oltre ai comportamenti degli abitanti. Su alcune di queste materie è fondamentale l'azione svolta, nel corso degli anni, dai regolamenti di Igiene Edilizia. È inoltre complesso stabilire la soglia limite oltre la quale si vengono creare problemi per la salute degli individui, sia per carenza di informazioni sulla relazione dose-risposta, sia per la varietà dei soggetti coinvolti.

2. SORGENTI INQUINANTI INDOOR

Come detto, la qualità dell'aria che respiriamo all'interno degli edifici è influenzata non solo da inquinanti esterni, che usualmente penetrano attraverso l'apertura di porte e finestre, attraverso giunti, crepe nei muri o interstizi attorno agli infissi e attraverso i sistemi di ventilazione meccanica o di termoventilazione, ma anche dagli inquinanti presenti all'interno dell'edificio stesso. Le sostanze che costituiscono la causa primaria della scarsa qualità dell'aria indoor, derivano da numerose sorgenti quali ad esempio:

- materiali edili e impianti (riscaldamento, condizionamento, ventilazione);
- arredi fissi e mobili;
- rivestimenti (pavimenti, pareti, soffitti);
- prodotti chimici per la manutenzione e la pulizia degli ambienti (solventi, colle);
- modalità d'uso degli spazi interni (stili di vita, strumenti di lavoro, ecc.);
- abitudini degli occupanti (fumo di tabacco, uso di indumenti lavati in tintoria, ecc.);
- terreno sottostante la struttura.

Le principali sostanze contaminanti dell'aria indoor vengono generalmente suddivise in tre categorie:

- inquinanti di natura chimica: composti organici volatili e composti inorganici, fra cui biossido e monossido di carbonio, biossido di zolfo e di azoto, ozono, ecc.
- inquinanti di natura biologica: virus e batteri, funghi e muffe, pollini ed acari;
- inquinanti di natura fisica: radon (World Health Organization, 2010).

Per quanto riguarda gli inquinanti chimici, essi possono essere naturali o artificiali e presenti nell'aria indoor in forma liquida, solida o gassosa; alcuni hanno origine all'interno degli ambienti stessi, altri provengono dall'aria esterna. Tra i principali inquinanti chimici provenienti dall'esterno vi sono prodotti da combustione (ossidi di azoto), l'ozono, il particolato, il benzene; mentre tra quelli derivanti dall'ambiente interno sono i composti volatili organici, l'amianto e le fibre minerali sintetiche.

Per quanto riguarda gli agenti biologici, il grado di esposizione dipende dal tipo di ambiente. In generale, nell'aria interna le concentrazioni di microrganismi risultano maggiori di quelle dell'aria esterna, a causa del ricircolo delle polveri, del limitato o assente irraggiamento solare diretto e della presenza di persone. La presenza di agenti biologici negli ambienti confinati è legata ad una serie di fattori, tra i quali: l'attività svolta, il numero di individui presenti, le condizioni ambientali, la presenza di una fonte di diffusione legata a una contaminazione.

I contaminanti biologici individuati negli ambienti indoor si possono catalogare in cinque gruppi principali.

1. Batteri e virus: sono trasmessi principalmente da persone e animali; si annidano negli impianti di condizio-

namento e possono liberare endotossine solubili in acqua che si disperdono all'interno dell'edificio e la cui inalazione può provocare febbre, dolori muscolari, mal di testa, sudori.

2. Muffe: microrganismi appartenenti alla specie dei funghi, la cui formazione è causata da un'elevata umidità; si depositano all'interno di condizionatori d'aria ed umidificatori, su pareti e pavimenti umidi. Le micotossine prodotte dalle muffe possono causare riniti e allergie respiratorie che, nei casi più gravi, possono evolvere in asma.
3. Pollini: granuli diffusi dalle piante e trasportati da insetti, animali e dal vento, si depositano su abiti, scarpe e animali domestici; possono produrre fastidiosi stati di disagio in particolare in soggetti allergici.
4. Acari: l'acaro della polvere è considerato uno dei più comuni allergeni indoor e la causa principale di asma allergica. Vive perlopiù nelle camere da letto, annidandosi in materassi, lenzuola, tappeti, moquette, ecc.
5. Le principali fonti di inquinamento microbiologico interno sono rappresentate dagli elementi costruttivi, l'arredo, i servizi degli edifici, gli occupanti (uomo, animali e piante). Altre sorgenti di microrganismi sono gli umidificatori e i condizionatori dell'aria, dove la presenza di elevata umidità e l'inadeguata manutenzione provocano l'insediamento e la moltiplicazione dei microrganismi che vengono poi diffusi negli ambienti dall'impianto di distribuzione dell'aria.

Il principale inquinante fisico dell'aria indoor è il radon, che rappresenta uno degli agenti inquinanti che desta maggiore preoccupazione. Si tratta di un gas nobile radioattivo di origine naturale, presente ovunque sulla Terra, seppur in concentrazioni variabili, e costituisce la principale sorgente radioattiva negli edifici. Ha origine dall'uranio, elemento radioattivo diffuso in tutte le rocce della crosta terrestre, in particolare nel granito e nel tufo: anche i materiali da costruzione, quindi, sono fonte di radon. Il suolo è responsabile dell'80% del radon diffuso in atmosfera, l'acqua del 19% e le altre fonti solo dell'1%. Dal suolo, il radon penetra all'interno degli edifici, pertanto i locali direttamente a contatto con la fonte sono le cantine, i sotterranei e i seminterrati. La continua produzione del radon all'interno delle rocce e dei suoli che contengono uranio può far sì che esso raggiunga, in alcuni luoghi chiusi (miniere, gallerie, seminterrati o semplici abitazioni), concentrazioni potenzialmente dannose per la salute umana, se respirate a lungo. L'*International Agency for Research on Cancer* (IARC) ha infatti classificato il radon e i suoi prodotti di decadimento tra le sostanze cancerogene di gruppo 1⁴ e l'esposizione al radon è ormai riconosciuta, a livello scientifico, come

⁴ La classificazione dell'*International Agency for Research on Cancer* (IARC) prevede cinque categorie di cancerogeni secondo un livello decrescente di dannosità. il gruppo 1 riguarda i "Cancerogeni umani: categoria riservata alle sostanze con sufficiente evidenza di cancerogenicità per l'uomo".

una delle principali cause di tumore del polmone dopo il fumo di sigaretta.

Dai valori medi ottenuti sul territorio nazionale si stima, secondo alcune analisi preliminari svolte nell'ambito del Piano Nazionale Radon, redatto dall'Istituto Superiore di Sanità (ISS), un rischio dovuto al radon per il tumore polmonare sull'intera vita dell'ordine dello 0,5%, corrispondente al 5-15% del totale dei tumori polmonari che si verificano ogni anno in Italia.

3. QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR NEGLI EDIFICI SCOLASTICI ED EFFETTI SULLA SALUTE

Nei Paesi Europei i bambini trascorrono circa un terzo della loro giornata a scuola. L'aumento delle malattie allergiche riscontrato in età pediatrica, che, come si è visto, sono correlate alla concentrazione di inquinanti nell'aria, evidenzia l'urgenza di operare per un miglioramento della qualità dell'aria indoor nelle scuole.

Un ambiente scolastico sano e sicuro è un prerequisito fondamentale per garantire la crescita dei bambini, l'apprendimento e la produttività, nonché uno sviluppo culturale e sociale, laddove, di contro, una scarsa qualità dell'aria interna influenza negativamente il benessere e produce effetti significativi sulla salute, che vanno dalle irritazioni delle mucose alle malattie cardiovascolari.

I bambini sono più sensibili all'effetto degli inquinanti rispetto agli adulti pertanto la qualità dell'aria nelle scuole riveste un ruolo di primaria importanza per la sanità pubblica.

Lo studio SIDRIA - Studi Italiani sui Disturbi Respiratori nell'Infanzia e nell'Ambiente (2012) – evidenzia infatti che il 20% dei ragazzi con meno di 15 anni ha sofferto o soffre di rinite allergica, il 10% di bambini ed adolescenti soffre di sintomi asmatici, il 10% dei bambini tra 6-14 anni soffre di dermatite atopica, il 4% dei bambini soffre di allergie alimentari.

Le principali sorgenti interne d'inquinamento nelle scuole sono gli elementi edilizi ed impiantistici che influenzano direttamente il microclima, i materiali usati per le attività didattiche, l'arredamento, l'igiene ambientale dell'edificio, i prodotti di pulizia, gli occupanti. La salubrità dell'edificio scolastico dipende anche dall'interazione con l'esterno, quindi dalla sua localizzazione, dalla vicinanza di aree verdi o di centri industriali, ecc. (EPA, 2018).

Tra gli inquinanti biologici, quelli presenti in maggiore concentrazione sono gli acari, in quanto negli ambienti scolastici vi sono molte zone di difficile pulizia, come scaffali, libri, cassette, in cui si annidano queste specie. Sono suscettibili ai parametri ambientali quali temperatura e umidità, infatti generalmente i sintomi dell'allergia agli acari si presentano nel periodo invernale, quando i ricambi d'aria nelle scuole vengono drasticamente ridotti e il microclima interno è caratterizzato da alte temperature e tenore di umidità favorevole alla proliferazione di questi allergeni. L'umidità ambientale favorisce anche la crescita di funghi e muffe sulle pareti, nei rifiuti organici, sugli impianti e sugli oggetti di uso comune.

Tra le sostanze chimiche potenzialmente presenti, oltre alla formaldeide, agli ossidi di zolfo, al monossido di carbonio e all'ozono, vi sono i Composti Organici Volatili (VOC), il particolato, gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) e le fibre minerali. Infine per quanto riguarda gli inquinanti fisici, il radon non fa eccezione negli edifici scolastici.

Spesso le dimensioni delle aule scolastiche sono insufficienti e inadeguate al numero medio di studenti, per cui si verificano problemi di sovraffollamento che implicano alte concentrazioni di CO₂ (comunemente percepite come "aria viziata") le quali sono all'origine di cefalee, disturbi nella concentrazione e sonnolenza.

Secondo il Ministero della Salute le malattie associate agli edifici, le cosiddette *Building Related Illness* (BRI) derivano da sostanze chimiche, fisiche o biologiche specifiche i cui effetti interessano l'apparato respiratorio, l'apparato cardiovascolare, la cute e le mucose esposte, il sistema nervoso ed il sistema immunologico.

4. IL PROGETTO INAIRQ E I CASI STUDIO ITALIANI

Il progetto InAirQ – *Indoor Air Quality* - si inserisce all'interno delle attività supportate dal programma Interreg Central Europe facente capo all'Unione Europea – *European Regional Development Fund* – e vede coinvolti 5 stati: Ungheria, Italia, Polonia, Repubblica Ceca e Slovenia.

I partner che uniscono le loro forze per provare a migliorare la qualità dell'aria indoor nelle scuole sono 9 – 6 istituzioni pubbliche, 1 scuola, 1 centro di ricerca, 1 gruppo di interesse; In Italia sono l'Istituto di ricerca SiTI (Istituto Superiore per i Sistemi Territoriali per l'Innovazione) e la Fondazione per la Scuola della Compagnia di San Paolo, entrambi con sede a Torino, a dare il loro contributo.

La durata prevista del progetto è di 36 mesi: iniziato nell'estate del 2016, InAirQ si concluderà a giugno del 2019.

Le attività, che attualmente si trovano a circa due terzi del loro sviluppo, hanno previsto diverse azioni tra loro complementari:

- attività di sensibilizzazione, comunicazione e formazione della popolazione, che si sono svolti attraverso incontri organizzati con gli alunni e le famiglie degli istituti scolastici scelti come casi pilota. Inoltre, sono stati organizzati eventi ed incontri formativi destinati al personale scolastico, agli insegnanti, ai dirigenti scolastici. La finalità di queste attività è informare sugli impatti della qualità dell'aria indoor sulla salute e descrivere misure di intervento.

Un'ulteriore fase di formazione riguarda gli attori pubblici incaricati della pianificazione, del controllo e della gestione degli istituti, con l'obiettivo di migliorarne le competenze e incrementarne la consapevolezza.

A tal proposito, si cita il seminario dal titolo "Qualità dell'aria negli edifici scolastici. Progetti, prospettive, quesiti", organizzato a Torino il 18 maggio 2018 in collaborazione con l'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino.

- Organizzazione di *Environment Quality Forum*, ovvero momenti di confronto con le istituzioni e tutti i soggetti interessati al tema, dedicati alla diffusione di informazioni sulla qualità dell'aria e alla condivisione dei risultati ottenuti nell'ambito del progetto InAirQ. Agli eventi, ad alto contenuto scientifico ma anche divulgativo, sono invitati organi istituzionali, rappresentanti scolastici, insegnanti, istituti di ricerca, agenzie ambientali.
- Confronto e dialogo con le scuole attraverso la somministrazione di questionari di valutazione della salute e del benessere degli alunni.
- Campagna di monitoraggio della concentrazione degli inquinanti atmosferici negli edifici scolastici. Si tratta di un'attività fondamentale del progetto, in quanto permette di evidenziare eventuali problemi e proporre soluzioni. In particolare, sono stati scelti 12 edifici scolastici per ogni Stato coinvolto, rappresentativi del patrimonio edilizio in termini di tipologia, tecnologia costruttiva ed epoca di costruzione. Quindi, per ogni scuola, è stata scelta una classe nella quale, tra ottobre 2017 e aprile 2018, sono state organizzate misurazioni in campo. Inoltre, attraverso un questionario inviato ai genitori, è stata indagata la salute dei bambini e ragazzi e l'eventuale presenza di sintomi legati alla qualità dell'aria indoor (attività legata al punto precedente).
- Definizione di una strategia transnazionale condivisa finalizzata alla pianificazione di azioni per il miglioramento della qualità dell'aria indoor nelle scuole, a valle della campagna di monitoraggio. Partendo da questa strategia, ogni paese partner sta lavorando al fine di delineare un proprio Piano d'Azione, di carattere operativo. Tali piani contengono un'analisi dei problemi locali e regionali relativi agli inquinanti atmosferici indoor, una serie di proposte per il miglioramento della qualità dell'aria rivolte alle autorità locali, azioni di coinvolgimento di stakeholder nell'attuazione dei piani stessi, indicazioni circa metodi di monitoraggio ambientale e strumenti necessari, proposte di azioni di mitigazione e formazione ed informazione.

In Italia, sono 12 le scuole coinvolte nel progetto, localizzate nei Comuni di Torino e Chieri, tra primarie e secondarie di primo grado, in modo da intercettare bambini e ragazzi tra i 6 ed i 14 anni.

Di seguito un elenco delle scuole coinvolte.

La scelta dei casi studio è avvenuta facendo riferimento a due diversi elementi: la rappresentatività della scuola in termini di caratteristiche dell'edificio, collocazione, ecc. e la disponibilità dei dirigenti scolastici a partecipare al progetto.

Gli autori sono coinvolti in tutte le attività elencate, ad eccezione dell'analisi dei campioni raccolti durante la fase di monitoraggio che è in capo ad un laboratorio specializzato.

In particolare, per quanto riguarda le attività svolte sul suolo piemontese (somministrazione questionari, impostazione campagna di monitoraggio, organizzazione di eventi, ecc.) gli autori lavorano in modo autonomo con un

Tabella 1 - Elenco delle scuole italiane coinvolte nel progetto

IST. COMPRENSIVO e PLESSO	INDIRIZZO
IC Gateano Salvemini Scuola Primaria G. Salvemini	Via Negarville 30/6, Torino
IC Gateano Salvemini Scuola Secondaria Castello	Via D. Coggiola, 20, Torino
Circolo Didattico Carlo Collodi Scuola primaria Rodari	Via Piacenza 16, Torino
Direzione Didattica Mazzini Scuola Primaria Mazzini	Corso Orbassano 155/A, Torino
IC Sandro Pertini Scuola Primaria Duca degli Abruzzi	Via Montevideo 11, Torino
IC Sandro Pertini Scuola Secondaria G. B. Vico	Via Tunisi 102, Torino
Scuola Secondaria Viotti Scuola Secondaria G. B. Viotti	corso Vercelli 141/6, Torino
Direzione Didattica Gabelli Scuola Primaria Gabelli	via Santhià 25, Torino
IC Marconi Antonelli Scuola Primaria A. Antonelli	via Vezzolano 20, Torino
IC Regio Parco Scuola Primaria Lessona	corso Regio Parco 19, Torino
Istituto Comprensivo Chieri 1 Scuola Primaria S. Pellico	Piazza Pellico 2, Chieri
Istituto Comprensivo Chieri 4 Scuola Secondaria Chieri 4	Via Bersezio 2, Chieri

costante confronto con gli altri partner stranieri, mentre per quanto riguarda attività trasversali al progetto (definizione di una strategia transnazionale, stesura di Action Plan ecc.) gli autori operano in stretta collaborazione con gli altri partner.

5. LE AZIONI PER IL COINVOLGIMENTO DEGLI STAKEHOLDER

Uno degli obiettivi fondamentali del progetto InAirQ è quello di aumentare la consapevolezza e la conoscenza degli stakeholder coinvolti circa i potenziali rischi per la salute derivanti dall'inquinamento indoor, anche al fine di ridurre gli effetti mediante comportamenti più adeguati. L'intento è quello di rendere attivo, partecipativo e consapevole il ruolo di insegnanti, studenti e genitori e raccogliere informazioni utili per impostare la campagna di monitoraggio e trasferire buone pratiche di comportamento. Il riferimento teorico utilizzato è quello definito in letteratura come "stakeholder-oriented approach", secondo il

quale si imposta un processo sistematico di dialogo e di coinvolgimento dei principali interlocutori al fine di definire strategie e soluzioni condivise (Freeman, 1984).

Tecnicamente, il coinvolgimento della popolazione può avvenire in diversi modi: attraverso riunioni collettive e tematiche in cui viene fornito ai partecipanti materiale informativo su specifici argomenti, oppure tramite incontri faccia a faccia, ossia brevi colloqui singoli in cui personale qualificato fornisce materiale e informazioni a piccoli gruppi (ad esempio le singole classi).

Nel caso specifico si è scelto di utilizzare l'intervista, attraverso tre diverse tipologie di questionario, con altrettante finalità.

La collaborazione da parte di insegnanti, studenti e dirigenti scolastici è stata ampia, al punto che ad oggi (settembre 2018), sono stati compilati e restituiti tutti i questionari (oltre 200).

Le tre diverse tipologie di questionario fanno riferimento alle seguenti caratteristiche:

1. Checklist e questionario relativo alla scuola in quanto ambiente di lavoro, da completare a cura dell'amministrazione della scuola e del team di progetto.

La finalità è quella di avere un quadro circa le caratteristiche dell'edificio, la sua collocazione, la presenza di inquinanti (ad esempio muffe visibili ad occhio nudo), le abitudini degli insegnanti, la frequenza con cui vengono fatte le pulizie, la percezione del confort in termini di illuminazione, salubrità dell'aria ecc. per un totale di 45 domande.

Si riporta di seguito un esempio di domanda:

Le finestre vengono aperte durante le ore di lezione?

2. Checklist e questionario relativo ad un'aula specifica scelta come luogo di sperimentazione e misurazione dei dati di inquinamento, da completare a cura degli insegnanti coinvolti e del team di progetto.

La finalità è quella di avere un quadro dettagliato circa le caratteristiche dell'aula, la sua collocazione, la presenza di inquinanti (ad esempio muffe visibili ad occhio nudo), le abitudini degli insegnanti che in essa operano, la percezione del confort in termini di illuminazione, salubrità dell'aria ecc. da parte di studenti ed insegnanti per un totale di 47 domande.

Si riporta di seguito un esempio di domanda:

Come viene percepita la pulizia dell'aula?

3. Questionario sulla salute respiratoria e sull'ambiente domestico degli scolari, da completare a cura dei genitori degli alunni coinvolti.

La finalità di questo questionario è raccogliere informazioni circa la salute dei bambini e ragazzi coinvolti, in termini di problemi respiratori, presenza di asma, presenza di allergie ecc., definire le caratteristiche degli ambienti che frequentano – principalmente scuola e casa – in termini di salubrità e confort e comprendere abitudini e stili di vita.

Si riporta di seguito un esempio di domanda:

Quanto spesso Vostro figlio accusa malessere dopo le ore trascorse a scuola?

L'elaborazione dei dati ha dimostrato come, in generale, il tema dell'inquinamento indoor viene interpretato come urgente ma nello stesso tempo non si ha chiaro il quadro delle cause e delle possibili soluzioni.

6. IL MODELLO DI MONITORAGGIO PROPOSTO

Fase fondamentale del progetto InAirQ, sia in termini di conoscenza dello stato di fatto che di impostazione di azioni migliorative per il futuro, è il monitoraggio degli inquinanti presenti in aula.

Per fare ciò, come detto, è stata scelta un'aula specifica per ogni istituto scolastico coinvolto; le azioni di monitoraggio sono avvenute nella stagione invernale 2017-2018, con inizio a gennaio 2018 e fine ad aprile 2018, in corrispondenza con la stagione di riscaldamento.

Nella stagione di riscaldamento 2018-2019 verrà svolta una seconda campagna di raccolta dati, al fine di approfondire e validare quanto emerso nel primo anno.

Il monitoraggio dura una settimana (dal lunedì al venerdì) per ogni scuola, ed è effettuato indoor (1 classe per ogni scuola) e outdoor. Viene effettuato durante le lezioni, con inizio al mattino e fine al termine delle lezioni, secondo un programma di questo tipo:

- settimane precedenti al monitoraggio:
sopralluogo indoor e outdoor da parte del team di progetto InAirQ;
- settimana di monitoraggio, lunedì:
breve meeting con il personale scolastico e consegna del diario giornaliero;
Installazione degli strumenti indoor e outdoor prima dell'inizio delle lezioni;
operazioni di inizio giornata e di fine giornata.
- settimana di monitoraggio, da martedì a venerdì:
operazioni di inizio giornata e di fine giornata;
- settimana di monitoraggio, venerdì pomeriggio:
recupero del diario giornaliero e smontaggio degli strumenti.

A differenza di tutte le altre operazioni, a cura del team di progetto InAirQ, le cosiddette "operazioni di inizio e fine giornata" sono a carico del personale scolastico.

A livello tecnico, il monitoraggio previsto per ciascun inquinante è realizzato secondo due modalità di diversa complessità e significatività.

La prima consiste in un monitoraggio di tipo passivo, i cui punti di forza sono i costi contenuti e l'estrema compattezza della strumentazione mentre le criticità fanno riferimento alla sensibilità ridotta.

Per questa modalità di monitoraggio si utilizzano cialde assorbenti collocate in aula durante la permanenza degli alunni. Le cialde così "inquinata" vengono poi analizzate al fine di restituire un quadro, seppur approssimativo, degli inquinanti presenti indoor e del quantitativo di tali inquina-

nanti assorbito dagli occupanti dell'aula nel periodo di esposizione delle cialde.

A tale monitoraggio, al fine di ottenere risultati più precisi, viene affiancato un monitoraggio di tipo continuo ed istantaneo, decisamente più significativo, in quanto, restituendo un grafico che nel tempo illustra l'andamento dei diversi inquinanti presenti, permette di effettuare correlazioni in termini di causa ed effetto. In altre parole, attraverso questo tipo di monitoraggio, è possibile provare ad associare all'andamento degli inquinanti le azioni concrete che li hanno generati oppure mitigati: l'utilizzo del gesso da lavagna oppure di prodotti per la pulizia da un lato oppure l'apertura delle finestre dall'altro.

Per questa modalità di monitoraggio si utilizza una centralina di tipo elettronico.

Di seguito un elenco degli inquinanti per i quali si prevede il monitoraggio, con un'indicazione circa gli strumenti utilizzati per la misurazione.

Tabella 2 - Elenco degli inquinanti monitorati

Inquinanti	Tipologia di strumento utilizzato
Composti Organici Volatili (VOCs)	Radiello®
Aldeidi	Radiello®
PM _{2.5}	Campionatore (pompa con basso livello di rumore + testina di campionamento) monitoraggio continuo con data logger (centralina)
Radon	Campionatore passivo misurazioni solo indoor
Temperatura, umidità, anidride carbonica (CO ₂), monossido di carbonio (CO), biossido di azoto (NO ₂), ozono (O ₃) Polveri sottili (PM _{2.5})	monitoraggio continuo con data logger (centralina)

Per l'analisi dei campioni, il team di progetto italiano si avvale del supporto di un laboratorio specializzato.

7. RISULTATI OTTENUTI E SVILUPPI FUTURI

Il progetto InAirQ affronta un tema importante e al contempo delicato: la salubrità dei luoghi di studio, all'interno dei quali bambini e ragazzi trascorrono buona parte della giornata.

Come si è visto, sono numerosi gli inquinanti che possono trovarsi all'interno di edifici scolastici: da qui la necessità di conoscerli e misurarli come primo passo per il miglioramento del comfort e della condizioni di salute degli occupanti.

I risultati finora raggiunti dal progetto fanno riferimento ai seguenti aspetti:

- nelle aule coinvolte sono presenti i tipici inquinanti indoor, con concentrazioni da tenere sotto controllo ma che comunque, in relazione ai valori soglia raccomandati dal WHO e da altre organizzazioni riconosciute che si occupano di salute umana, non destano preoccupazione;
- è alto l'interesse rispetto al tema da parte di insegnanti, alunni e famiglie ma nello stesso tempo non sono chiari i riferimenti teorici e le possibili soluzioni;
- è utile prevedere una seconda campagna di monitoraggio con strumenti omologati al fine di validare i dati raccolti e comprendere l'utilità di eventuali misure correttive adottate.

Il prodotto finale di InAirQ consiste nella redazione degli Action Plan in cui vengono riportati i risultati emersi a conclusione di questi 36 mesi di attività.

All'interno di tali documenti vengono fornite indicazioni progettuali e gestionali in grado di supportare nell'individuazione di misure ed accorgimenti finalizzati al miglioramento della qualità dell'aria negli edifici scolastici.

Alla luce di quanto emerso finora, grande importanza deve essere data, all'atto della presentazione dei risultati, non solo alla componente tecnica e gestionale degli edifici scolastici, ma anche alla componente sociale del progetto, nella convinzione che consapevolezza e conoscenza siano strumenti fondamentali per stimolare la partecipazione attiva di cittadini e stakeholder alle operazioni finalizzate al miglioramento della qualità dell'aria indoor.

I prossimi mesi di lavoro saranno dedicati proprio alla redazione e presentazione degli Action Plan, con l'obiettivo finale di sensibilizzare l'opinione pubblica rispetto all'urgenza di agire per il contenimento dell'inquinamento indoor nelle scuole.

* **Elisabetta Cimnaghi**, SiTI, Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l'Innovazione.

e-mail: elisabetta.cimnaghi@siti.polito.it

** **Andrea Di Maggio**, SiTI, Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l'Innovazione.

e-mail: andrea.dimaggio@siti.polito.it

*** **Maria Giovanna Dongiovanni**, SiTI, Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l'Innovazione.

e-mail: mariagiovanna.dongiovanni@siti.polito.it

Bibliografia

AUTORI VARI, *Studi Italiani sui Disturbi Respiratori nell'Infanzia e nell'Ambiente*, 2012.

BECCHIO, C., BOTTERO, M.C., CORGNATI, S.P., DELL'ANNA, F., *Evaluating health benefits of urban energy retrofitting: An application for the city of Turin*, Green Energy and Technology (9783319757735), pp. 281-304, 2018, DOI: 10.1007/978-3-319-75774-2_20.

CAMOLETTO M., FERRI G., PEDERCINI C., INGARAMO L., SABATINO S., *Social Housing e misurazione degli impatti sociali: Passi avanti verso un toolkit comune*, Valori e Valutazioni (19), pp. 11-39, 2017.

COMBA P., BIANCHI F., IAVARONE I., PIRASTU R. (Eds), *Impatto sulla salute dei siti inquinati: metodi e strumenti per la ricerca e le valutazioni*. Roma: Istituto Superiore di Sanità 2007 (Rapporti ISTISAN 07/50).

COMMISSIONE DELLA COMUNITÀ EUROPEA, COM(2004) 60 definitivo, "Verso una strategia tematica sull'ambiente urbano", 2004.

FREEMAN R.E., *Strategic management: A stakeholder approach*. Boston: Pitman, 1984.

ISPRA, ISTITUTO SUPERIORE PER LA PROTEZIONE E LA RICERCA AMBIENTALE, *Inquinamento Indoor: Aspetti generali e casi studio in Italia*, Rapporti 117/2010, 2010.

LEE AND CHANG, *Indoor and outdoor air quality investigation at schools in Hong Kong*, in Chemosphere Journal 41, pp. 109-113 (2000).

MINISTERO DELLA SANITÀ, *Dipartimento della Prevenzione, Piano nazionale di prevenzione per la tutela e la promozione della salute degli ambienti confinati*, Roma, (2000).

MONDINI, G., *Valutazioni integrate per la gestione delle nuove sfide sociali*, Valori e Valutazioni (17), pp. 15-17, 2016

NAPOLI G., GABRIELLI L., BARBARO S., *L'efficacia degli incentivi negli interventi di retrofit energetico di edifici pubblici. Il caso delle Regioni italiane dell'"Obiettivo Convergenza"*, Valori e Valutazioni (18), pp. 25-39, 2017.

PARLAMENTO EUROPEO E CONSIGLIO EUROPEO, *Dir. n. 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa*.

WILLARD A. WADE III , WILLIAM A. COTE & JOHN E. YOCOM, *A Study of Indoor Air Quality*, Journal of the Air Pollution Control Association, 25:9, 933-939, 1975, DOI: 10.1080/00022470.1975.10468114.

WORLD HEALTH ORGANIZATION, *Guidelines for indoor air quality: dampness and mould*, 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION, *Guidelines for indoor air quality: selected pollutants*, 2010.

Riferimenti internet

<https://www.iarc.fr/>

<https://www.facebook.com/CEInAirQItalia/>

EPA, United States Environmental Protection Agency, 2018, *Creating Healthy Indoor Air Quality in Schools*, <https://www.epa.gov/iaq-schools>

<http://www.salute.gov.it/portale/home.html>

Per approfondimenti sul progetto InAirQ

www.interreg-central.eu/inairq