



# ACTION PLAN - ITALY

---

Monitoring campaign results and detailed measures to  
contain the spread of indoor pollutants

---







## Indice

<b>ENGLISH SUMMARY</b> .....	<b>5</b>
INAIQ PROJECT .....	5
INDOOR AIR POLLUTION .....	5
MONITORING CAMPAIGNS .....	6
RESULTS AND MAIN INDICATIONS .....	8
<b>A. INTRODUZIONE</b> .....	<b>10</b>
A.1. IL PROGETTO INAIQ .....	10
A.2. L'INQUINAMENTO DELL'ARIA INDOOR .....	11
<b>B. LE CAMPAGNE DI MONITORAGGIO</b> .....	<b>13</b>
B.1. MODALITÀ DI SVOLGIMENTO .....	13
B.2. NOTA METODOLOGICA SULLE MODALITÀ DI MONITORAGGIO .....	15
B.2.1. Normativa vigente .....	15
B.2.2. Metodi di monitoraggio .....	17
B.2.3. Presentazione dei risultati .....	18
B.3. GLI INQUINANTI MONITORATI .....	19
B.3.1. Composti Organici Volatili (VOC) .....	19
B.3.2. Aldeidi .....	24
B.3.3. Particolato (PM10 e PM2.5) .....	26
B.3.4. Ossidi di azoto .....	28
B.3.5. Ozono .....	28
B.3.6. Monossido di carbonio .....	29
B.3.7. Diossido di carbonio .....	29
<b>C. LE SCUOLE MONITORATE: INQUADRAMENTO</b> .....	<b>30</b>
C.1. LOCALIZZAZIONE E CARATTERISTICHE DEGLI EDIFICI SCOLASTICI .....	30
<b>D. ACTION PLAN: PRINCIPALI INDICAZIONI</b> .....	<b>67</b>
D.1. CAMPIONAMENTO PASSIVO .....	67
D.1.1. Benzene .....	67
D.1.2. Toluene .....	69
D.1.3. Xilene .....	70
D.1.4. Etilbenzene .....	70



D.1.5.	Tricloroetilene .....	71
D.1.6.	Tetracloroetilene .....	71
D.1.7.	$\alpha$ -pinene.....	72
D.1.8.	Limonene .....	73
D.1.9.	2-etilesanolo .....	74
D.1.10.	Stirene .....	74
D.1.11.	Formaldeide.....	75
D.1.12.	Acetaldeide .....	76
D.1.13.	Propionaldeide.....	77
D.1.14.	Benzaldeide .....	77
D.1.15.	Esanale.....	78
D.2.	CAMPIONAMENTO CON CENTRALINA ELETTRONICA PER IL RILEVAMENTO Istantaneo degli INQUINANTI .....	79
D.2.1.	Anidride carbonica.....	79
D.2.2.	Composti Organici Volatili (VOC) Totali .....	81
D.2.3.	Particolato (PM 2.5 e PM 10) .....	84
D.2.4.	Diossido di Azoto .....	90
D.2.5.	Monossido di Carbonio.....	92
D.2.6.	Ammoniaca.....	93
D.2.7.	Ozono .....	93
E.	CONCLUSIONI .....	97
F.	BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE .....	99
	INDICE DELLE FIGURE.....	100



## English Summary

### InAirQ Project

The World Health Organization considers air pollution, both outdoor and indoor, as an element of extreme interest in relation to the protection of environmental health, as a bad quality of the air we breathe can also cause serious effects on human health. Many advances have been made in the European Union to reduce pollutant emissions in order to improve the quality of outdoor air. However, indoor air quality also requires attention because it is in enclosed spaces that people spend most of their time.

Internal exposure to air pollutants can occur in any confined environment; among these, schools.

The InAirQ project (Transnational Adaptation Actions for Integrated Indoor Air Quality Management, transnational adaptation actions for the integrated management of indoor air quality) aims to assess the impacts of indoor air quality on the vulnerable population of school-age children and take measures to improve the health of the school environment in Central European states. The main objective of the project is to develop policies and practical actions and initiate capacity building processes to reduce the negative health effects of indoor air quality in Central European countries. These policies and practical actions will lead to the mitigation of risks to human health deriving from exposure to indoor air pollution.

The InAirQ project is based on transnational methodologies and tools. In order to compare and evaluate the environmental situation of the partner States of the project, a "Virtual Health Repository" has been developed that describes the nature and extent of air pollution within schools. This tool is based on the relationship between health and environmental factors and is able to provide support for decisions regarding the development of policies and programs in the environmental and health sectors. The InAirQ project is a cross-border project co-financed by the EU under the Interreg CENTRAL EUROPE program.

### Indoor air pollution

The composition of the indoor air is often characterized by a mixture of compounds very variable compared to that which characterizes the outdoor air. Sometimes, in confined environments, pollutant concentration values are recorded to those present at the same time outside the environment or, more commonly, there is the presence of pollutants not detectable outside. Even low concentrations of contaminants in confined spaces can have a major impact on occupant health and well-being due to long-term exposure. The risk, in fact, rather than the concentration of pollutants, in general very low, is linked to the exposure, that is to the concentration integrated over time since, as mentioned, the



average residence time in an environment confined within the time frame is extremely high day.

In particular, as regards the closed environments of schools, it is possible to hypothesize a relationship between sources and types of airborne pollutants, as shown in Table I (Source: ISPRA).

Table I. Possible pollutants and related sources present in schools (Source: ISPRA, 2009)

Sources	Pollutants
Tobacco smoke	Airborne particulate: carbon monoxide; volatile organic compounds; formaldehyde
Construction materials	Radon; formaldehyde; volatile organic compounds; asbestos
Furniture	Formaldehyde; volatile organic compounds
Printers and copiers	Volatile organic compounds; ozone
Air conditioning and ventilation systems	Biological agents; airborne particulate matter; nitrogen dioxide; carbon monoxide
Educational material and stationery	Volatile organic compounds
Cleaning products	Volatile organic compounds and aldehydes

## Monitoring Campaigns

The elaboration of specific Action Plans that are effective in improving the quality of indoor air in school buildings must necessarily start from the knowledge of the specific phenomena affecting school buildings and the activities that take place within them. For this reason, the InAirQ project, in the phase preceding the drafting of the Action Plan, envisaged the creation of an indoor air quality monitoring campaign in 12 schools for each of the States participating in the project. In Italy, the schools involved were located in the Municipalities of Turin and Chieri, between primary and secondary schools, in order to intercept children between 6 and 14 years old.

The monitoring campaigns were conducted for one week in each of the schools involved during the 2017-2018 winter season (in Italy from January to March).

The Italian monitoring campaign focused on the following parameters:

- VOC: benzene, toluene, xylene ethylbenzene, trichlorethylene, tetrachlorethylene,  $\alpha$ -pinene, limonene, 2-ethylhexanol, styrene (naphthalene);
- Aldehydes: formaldehyde, acetaldehyde, propionaldehyde, benzaldehyde, hexanal;
- Temperature, relative humidity, carbon dioxide, carbon monoxide, nitrogen dioxide, ozone
- PM2.5 and PM10
- Radon.



The concentration in the air of these pollutants was measured, in parallel, indoors and outdoors, with the same measuring instruments installed near schools.

On a technical level, the monitoring envisaged for each pollutant was carried out according to two methods of different complexity and significance.

The first consists of a “passive monitoring”, whose strengths are the low costs and the extreme compactness of the instrumentation while the critical points refer to the reduced sensitivity. For this monitoring method, absorbent pods (radiello) are used in the classroom during lessons. The so-polluted pods are then analyzed in order to return a picture, approximative, of the indoor pollutants and the quantity of these pollutants absorbed by the occupants of the classroom during the period in which the pods are displayed.

This monitoring, in order to obtain more precise results, is accompanied by a continuous and instantaneous monitoring, more significant (second method), since by returning a graph that over time illustrates the trend of the various pollutants present, it allows correlations to be made in terms of cause and effect. In other words, through this type of monitoring, it is possible to try to associate the progress of the pollutants with the concrete actions that generated them or mitigated them: the use of blackboard chalk or cleaning products on one side or the opening windows on the other. An electronic control unit was used for this monitoring mode.

Pollutant monitoring has been accompanied by a meticulous collection of information:

- on the school building, through a questionnaire administered to the school staff involved in the project and aimed at acquiring information on the building that houses the school (construction materials, year of construction, possible presence of problems such as water leaks or mold, general indications on perceived comfort);
- on the classroom subject to monitoring, through another questionnaire aimed at acquiring more specific information on the classroom (orientation and location within the school, lighting, noise, perceived comfort, cleaning times, etc.);
- on the activities carried out in the classroom during the monitoring week, through a "Time Activity Diary" that the involved teachers have compiled daily indicating the number of people present in the classroom during the various hours of the day, the number of open windows, the possible performance of activities such as cleaning or use by students of substances such as glues, markers, etc.

**We take this opportunity to emphasize that the InAirQ project does not aim to measure air quality by characterizing it respect to the concentration of pollutants but, rather, to identify the causes of the spread of these pollutants in the indoor air and, therefore, the possible interventions aimed at reducing their presence. The measurements made, therefore, only serve to give an overall idea of the presence of the main pollutants in indoor and outdoor air, and therefore do not claim to replace the official data published by ARPA Piemonte, which must, in any case, represent the official and accredited reference for any consideration concerning outdoor air quality at urban level (in Piedmont Region).**



## Results and main indications

The Italian schools involved in the project are located in different parts of Turin city: a group of them in the southern suburbs, in residential areas near a former industrial area and relatively close to high traffic roads; another group in the northern suburbs of the city, adjacent to fairly busy roads, with the exception of one located near the Po river; finally two are in the Municipality of Chieri, one in the central area of the town, while the second in a peripheral area.

The main atmospheric pollutants detected during the monitoring phase are benzene, particulate matter (PM), limonene and  $\alpha$ -pinene and some aldehydes. It should be noted that the external value of the concentrations of benzene and particulate matter is also high, so the inappropriate quality of the indoor air is mainly caused by external air pollution. Furthermore, some of the recorded comfort parameters were often in the unhealthy range: low relative humidity, out-of-range temperature (too high or too low) and quite high CO<sub>2</sub> levels.

The results obtained show average values that are not such as to cause concern about children's health risks, but, in order to contain pollutant concentrations and improve the air quality of confined spaces, the measures indicated in Table II are suggested.

**Table II. Measures to contain the spread of pollutants in confined spaces**

POLLUTANTS	MEASURES TO REDUCE THE CONCENTRATION
Particulate Matter PM <sub>10</sub> e PM <sub>2,5</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Close the interstices between masonry and roller shutter boxes, between masonry and roller shutter lanes, between masonry and window frame boxes</li> <li>• Check the window seals</li> <li>• Seal the glass on the window frames</li> <li>• Ventilate the rooms of the buildings with clean air in the early hours of the day, when the PM concentration outside is lower. If the outdoor air is still dusty, it is suggested to filter it through a HEPA filter with a fan (air purifier).</li> </ul>
CO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Install an air ventilation system appropriate to the number of people sharing the closed environment</li> <li>• Ventilate confined spaces properly.</li> </ul>
Ozone	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avoid excessive ultraviolet light radiation to limit indoor production.</li> </ul>
COV	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilate the premises both during and after using products containing VOCs;</li> <li>• check the sources and labels avoiding the use of products or materials that contain VOCs and turning to more environmentally friendly alternatives;</li> <li>• store products containing VOCs in a well-ventilated place and out of reach of children;</li> <li>• avoid the use of deodorants / perfumers for the home;</li> <li>• avoid tobacco smoke;</li> <li>• limit the use of products containing methylene chloride (the products</li> </ul>





POLLUTANTS	MEASURES TO REDUCE THE CONCENTRATION
	<p>containing it may be paint strippers, products for removing adhesives and spray paints);</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• minimize the use of products containing benzene (the main indoor sources are tobacco smoke, products for painting and storage of combustible products);</li><li>• minimize exposure to perchlorethylene (this substance is used in dry cleaning);</li><li>• use construction and building materials with low aldehyde emissions</li><li>• limit the use and storage of plastic material and plastic packaging.</li></ul>
NOx - CO	<ul style="list-style-type: none"><li>• check and clean regularly by expert personnel of heating systems for boilers, flues and chimneys.</li><li>• do not smoke indoors.</li><li>• have ventilation system maintenance performed periodically by specialized technicians.</li><li>• properly ventilate confined spaces</li></ul>
Ammonia	<ul style="list-style-type: none"><li>• use vinegar/baking soda and bleach for cleaning only if necessary and remember that good perfume is not a sign of cleanliness.</li><li>• never mix detergents and read product labels carefully.</li><li>• properly and properly ventilate confined spaces, especially during daily cleaning.</li></ul>



## A. Introduzione

### A.1. Il progetto InAirQ

L'Organizzazione Mondiale della Sanità considera l'inquinamento atmosferico, sia outdoor sia indoor, come un elemento di estremo interesse in relazione alla tutela della salute ambientale, in quanto una cattiva qualità dell'aria che si respira può causare effetti anche gravi sulla salute umana. Molti progressi sono stati fatti nell'Unione Europea per ridurre le emissioni di inquinanti al fine di migliorare la qualità dell'aria outdoor. Tuttavia, anche la qualità dell'aria indoor richiede attenzione perché è negli spazi chiusi che le persone trascorrono la maggior parte del loro tempo.

L'esposizione interna a inquinanti atmosferici può verificarsi in qualsiasi ambiente confinato; tra questi, le scuole.

Il progetto InAirQ (Transnational Adaptation Actions for Integrated Indoor Air Quality Management, Azioni transnazionali di adattamento per la gestione integrata della qualità dell'aria indoor) mira a valutare gli impatti della qualità dell'aria indoor sulla popolazione vulnerabile dei bambini in età scolare e ad adottare misure per migliorare la salute dell'ambiente scolastico negli Stati dell'Europa Centrale. L'obiettivo principale del progetto è quello di elaborare politiche e azioni pratiche e avviare processi di capacity building per ridurre gli effetti negativi sulla salute della qualità dell'aria indoor nei paesi dell'Europa Centrale. Queste politiche ed azioni pratiche porteranno alla mitigazione dei rischi per la salute umana derivanti dall'esposizione all'inquinamento atmosferico indoor.

Il progetto InAirQ si basa su metodologie e strumenti transnazionali. Al fine di confrontare e valutare la situazione ambientale degli Stati partner del progetto è stato elaborato un "Virtual Health Repository" che descrive la natura e l'entità dell'inquinamento atmosferico all'interno delle scuole. Questo strumento si basa sulla relazione tra fattori sanitari e ambientali ed è in grado di fornire supporto alle decisioni che riguardano lo sviluppo di politiche e programmi nei settori dell'ambiente e della salute.

Inoltre, è stato istituito un Forum transnazionale sulla Qualità Ambientale che, attraverso la condivisione dei risultati del progetto InAirQ tra i Partner, contribuisce ai risultati del progetto supportando le parti interessate nell'attuazione dei protocolli di miglioramento della qualità dell'aria indoor e sostenendo la cooperazione dei potenziali soggetti interessati. Saranno organizzati corsi di Capacity Building specificamente pensati per i dirigenti scolastici e gli organi operativi scolastici locali / regionali per la migliore attuazione dei piani d'azione.

Infine, si elaboreranno, testeranno ed attueranno gli Action Plan nazionali, finalizzati a fornire un insieme di buone pratiche e azioni per migliorare l'ambiente indoor nelle scuole pilota e gli organismi nazionali di controllo sanitario. Le misure contenute negli Action Plan per la qualità dell'aria indoor consentiranno di contenere l'inquinamento atmosferico negli ambienti indoor secondo modalità che non scoraggiano né limitano lo sviluppo socio-economico ma incrementano il livello di tutela della salute umana attraverso



miglioramenti dello stato ambientale, massimizzando il potenziale di benessere umano equilibrato e sostenibile e, in generale, migliorando la qualità della vita degli utenti.

Il progetto InAirQ è un progetto transfrontaliero cofinanziato dall'UE nell'ambito del programma Interreg CENTRAL EUROPE. Il progetto è realizzato da 9 partner provenienti da 5 stati dell'UE: il National Public Health Center ungherese, che è Lead Partner; la Municipality of Várpalota (Ungheria), il Nofer Institute of Occupational Medicine e la Łódz Region (Polonia); lo Slovenian National Institute of Public Health e la Primary School Karla Destovnika-Kajuha (Slovenia); il Czech National Institute of Public Health (Repubblica Ceca); Fondazione LINKS - Leading Innovation & Knowledge for Society e la Fondazione per la Scuola della Compagnia di San Paolo (Italia). La durata del progetto sarà di 36 mesi a partire da luglio 2016. Il valore complessivo del progetto è di 2.000.325,00 EUR, finanziati all'80% dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale, mentre i partner co-finanziano la quota rimanente.

## A.2. L'inquinamento dell'aria indoor

Scuole, abitazioni, uffici, strutture comunitarie, ambienti destinati ad attività ricreative, mezzi di trasporto: gli ambienti indoor sono ambienti confinati, nei quali la popolazione trascorre una parte molto rilevante del proprio tempo, mediamente l'80-90%.

La composizione dell'aria indoor è spesso caratterizzata da una miscela di composti molto variabile rispetto a quella che caratterizza l'aria esterna. A volte, negli ambienti confinati, si registrano valori di concentrazione di inquinante a quelli presenti nello stesso momento all'esterno dell'ambiente o, più comunemente, si riscontra la presenza di sostanze inquinanti non rilevabili all'esterno. Anche basse concentrazioni di contaminanti negli ambienti confinati possono avere un importante impatto sulla salute e sul benessere degli occupanti a causa di esposizioni di lunga durata. Il rischio, infatti, più che alla concentrazione di inquinanti, in generale molto bassa, è legato all'esposizione, ovvero alla concentrazione integrata nel tempo poiché, come detto, è estremamente elevato il tempo di permanenza medio in un ambiente confinato nell'arco della giornata.

Tra le fonti di inquinanti più comuni troviamo il fumo di tabacco (anche le tracce che rimangono sugli abiti dei fumatori, laddove il fumo sia proibito negli ambienti confinati), i processi di combustione, i prodotti per la pulizia e la manutenzione della casa, gli antiparassitari, l'uso di colle, adesivi, solventi etc., l'utilizzo di strumenti di lavoro come stampanti, plotter, fotocopiatrici ma anche prodotti come colle e vernici. Anche le emissioni dei materiali utilizzati per la costruzione (come gli isolamenti contenenti amianto) e l'arredamento (ad esempio, i mobili fabbricati con legno truciolato, con compensato o con pannelli di fibre di legno di media densità, oppure trattati con antiparassitari, ma anche moquette e rivestimenti) possono contribuire alla miscela di inquinanti presenti. Infine, il malfunzionamento del sistema di ventilazione o una errata collocazione delle prese d'aria in prossimità di aree ad elevato inquinamento (come vie ad alto traffico, parcheggio sotterraneo, autofficina, ecc.) possono determinare un'importante penetrazione di inquinanti dall'esterno.



I sistemi di condizionamento dell'aria possono, inoltre, diventare terreno di coltura per muffe e altri contaminanti biologici e diffondere tali agenti in tutto l'edificio.

In particolare, per quanto riguarda gli ambienti chiusi delle scuole, è possibile ipotizzare una relazione tra fonti inquinanti e tipologia di inquinanti aerodispersi, come mostra la Tabella 1 (Fonte: ISPRA).

**Tabella 1. Possibili inquinanti e relative fonti presenti nelle scuole (Fonte: ISPRA, 2009)**

FONTI	INQUINANTI
Fumo di tabacco	Particolato aerodisperso: monossido di carbonio; composti organici volatili; formaldeide
Materiali da costruzione	Radon; formaldeide; composti organici volatili; amianto
Arredi	Formaldeide; composti organici volatili
Stampanti e fotocopiatrici	Composti organici volatili; ozono
Impianti di condizionamento e di ventilazione	Agenti biologici; particolato aerodisperso; biossido di azoto; monossido di carbonio
Materiale didattico e di cancelleria	Composti organici volatili

Nel 1991 il ministero dell'Ambiente definisce l'inquinamento indoor come “la presenza nell'aria di ambienti confinati, di inquinanti chimici, fisici o biologici non presenti nell'aria esterna”. Questo tipo d'inquinamento può dipendere dalle attività professionali dei lavoratori, ventilazione inadeguata, materiali per la costruzione, arredi, metodi particolari di pulizia e dai prodotti impiegati, oltreché dai processi di combustione.

L'inquinamento indoor ancora non è diventato oggetto di una normativa specifica. Non esiste, in particolare, una legislazione nazionale di settore anche se a vari livelli il problema è stato affrontato più volte, con la pubblicazione di linee guida che sintetizzano il lavoro svolto nel tempo dagli esperti dell'Istituto Superiore di Sanità, del Ministero della Salute, delle Regioni, di Ispra e del CNR.



## B. Le campagne di monitoraggio

L'elaborazione di Action Plan specifici che siano realmente efficaci nel migliorare la qualità dell'aria indoor negli edifici scolastici deve necessariamente partire dalla conoscenza dei fenomeni specifici che interessano gli edifici scolastici e le attività che si svolgono al loro interno. Per questa ragione il progetto InAirQ, nella fase precedente a quella di stesura degli Action Plan ha previsto la realizzazione di una campagna di monitoraggio della qualità dell'aria indoor in 12 scuole per ciascuno degli Stati partecipanti al progetto.

### B.1. Modalità di svolgimento

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.

Tabella 2. Elenco delle scuole italiane coinvolte nel progetto

ISTITUTO COMPRESIVO e PLESSO	INDIRIZZO
IC Gaetano Salvemini Scuola Primaria Gaetano Salvemini	Via Celeste Negarville 30/6, Torino
IC Gaetano Salvemini Scuola secondaria Castello di Mirafiori	Via Domenico Coggiola, 20, Torino
Circolo Didattico Carlo Collodi Scuola primaria Gianni Rodari	Via Piacenza 16, Torino
Direzione Didattica Mazzini Scuola primaria Giuseppe Mazzini	Corso Orbassano 155/A, Torino
IC Sandro Pertini Scuola primaria Duca degli Abruzzi	Via Montevideo 11, Torino
IC Sandro Pertini Scuola secondaria Giovanni Battista Vico	Via Tunisi 102, Torino
Scuola secondaria Viotti Scuola secondaria Giovanni Battista Viotti	Corso Vercelli 141/6, Torino
Direzione Didattica Gabelli Scuola Primaria Aristide Gabelli	Via Santhià 25, Torino
IC Marconi Antonelli Scuola primaria Alessandro Antonelli	Via Vezzolano 20, Torino
IC Regio Parco Scuola primaria Michele Lessona	Corso Regio Parco 19, Torino



Istituto Comprensivo Chieri 1 Scuola primaria Silvio Pellico	Piazza Silvio Pellico 2, Chieri
Istituto Comprensivo Chieri 4 Scuola secondaria Chieri 4	Via Vittorio Bersezio 2, Chieri

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

Le campagne di monitoraggio sono state svolte per una settimana in ciascuna delle scuole coinvolte durante il periodo di riscaldamento della stagione invernale 2017-2018, indicativamente tra gennaio e marzo 2018.

La campagna di monitoraggio ha avuto ad oggetto il rilievo dei seguenti parametri:

- COV: benzene, toluene, xilene etilbenzene, tricloroetilene, tetracloroetilene,  $\alpha$ -pinene, limonene, 2-etilesanolo, stirene (naftalene);
- Aldeidi: formaldeide, acetaldeide, propionaldeide, benzaldeide, esanale;
- Temperatura, umidità relativa, anidride carbonica, monossido di carbonio, diossido di azoto, ozono
- PM2.5 e PM10
- Radon.

La concentrazione nell'aria ambiente di questi inquinanti è stata misurata, in parallelo, in ambienti interni (indoor) e all'esterno (outdoor), con gli strumenti di misurazione installati in prossimità delle scuole.

A livello tecnico, il monitoraggio previsto per ciascun inquinante è stato 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 inquinanti 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.

Il monitoraggio degli inquinanti è stato affiancato da una meticolosa raccolta di informazioni:

- sull'edificio scolastico, attraverso un questionario somministrato al personale scolastico coinvolto nel progetto e finalizzato ad acquisire informazioni sull'edificio che ospita la scuola (materiali di costruzione, anno di edificazione, eventuale presenza di problemi come perdite idriche o muffe, indicazioni generali sul comfort percepito);
- sull'aula oggetto di monitoraggio, attraverso un altro questionario mirato ad acquisire informazioni più specifiche sull'aula (orientamento e localizzazione nell'ambito della scuola, illuminazione, rumorosità, comfort percepito, orari delle pulizie ecc.);
- sulle attività svolte in aula nel corso della settimana di monitoraggio, attraverso un "Time Activity Diary" che gli insegnanti coinvolti hanno compilato giornalmente indicando il numero di persone presenti nell'aula nelle varie ore della giornata, il numero di finestre aperte, l'eventuale svolgimento di attività tipo le pulizie o l'utilizzo da parte degli allievi di sostanze come colle, pennarelli ecc.

## **B.2. Nota metodologica sulle modalità di monitoraggio**

I paragrafi che seguono evidenziano alcuni aspetti relativi alle modalità di monitoraggio adottate nell'ambito del progetto InAirQ che sono stati oggetto di discussione e di confronto tra il gruppo di lavoro italiano di InAirQ e i tecnici di ARPA Piemonte (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente) competenti sui protocolli di monitoraggio della qualità dell'aria e della concentrazione di inquinanti nell'aria.

Cogliamo l'occasione per sottolineare una volta di più che il progetto InAirQ non ha l'obiettivo di misurare la qualità dell'aria caratterizzandola rispetto alla concentrazione di inquinanti ma, piuttosto, di individuare le cause della diffusione di tali inquinanti nell'aria indoor e, quindi, i possibili interventi finalizzati a ridurre la presenza. Le misurazioni effettuate, perciò, servono solo a dare un'idea complessiva della presenza degli inquinanti principali nell'aria indoor e outdoor, e non hanno quindi la pretesa di sostituirsi ai dati ufficiali pubblicati da ARPA Piemonte, i quali devono, in ogni caso, rappresentare il riferimento ufficiale e accreditato per qualsiasi considerazione relativa alla qualità dell'aria outdoor a livello urbano.

### **B.2.1. Normativa vigente**

Le normative Europee e nazionali di recente emanazione, direttamente discendenti dagli accordi internazionali di cooperazione tra le nazioni collocano il controllo e il miglioramento della qualità dell'aria (outdoor) tra gli obiettivi ambientali prioritari.

A partire dal 2005, con l'entrata in vigore dei valori limite per la protezione della salute umana e della vegetazione definiti dal Decreto Ministeriale 2 aprile 2002 n. 60, redatto dal



Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio di concerto con il Ministro della Salute (che rappresenta il primo riferimento normativo in materia), gli Enti Locali hanno iniziato a mettere a punto ed attuare interventi atti a limitare le emissioni e a mettere in campo sistemi di monitoraggio continui della qualità dell'aria outdoor.

Il D.M. 2 aprile 2002 n. 60 recepiva due direttive europee in materia di qualità dell'aria:

1. la direttiva del Consiglio del 22 aprile 1999 relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo, come modificata con decisione 2001/744/CE del 17 ottobre 2001;
2. la direttiva del Consiglio del 16 novembre 2000 relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio.

Il DM 2 aprile 2002, in recepimento delle Direttive EU 1999/30/CE e 2000/69/CE, stabiliva i limiti per alcune sostanze come il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, il materiale particolato, il piombo, il benzene e il monossido di carbonio.

Il 13 agosto 2010 viene emanato il Decreto Legislativo n. 155 (poi corretto dal Decreto Legislativo 24 dicembre 2012), che sostituisce ed abroga tutte le normative precedenti, configurandosi come una sorta di "testo unico" per la qualità dell'aria ambiente in Italia. Il DLgs 155/2010, con le sue successive modifiche e integrazioni, definisce il quadro normativo nazionale inerente alla valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente, in attuazione delle direttive europee e costituisce ad oggi l'unico riferimento legislativo per la verifica della conformità dell'aria ambiente ai valori limite imposti dall'UE.

Si riporta di seguito (Tabella 3) un elenco delle principali normative di riferimento in materia di qualità dell'aria ambiente.

**Tabella 3. Principale normativa di riferimento in materia di qualità dell'aria**

<b>D. Lgs. 13/08/2010 n. 155</b>	Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.
<b>D.M. Ambiente 29 novembre 2012</b>	Individuazione delle stazioni speciali di misurazione della qualità dell'aria previste dall'articolo 6, comma 1, e dall'articolo 8, commi 6 e 7 del decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155.
<b>D.M. Ambiente 22 febbraio 2013</b>	Formato per la trasmissione del progetto di adeguamento della rete di misura ai fini della valutazione della qualità dell'aria.
<b>D.M. Ambiente 13 marzo 2013</b>	Individuazione delle stazioni per il calcolo dell'indicatore d'esposizione media per il PM <sub>2,5</sub> di cui all'articolo 12, comma 2, del decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155.
<b>Regolamento (UE) n. 517/2014</b>	Regolamento (UE) n. 517/2014 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 aprile 2014, sui gas fluorurati a effetto serra e che abroga il regolamento (CE) n. 842/2006.





Il D. Lgs. 155/2010 stabilisce i valori obiettivo, i livelli critici, i margini di tolleranza e le soglie di allarme dei principali inquinanti che caratterizzano l'aria outdoor, nell'ottica di conseguire gli obiettivi a lungo termine di qualità dell'aria. Definisce anche le modalità di monitoraggio degli inquinanti, stabilendo, all'articolo 17, quali sono i siti più idonei all'installazione delle postazioni fisse di monitoraggio, le tecniche ufficiali di campionamento, gli strumenti di campionamento e di misura (con l'obbligo di definizione di programmi di intercalibrazione), i metodi di analisi dei campioni prelevati, le certificazioni necessarie e i laboratori nazionali di riferimento che devono partecipare alla calibrazione degli strumenti utilizzati nelle misurazioni ufficiali.

L'Art. 18 comma 5 del D. Lgs. 155/2010 sancisce, inoltre, che “I soggetti pubblici e privati che procedono (...) alla pubblicazione o ad altre forme di diffusione al pubblico di dati inerenti i livelli rilevati da stazioni di misurazione della qualità dell'aria ambiente devono contestualmente indicare, in forma chiara, comprensibile e documentata, se tali livelli sono stati misurati in conformità ai criteri ed alle modalità previsti dal presente decreto oppure in modo difforme”.

In relazione al succitato articolo, si chiarisce che **le misurazioni effettuate nell'ambito del progetto InAirQ sono state realizzate in modo difforme rispetto ai criteri ed alle modalità previsti dal D. Lgs. 155/2010** e sono per questo da ritenersi, in termini assoluti, non attendibili.

### B.2.2. Metodi di monitoraggio

Il monitoraggio della qualità dell'aria indoor nelle 12 scuole che partecipano al progetto InAirQ è uno studio che presenta diversi limiti e che, per tale ragione, non può essere ritenuto in alcun modo né esaustivo né un riferimento scientifico per intraprendere misure e azioni correttive, per le seguenti ragioni:

- I protocolli riconosciuti e applicati a livello internazionale per il monitoraggio scientifico della qualità dell'aria indoor stabiliscono che la campagna di monitoraggio debba essere rappresentativa di tutte le possibili condizioni espositive, con particolare riguardo a quelle più critiche. È opportuno, quindi, eseguire come minimo una campagna di misura nella stagione calda e una nella stagione fredda, al fine di poter valutare eventuali variazioni stagionali dovute a condizioni meteorologiche e/o legate alla variabilità dei cicli delle attività civili (riscaldamenti, flussi di traffico, ecc.). Sulla base dei primi risultati ottenuti dal programma di monitoraggio, può essere utile aggiornare il programma di sorveglianza ambientale intensificando la periodicità delle campagne di misura.
- Per quanto riguarda il campionamento passivo, realizzato con cialde assorbenti, i risultati che emergono dall'analisi chimica della cialda effettuata dopo l'esposizione della stessa, pur mediato rispetto al tempo di esposizione, non rappresenta in alcun modo una indicazione del rischio a cui sono esposti gli



occupanti dell'ambiente monitorato<sup>1</sup>, ma solo un'indicazione della concentrazione media dell'inquinante, che a sua volta può indicare tutt'al più la necessità di procedere a monitoraggi più accurati, realizzati con strumenti omologati e certificati e con metodologie rigorose e scientifiche.

- Il monitoraggio non è stato realizzato da personale qualificato ed esperto in ricerca scientifica relativa ai campionamenti per il rilievo della qualità dell'aria indoor: la gestione delle strumentazioni di monitoraggio è stata affidata al personale scolastico che, all'inizio del programma di monitoraggio si è dichiarato disponibile a fornire supporto; non vi sono informazioni certe riguardo all'effettivo rispetto del programma di monitoraggio consegnato all'inizio della settimana. È possibile, ad esempio, che vi possano essere state delle dimenticanze in virtù delle quali le cialde sono rimaste esposte all'aria per un tempo più lungo di quello prestabilito, la qual cosa farebbe sì che le cialde stesse abbiano accumulato più inquinanti di quello che sarebbe prevedibile. Si sottolinea che una tale eventualità non è assolutamente imputabile al personale scolastico che, in totale autonomia, volontariamente e gratuitamente, ha collaborato con il team del progetto InAirQ per rendere più agevoli le operazioni di monitoraggio.

### B.2.3. Presentazione dei risultati

Le considerazioni sin qui sviluppate, relative alla normativa di riferimento per il monitoraggio della qualità dell'aria e alle modalità utilizzate per il rilievo nell'ambito del progetto InAirQ hanno portato alla scelta della modalità di presentazione dei dati più idonea sia rispetto all'ipotesi che i dati rilevati siano di bassa qualità/ottenuti in maniera non conforme alla normativa, sia rispetto all'obiettivo generale del progetto InAirQ. Sulla base di queste considerazioni si è quindi deciso di non riportare i valori assoluti dei dati rilevati per quanto riguarda il campionamento passivo, mentre vengono riportati quelli assoluti solo per quanto concerne il campionamento elettronico con centralina.

---

<sup>1</sup> Il rischio cancerogeno per la via di esposizione inalatoria è espresso dalla seguente equazione:

$$\text{Risk} = \text{IUR} \cdot \text{EC}$$

dove:

- IUR: "Inhalation Unit Risk" espressa in  $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ ,
- EC: "Concentrazione di esposizione" espressa in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

A sua volta la concentrazione di esposizione viene definita dalla seguente equazione:

$$\text{EC} = (\text{CA} \cdot \text{ET} \cdot \text{EF} \cdot \text{ED}) / \text{AT}$$

dove

- CA: concentrazione del contaminante in aria ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ),
- ET: tempo di esposizione (ore/giorno),
- EF: frequenza d'esposizione (giorni/anno),
- ED: durata d'esposizione (anni),
- AT: tempo sul quale l'esposizione è mediata (tutta la vita in anni x 365 giorni/anno x 24 ore/giorno)



## B.3. Gli inquinanti monitorati

### B.3.1. Composti Organici Volatili (VOC)

I composti organici volatili sono una vasta categoria di composti a basso peso molecolare e sono caratterizzati dalla loro elevata volatilità (capacità di evaporazione) a temperatura ambiente e pressione atmosferica. Un'ampia varietà di sorgenti artificiali e naturali contribuisce a determinare i livelli di concentrazione di VOC all'interno e all'esterno.

La classe dei composti organici volatili comprende diversi composti chimici formati da molecole dotate di gruppi funzionali diversi, aventi comportamenti fisici e chimici differenti ma accomunati da una certa volatilità, caratteristica, ad esempio, dei comuni solventi organici, come i diluenti per vernici e benzine.

Tali composti comprendono gli idrocarburi e i composti come le aldeidi, gli eteri, gli alcoli, gli esteri, i clorofluorocarburi (CFC) e gli idroclorofluorocarburi (HCFC).

I VOC si suddividono in tre categorie, in relazione alle fonti di provenienza:

- Composti antropogenici, originati principalmente dalle attività umane, come i solventi derivati del petrolio e i prodotti delle combustioni.
- Composti biogenici di origine prevalentemente naturale, come gli oli essenziali vegetali.
- Composti antropogenici e biogenici, come l'isoprene largamente sintetizzato a livello industriale per la produzione di materie plastiche e gomme sintetiche.

Le fonti antropogeniche sono legate principalmente a:

- Pitture e rivestimenti, in particolare vernici e rivestimenti protettivi. I solventi generalmente vengono emessi da film protettivi o decorativi.
- Clorofluorocarburi e clorocarburi, (CFC), fortemente regolamentati, sono stati ampiamente utilizzati sia nei prodotti per la pulizia che nei fluidi refrigeranti. Il tetracloroetilene è ampiamente utilizzato nel lavaggio a secco e dall'industria. L'uso industriale di combustibili fossili produce VOC, direttamente dai prodotti, per esempio, benzina, o indirettamente come sottoprodotti, ad esempio, gas di scarico dell'automobile.
- Benzene, un VOC antropogenico e cancerogeno individuata nel fumo di tabacco, nei carburanti stoccati, e nell'evaporazione delle benzine presenti nelle auto in stazionamento. Il benzene viene emesso anche da fonti naturali come i vulcani e gli incendi boschivi spontanei. Spesso viene usato per realizzare altri prodotti chimici per la produzione di materie plastiche, resine e fibre sintetiche. Il composto evapora rapidamente e il suo vapore, più pesante dell'aria si accumula nelle zone basse.
- Cloruro di metilene, Il cloruro di metilene è un altro di tali composti, molto pericoloso per la salute umana. Si può trovare in adesivi e vernici spray. Se un prodotto contiene cloruro di metilene deve essere utilizzato all'esterno. Negli ambienti chiusi, è necessaria una ventilazione adeguata per mantenere bassi i livelli di esposizione.



- Percloroetilene, un VOC cancerogeno. È sospettato inoltre di produrre diversi sintomi respiratori correlati alla sua esposizione. Il percloroetilene è usato per lo più nei lavaggi a secco. Per evitare l'esposizione si deve richiedere una completa asciugatura degli indumenti.
- Formaldeide, un composto cancerogeno. Molti materiali da costruzione, come vernici, adesivi, pannelli da parete e soffitto, piastrelle sintetiche, emettono lentamente formaldeide, in grado di irritare le mucose e può aumentare l'irritazione e la suscettibilità ad ulteriori aggressioni chimiche. Le emissioni di formaldeide dal legno di produzione industriale e da laminati plastici su legno, sono comprese tra 0,02 e 0,04 ppm. Un'elevata umidità relativa e temperature elevate favoriscono una maggior evaporazione della formaldeide dei materiali legnosi.

I VOC sono quindi composti estremamente e capillarmente diffusi in tutti gli oggetti e le sostanze di uso quotidiano, che si possono trovare tipicamente in materiali da costruzione, detersivi, solventi, vernici, benzina, apparecchiature da ufficio come fotocopiatrici e stampanti, bianchetto, carta copiativa e materiali grafici e artigianali, tra cui colle, adesivi e pennarelli permanenti; tutti questi materiali sono piuttosto comuni in una scuola.

L'esposizione ai VOC può provocare effetti sulla salute sia acuti sia cronici, a seconda di molti fattori come la tossicità del composto, il livello e la durata dell'esposizione. Alcuni VOC, come il benzene, sono stati direttamente collegati al cancro nell'uomo e altri sono sospettati di provocare il cancro.

Si fornisce di seguito una breve carrellata dei VOC oggetto di monitoraggio.

### **Benzene**

Il benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) è un composto organico volatile capostipite del gruppo degli idrocarburi aromatici.

È un liquido incolore, facilmente infiammabile, dal caratteristico odore aromatico che a temperatura ambiente volatilizza facilmente.

È impiegato per la produzione di composti chimici di base utilizzati a loro volta per la produzione di policarbonati, resine epossidiche e nylon ed è un costituente in tracce della frazione aromatica della benzina impiegata, in sostituzione dei composti del piombo, come antidetonante nella "benzina verde". La composizione delle benzine, associata al numero di veicoli circolanti, rende il traffico la principale sorgente dell'inquinamento da benzene. Infatti circa il 90% delle emissioni vengono attribuite alle produzioni legate al ciclo della benzina: raffinazione, distribuzione dei carburanti e traffico veicolare, che incide per circa l'80% sul totale.

Il benzene è una sostanza cancerogena, classificato dallo IARC nel gruppo 1, cioè tra le sostanze per le quali esiste un'evidenza accertata di induzione di tumori nell'uomo. È un prodotto tossico per il sistema nervoso centrale in caso di esposizioni elevate ed è classificato cancerogeno per lunghe esposizioni. Una esposizione cronica può causare la leucemia (casi di questo genere sono stati riscontrati in lavoratori dell'industria manifatturiera, dell'industria della gomma e dell'industria petrolifera). Può essere facilmente assorbito per inalazione, contatto cutaneo o ingestione. Secondo l'OMS il



benzene costituisce oggi un inquinante ubiquitario, con concentrazioni medie variabili fra 1 e 160  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### **Toluene**

Il toluene ( $\text{C}_7\text{H}_8$ ) è una molecola aromatica formata da un anello benzenico in cui un atomo di idrogeno è sostituito da un gruppo metilico ( $\text{CH}_3$ ). È un liquido incolore, volatile, infiammabile ed esplosivo, dall'odore simile al benzene. Il toluene si ottiene dalla raffinazione del petrolio greggio e dal catrame e, come il benzene, è un costituente della frazione aromatica della benzina.

A livello industriale è una sostanza ampiamente utilizzata per la sintesi di altri composti chimici ed è inoltre un importante solvente per vernici, adesivi, collanti e inchiostri, nella fabbricazione dei quali ha sostituito il benzene perché meno pericoloso. Per gli usi industriali a cui è deputato, il toluene è inoltre un comune contaminante indoor; la sua concentrazione nell'aria interna può essere superiore a quella dell'aria esterna.

Il toluene è attualmente inserito dall'EPA in classe D, cioè tra le sostanze non cancerogene per l'uomo. Una volta rilasciato in atmosfera si degrada molto velocemente, entra nei meccanismi di reazione dello smog fotochimico, degradandosi in svariati composti a diverso grado di tossicità, fra cui la formaldeide.

### **Xilene**

Lo xilene ( $\text{C}_8\text{H}_{10}$ ) è una molecola aromatica in cui due atomi di idrogeno dell'anello benzenico sono sostituiti da due gruppi metilici. È un liquido incolore, volatile a temperatura ambiente, con il caratteristico odore aromatico.

A livello industriale si ottiene principalmente dalla raffinazione del petrolio e circa il 90% è impiegato come additivo nella benzina; il resto viene utilizzato come solvente per vernici, inchiostri, profumi, pesticidi, prodotti farmaceutici, adesivi e prodotti per la verniciatura; inoltre può essere trasformato in pellicole per nastri audio e video. Lo xilene è classificato dall'EPA nel gruppo D, cioè tra le sostanze non classificabili cancerogeni per l'uomo.

La maggior parte dello xilene rilasciato nell'ambiente entra direttamente in atmosfera dove viene degradato rapidamente per foto-ossidazione. Contribuisce inoltre alla formazione di ozono troposferico.

### **Etilbenzene**

L'etilbenzene è un composto organico aromatico di formula  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_3$ , costituito da un gruppo benzenico al quale è legato un gruppo etilico. Viene impiegato nell'industria petrolchimica come intermedio di reazione per l'ottenimento di stirene, che a sua volta è utilizzato per produrre polistirene e ABS (che sono materie plastiche).

### **Tricloroetilene**

Il tricloroetilene (TCE), noto anche col nome commerciale di trielina, è un liquido non infiammabile, incolore, con un odore piuttosto dolciastro e un sapore dolce e bruciante. È usato principalmente per la pulizia a secco, nella lavorazione dei metalli, come solvente per eliminare grassi, cere, resine, oli, gomma, colori e vernici da parti metalliche, ma è



anche un componente in adesivi, sverniciatori, fluidi per la correzione nelle macchine da scrivere e smacchiatori.

Al picco della sua produzione, negli anni venti, il suo impiego principale era l'estrazione di oli vegetali da piante quali la soia, il cocco e la palma. Tra gli altri usi nell'industria alimentare si annoveravano la decaffeinazione del caffè e l'estrazione di essenze. Ha trovato uso anche come solvente per il lavaggio a secco, fino a quando non è stato soppiantato negli anni cinquanta dal tetracloroetilene.

Il tricloroetilene non si trova naturalmente nell'ambiente. Tuttavia, è stato rilevato in sorgenti di acque sotterranee e in molte acque superficiali un risultato della fabbricazione, l'uso e lo smaltimento della sostanza chimica.

Respirare piccole quantità di tricloroetilene può causare mal di testa, irritazione polmonare, vertigini, scarsa coordinazione e difficoltà di concentrazione. Respirarne grandi quantità può causare compromissione della funzione cardiaca, stato di incoscienza e morte. Respirarlo per lunghi periodi può causare danni neurologici, renali ed epatici.

### **Tetracloroetilene**

Il tetracloroetilene è un alogenuro organico, usato principalmente come solvente nelle lavanderie a secco e per lo sgrassaggio dei metalli, nell'industria chimica e farmaceutica, nell'uso domestico.

Il tetracloroetilene è ampiamente distribuito nell'ambiente ed è presente in tracce nell'acqua, negli organismi acquatici, nell'aria, negli alimenti e nei tessuti umani. I più alti livelli ambientali sono ritrovati nelle lavanderie a secco e nelle industrie di sgrassaggio dei metalli. Tali emissioni possono portare ad alte concentrazioni nelle acque profonde. Nelle acque profonde anaerobiche il tetracloroetilene può degradare a composti più tossici, quale il vinilcloruro. Tra i cibi si trova principalmente nei frutti di mare, nel burro e negli alimenti ricchi di grassi. La fonte principale di esposizione per l'uomo è rappresentata dall'inalazione di aria contaminata, anche a causa della contaminazione dell'aria inspirata da parte di vapori provenienti dal suolo e/o dall'acqua.

### **$\alpha$ -pinene**

L' $\alpha$ -Pinene è un composto organico della classe dei terpeni, uno dei due isomeri del pinene. È un alchene che si trova negli oli di molte specie di molte conifere, in particolare il pino. Si trova anche nell'olio essenziale di rosmarino (*Rosmarinus officinalis*) e *Satureja myrtifolia*. La miscela racemica è presente in alcuni oli come l'olio di eucalipto e l'olio di buccia d'arancia.

### **Limonene**

Il limonene è un idrocarburo, una sostanza di origine naturale chimicamente definita come monoterpene ciclico. Si tratta di un liquido incolore, insolubile in acqua ma solubile negli oli e nell'alcool, dal caratteristico odore di arancia. In natura è contenuto nelle scorze del limone o di altri agrumi, per cui è presente negli oli essenziali ottenuti dal limone o dall'arancio.

Il limonene possiede un significativo potenziale sensibilizzante.



Il limonene è comune nella produzione di prodotti cosmetici e dei dentifrici. Dato il suo odore di arancia, è usato nell'industria alimentare come insaporitore e in botanica come insetticida. È inoltre aggiunto ai prodotti detergenti per conferir loro un odore di arancia. Il limonene è usato anche come carburante per i modellini.

L'uso del limonene sta aumentando notevolmente come solvente per la pulizia di superfici, ad esempio per la rimozione di sostanze grasse su parti meccaniche, ed è inoltre un solvente derivato da fonti rinnovabili (l'essenza di limone, è infatti un prodotto secondario dell'industria agrumaria).

Il limonene può inoltre essere considerato un biocarburante.

Nel campo del restauro, il limonene viene spesso utilizzato grazie al suo ottimo potere sgrassante. Presenta infatti ottimo potere solvente verso grassi, olii, cere, resine alchidiche e naturali, colofonie, vernici all'olio e oleosintetiche, vernici bituminose, ecc., e presenta il vantaggio di essere meno tossico ed avere un odore più sopportabile rispetto a solventi di pari polarità quali l'essenza di trementina o la ragia minerale. Nel campo delle belle arti viene utilizzato nella produzione di vernici ad olio e oleosintetiche di pregio.

L'olio estratto dalla lavorazione a freddo delle bucce di arancia consiste al 90% di d-limonene, un sensibilizzante, neurotossico, irritante oculare e della cute; può provocare crisi respiratorie in individui sensibili. È un ingrediente attivo in alcuni insetticidi e usato come solvente in molti detergenti multi-uso. In etichetta può essere riportato altresì come olio essenziale di agrumi.

## **2-etilesanolo**

Il 2-etilesanolo (o alcol isoottilico) è un alcol chirale a catena ramificata a otto atomi di carbonio.

A temperatura ambiente si presenta come un liquido incolore dall'odore caratteristico, poco solubile in acqua, molto solubile nei più comuni solventi organici. È prodotto su larga scala per l'impiego in numerose applicazioni come solventi, aromi, profumi e, soprattutto, come un precursore per la produzione di altri prodotti chimici come emollienti e plastificanti. Lo si ritrova nei profumi vegetali naturali, e l'odore è descritto come "floreale". Come gli altri VOC, anche il 2-etilesanolo è in grado di provocare irritazioni della pelle e delle mucose e problemi a carico dell'apparato respiratorio, come allergie e asma.

## **Stirene**

Lo stirene (noto anche come stirolo, feniletilene o vinilbenzene) è un idrocarburo aromatico. A temperatura ambiente è un liquido oleoso trasparente dal caratteristico odore dolciastro; è tossico e infiammabile. Insolubile in acqua, si scioglie nei più comuni solventi organici.

Data la facilità con cui polimerizza, il suo principale impiego è come monomero per la produzione di numerose materie plastiche, tra cui:

- polistirene (o polistirolo);



- ABS, ovvero il polimero acrilonitrile-butadiene-stirene;
- gomma SBR, ovvero stirene-butadiene-rubber;
- copolimero stirene-divinilbenzene

che trovano applicazione in innumerevoli prodotti e applicazioni (plastiche, gomme, schiume isolanti, fibre, eccetera).

L'esposizione ad elevate concentrazioni di stirene (200-400 ppm, ossia da 920 a 1840 mg/m<sup>3</sup>) causa irritazione transitoria delle mucose congiuntivali e nasali e frequentemente cefalea, vertigini, sonnolenza, turbe della memoria diminuzione dei riflessi; a 500 ppm (circa 2.300 mg/m<sup>3</sup>) è costante l'irritazione congiuntivale delle prime vie aeree ed è frequente la tosse. A esposizioni superiori si può manifestare una sintomatologia irritativa a carico delle congiuntive; la permanenza a queste concentrazioni causa svogliatezza, sonnolenza, astenia muscolare e depressione. Lo stirene liquido, essendo una sostanza molto irritante, può causare eritema, xerosi e delle fissurazioni; l'insorgenza di dermatiti può essere facilitata dal contemporaneo uso di altri solventi. Lo stirene può determinare alterazioni a carico del sangue caratterizzate da riduzione dei globuli bianchi con linfocitosi relativa, alterazioni della funzionalità epatica e talvolta sono state evidenziate in alcuni soggetti esposti a turbe digestive, nausea, vomito, perdita di appetito e stanchezza.

Lo stirene è stato riconosciuto ufficialmente come cancerogeno dal XII rapporto sui cancerogeni, pubblicato il 10 giugno 2011 dal Dipartimento Statunitense della Salute, Programma Tossicologico Nazionale.

### B.3.2. Aldeidi

Le aldeidi sono tra le più importanti categorie di inquinanti dell'aria indoor (i composti rilevanti sono: formaldeide, acetaldeide, acroleina, propionaldeide, benzaldeide, esanale, glutaraldeide). Le fonti indoor di aldeidi sono numerose e comprendono mobili e prodotti pressati in legno come truciolato, compensato e pannelli di fibre a media densità; materiali isolanti; tessili; vernici, carte da parati, colle, adesivi e lacche; prodotti per la pulizia della casa come detersivi, disinfettanti, ammorbidenti, detergenti per tappeti e prodotti per scarpe; cosmetici come saponi liquidi e shampoo; apparecchiature elettroniche, compresi computer e fotocopiatrici; e altri articoli di consumo come insetticidi e prodotti di carta. Ancora una volta, molte di queste fonti di aldeidi sono presenti nelle scuole.

Le aldeidi possono essere fortemente irritanti per le mucose. Inoltre, la formaldeide e l'acetaldeide sono state classificate dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, rispettivamente, come probabile e potenziale causa di cancro. Sintomi come irritazione agli occhi e alle vie aeree superiori, mal di testa, tosse, sintomi respiratori e polmonari (asma e allergia) ed eczema possono verificarsi in presenza di aldeidi nell'aria indoor.

Altri sintomi che possono presentarsi sono mal di testa, affaticamento, tosse e disturbi dell'attenzione, irritazione dell'epitelio nasale e allergie con l'aspetto dell'asma bronchiale immunomediata (cioè supportata da una reazione del sistema immunitario).





Si riporta di seguito una breve rassegna delle aldeidi oggetto di monitoraggio.

### **Formaldeide**

La formaldeide, o aldeide formica, è un composto organico in fase di vapore, caratterizzato da un odore pungente e altamente solubile in acqua. Il suo nome deriva dall'acido formico, veleno urticante prodotto dalle formiche. La formaldeide in soluzione acquosa è nota col nome di formalina. La formaldeide è un presente in natura come prodotto del metabolismo ossidativo in molti sistemi viventi e dei processi di combustione. L'emivita nell'ambiente della formaldeide è molto breve, poiché in aria viene rapidamente rimossa da processi fotochimici, precipitazione ed è velocemente biodegradabile.

Oltre a essere un prodotto della combustione (fumo di tabacco, scarico dei veicoli, centrali elettriche, inceneritori, stufe ecc.), è anche emessa da resine urea-formaldeide usate per l'isolamento (cosiddette UFFI) e da resine usate per truciolato e compensato di legno, per tappezzerie, moquette, tendaggi e altri tessili sottoposti a trattamenti antipiega e per altro materiale da arredamento. Nelle abitazioni i livelli sono generalmente compresi tra 0,01 e 0,05 mg/m<sup>3</sup>. Anche per questo composto i livelli indoor sono generalmente superiori rispetto a quelli outdoor. È contenuta in vernici e coloranti, cosmetici, cibi affumicati o fritti. Negli ambienti indoor i livelli sono generalmente compresi tra 10 e 50 µg/m<sup>3</sup>. Le maggiori concentrazioni si possono osservare in case prefabbricate, dopo interventi edilizi ed in locali con recente posa di mobili in truciolato, parquet o moquette.

La formaldeide causa irritazione oculare, nasale e a carico della gola, starnuti, tosse, affaticamento e eritema cutaneo; soggetti suscettibili o immunologicamente sensibilizzati alla formaldeide possono avere reazioni avverse anche a concentrazioni molto basse. Le concentrazioni di formaldeide rilevate nelle abitazioni possono essere dell'ordine di quelle che provocano irritazione delle vie aeree e delle mucose, particolarmente dopo interventi edilizi o installazioni di nuovi mobili o arredi.

La formaldeide è fortemente sospettata di essere uno degli agenti maggiormente implicati nella Sindrome dell'edificio malato (Sick Building Syndrome). Nel 2004 la formaldeide è stata indicata dallo IARC tra i composti del gruppo I (cancerogeni certi). Essendo un agente con probabile azione cancerogena è raccomandabile un livello di concentrazione il più basso possibile. L'OMS ha fissato un valore guida pari a 0,1 mg/m<sup>3</sup> (media su 30 minuti).

### **Acetaldeide**

L'acetaldeide ha formula chimica CH<sub>3</sub>CHO. A temperatura ambiente è un liquido incolore volatile e infiammabile dall'odore pungente e irritante. Fra i principali impieghi dell'acetaldeide vi sono la produzione di acido acetico, butanolo e coloranti. È una sostanza tossica ed è classificata dallo IARC nel gruppo 2B, nel quale vengono catalogate sostanze e composti che non presentano evidenti correlazioni di cancerogenicità nell'uomo, ma solo negli animali. Lo stesso IARC, tuttavia, classifica la sostanza nel gruppo 1, nel quale vengono catalogate sostanze e composti che presentano sicure correlazioni di cancerogenicità nell'uomo, ma solo se associata al consumo di bevande alcoliche. Tracce di acetaldeide sono contenute anche nel fumo di tabacco.



## Propionaldeide

La propionaldeide (o propanale) è un composto chimico appartenente alla classe delle aldeidi, di formula  $C_3H_6O$ . È un isomero strutturale dell'acetone. A temperatura ambiente è un liquido incolore, con un odore fruttato leggermente irritante.

La propionaldeide è parte di una fragranza contenuta in molte profumazioni che rendono più gradevoli prodotti detergenti e cosmetici di ogni tipo, da quelli dedicati alla detersione degli ambienti e della persona a quelli per la cura del corpo e del viso. Viene inoltre impiegata per produrre trimetiletano, che è un componente delle resine sintetiche, nella fabbricazione di materie plastiche, nella sintesi di prodotti chimici di gomma oltre che come disinfettante e conservante.

È una sostanza irritante per gli occhi, le vie respiratorie e la pelle.

## Benzaldeide

La benzaldeide è un composto con formula chimica  $C_6H_5CHO$  strutturalmente assimilabile ad un benzene in cui uno degli atomi di idrogeno è sostituito da un gruppo aldeidico. Questo composto è il più semplice membro della categoria delle aldeidi aromatiche nonché quello più sfruttato a livello industriale.

In natura si trova mescolata con acido cianidrico, glucosio o altri zuccheri, sotto forma di glucoside del tipo amigdalina nelle mandorle amare o in particolari semi tra cui dell'albicocca e delle pesche. A temperatura ambiente si presenta come un liquido incolore o giallo pallido, volatile, con un piacevole e caratteristico odore di mandorle amare: la benzaldeide è infatti un importante componente dell'aroma delle mandorle. Poco solubile in acqua, è invece completamente miscibile con l'etanolo.

La benzaldeide può essere ottenuta da diverse fonti naturali fra cui l'albicocca, la ciliegia, le foglie di alloro e, in forma combinata di glicoside (amigdalina), dai semi di diverse piante (es: pesco, mandorlo). Oggigiorno la maggior parte della benzaldeide viene ottenuta per via sintetica dal toluene. È un importante punto di partenza per la preparazione di coloranti e di numerosi altri composti, tra i quali alcuni prodotti farmaceutici; è impiegata come essenza profumante di alimenti e cosmetici.

## Esanale

L'esanale è un composto organico appartenente alla classe delle aldeidi. È utilizzato nell'industria profumiera per produrre profumi fruttati. Il suo profumo ricorda l'erba appena tagliata.

### B.3.3. Particolato (PM10 e PM2.5)

Il particolato consiste di tutto il materiale non gassoso sospeso nell'aria.

La natura delle particelle aero-disperse è molto varia: questo tipo di inquinante include infatti prodotti di combustione, materiale organico disperso dalle piante (polline e frammenti di piante), materiale eroso dal suolo o da manufatti ad opera di agenti naturali (vento e pioggia).



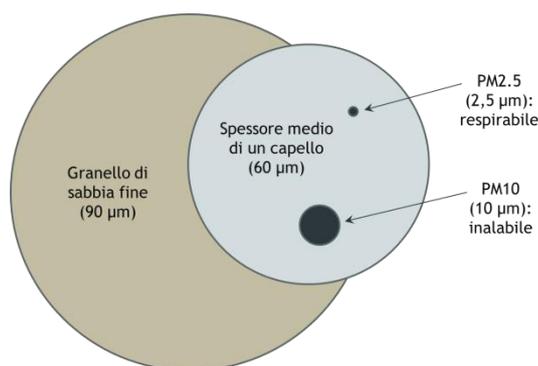
Nelle aree urbane, il materiale particolato può provenire da processi industriali (cantieri, fonderie, cementifici), dall'usura di asfalto, pneumatici, freni e frizioni e dalle emissioni di scarico dei veicoli a motore, in particolare quelli con motori Diesel. Il traffico veicolare urbano contribuisce notevolmente all'inquinamento atmosferico con emissione di fuliggine, composti organici, oligoelementi e particelle incombuste di vario genere.

La superficie delle particelle emesse, inoltre, può adsorbire inquinanti atmosferici gassosi dannosi. PM2.5, o "particelle fini", è la denominazione delle particelle di diametro pari o inferiore a 2,5 micron, mentre il PM10 è definito come la frazione di particelle con un diametro aerodinamico inferiore a 10 micron. Nelle scuole, le concentrazioni indoor di particolato hanno dimostrato di essere altamente correlate con i livelli esterni, suggerendo che le particelle interne arrivino principalmente dall'esterno. La penetrazione delle particelle esterne negli ambienti indoor dipende non solo dalle barriere fisiche dell'edificio e dalla ventilazione (naturale o meccanica), ma anche dalle proprietà e dalle dimensioni fisico-chimiche delle particelle.

Il rischio per la salute associato alle sostanze presenti nell'aria sotto forma di particelle sospese dipende non solo dalla loro concentrazione ma anche dalle dimensioni delle particelle stesse. Le particelle più piccole rappresentano un pericolo maggiore per la salute umana, poiché possono penetrare in profondità nel tratto respiratorio.

Come prima approssimazione:

- le particelle con un diametro superiore a 10 micron si fermano nel tratto respiratorio superiore;
- le particelle con un diametro compreso tra 5 e 10 micron raggiungono la trachea e i bronchi;
- le particelle con un diametro inferiore a 5 micron possono raggiungere gli alveoli polmonari.



**Figura 1. Proporzioni del particolato**

Studi epidemiologici hanno dimostrato una correlazione tra le concentrazioni di particolato nell'aria e la manifestazione di malattie croniche delle vie respiratorie, in particolare l'asma, la bronchite, l'enfisema. In termini di effetti indiretti, inoltre, il particolato funge da veicolo per sostanze ad elevata tossicità, come gli idrocarburi policiclici aromatici.



#### B.3.4. Ossidi di azoto

Gli ossidi di azoto (NO, N<sub>2</sub>O, NO<sub>2</sub>, NOX e altri) sono generati da tutti i processi di combustione, indipendentemente dal carburante utilizzato.

Il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) si presenta come un gas bruno-rossastro con un forte odore pungente. Può essere considerato uno degli inquinanti atmosferici più pericolosi, sia per la sua natura irritante sia perché, in condizioni di forte irradiazione solare, provoca reazioni fotochimiche secondarie che creano altre sostanze inquinanti (smog fotochimico). I gas di scarico dei veicoli contribuiscono enormemente all'inquinamento da NO<sub>2</sub>; la quantità di emissioni dipende dalle caratteristiche del motore e dalle modalità del suo utilizzo (velocità, accelerazione, ecc.). In generale, la presenza di NO<sub>2</sub> aumenta quando il motore funziona ad alti giri (arterie urbane a scorrimento veloce, autostrade, ecc.).

Il biossido di azoto è un gas tossico irritante per le mucose e responsabile di specifiche patologie che colpiscono l'apparato respiratorio (bronchiti, allergie, irritazioni). Come il monossido di carbonio, anche l'NO<sub>2</sub> agisce sull'emoglobina, ossidando il ferro dell'emoglobina che perde la sua capacità di trasportare ossigeno.

Tra gli altri effetti, gli ossidi di azoto contribuiscono alla formazione di piogge acide, causando così l'alterazione degli equilibri ambientali ecologici.

#### B.3.5. Ozono

L'ozono è un gas altamente reattivo con un odore pungente e un forte potere ossidante. Ad alte concentrazioni assume una colorazione blu.

L'ozono è concentrato nella stratosfera ad un'altezza compresa tra 30 e 50 km dal suolo; la sua presenza protegge la troposfera dalle radiazioni ultraviolette emesse dal sole e dannose per la vita degli esseri viventi. L'assenza di ozono nella stratosfera viene generalmente definita "buco dell'ozono". L'ozono presente nella troposfera (lo strato atmosferico tra il livello del mare e 10 km di altitudine), e in particolare nelle immediate vicinanze della superficie terrestre, è invece una componente dello "smog fotochimico", che ha origine soprattutto in estate, e in generale quando c'è concomitanza di intensa radiazione solare e alte temperature. L'ozono, infatti, non ha fonti dirette, ma si forma all'interno di un ciclo di reazioni fotochimiche che coinvolgono in particolare gli ossidi di azoto.

Concentrazioni relativamente basse di ozono causano effetti quali irritazione della gola e delle vie respiratorie e bruciore agli occhi; concentrazioni più elevate possono portare a cambiamenti nella funzione respiratoria e aumento della frequenza degli attacchi asmatici. L'ozono è anche responsabile dei danni alla vegetazione e alle colture, con la scomparsa di alcune specie arboree dalle aree urbane.

Alcune specie vegetali particolarmente sensibili alla concentrazione di ozono nell'atmosfera (*Ligustrum ovalifolium*, *Hedera helix*, cavolo giapponese) sono talvolta utilizzate come bioindicatori della presenza di smog fotochimico.



### B.3.6. Monossido di carbonio

Il monossido di carbonio (CO) è l'inquinante gassoso più abbondante nell'atmosfera; la sua concentrazione è maggiore rispetto agli altri inquinanti atmosferici di origine esterna, tant'è che la sua concentrazione si esprime in milligrammi per metro cubo. È un gas inodore e incolore e viene generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno disponibile è insufficiente.

La principale fonte di CO è il traffico veicolare (circa l'80% delle emissioni globali), in particolare dai gas di scarico dei veicoli a benzina, specie quelli dei veicoli non catalizzati con motori a due tempi. La concentrazione di CO emessa dagli scarichi dei veicoli, inoltre, è strettamente connessa alle condizioni operative del motore: concentrazioni più elevate sono registrate con il motore al minimo, condizioni tipiche di traffico urbano intenso e rallentato e decelerazione.

Il rischio di avvelenamento da monossido di carbonio è elevato anche quando si respirano piccole quantità di gas. Il CO, infatti, entra nel flusso sanguigno e impedisce ai globuli rossi di trasportare ossigeno. Senza ossigeno, il tessuto corporeo e le cellule muoiono. Concentrazioni non letali di CO possono tuttavia causare gravi danni alla salute se respirati per un lungo periodo di tempo. Gli effetti a lungo termine dell'avvelenamento da monossido di carbonio includono paralisi e danni cerebrali.

### B.3.7. Diossido di carbonio

Il diossido di carbonio (CO<sub>2</sub>) è un ossido acido (anidride) formato da un atomo di carbonio collegato a due atomi di ossigeno. Considerato uno dei principali gas serra presenti nell'atmosfera terrestre, è una sostanza fondamentale nei processi vitali di piante e animali. È essenziale per la vita e per la fotosintesi delle piante, ma è anche responsabile dell'aumento dell'effetto serra.

È stato dimostrato che i livelli di anidride carbonica nelle aule scolastiche sono direttamente correlati alla prontezza e alla capacità di concentrazione degli studenti. Alti livelli di anidride carbonica indicano una mancanza di apporto di aria fresca e ciò influenza negativamente la salute, il tasso di frequenza e la capacità di apprendimento degli studenti.

## C. Le scuole monitorate: inquadramento

### C.1. Localizzazione e caratteristiche degli edifici scolastici

Come già riportato, le scuole si trovano nella città di Torino e Chieri. Sono gestite dalle due municipalità. Si riporta una descrizione completa di ognuna e un resoconto delle indagini svolte sugli edifici e sulle aule (tramite questionari).

#### Scuola Primaria Gaetano Salvemini

La scuola primaria Gaetano Salvemini è localizzata nella città di Torino in via Negarville 30/6, nel quartiere Mirafiori Sud. È gestita dal Comune di Torino.

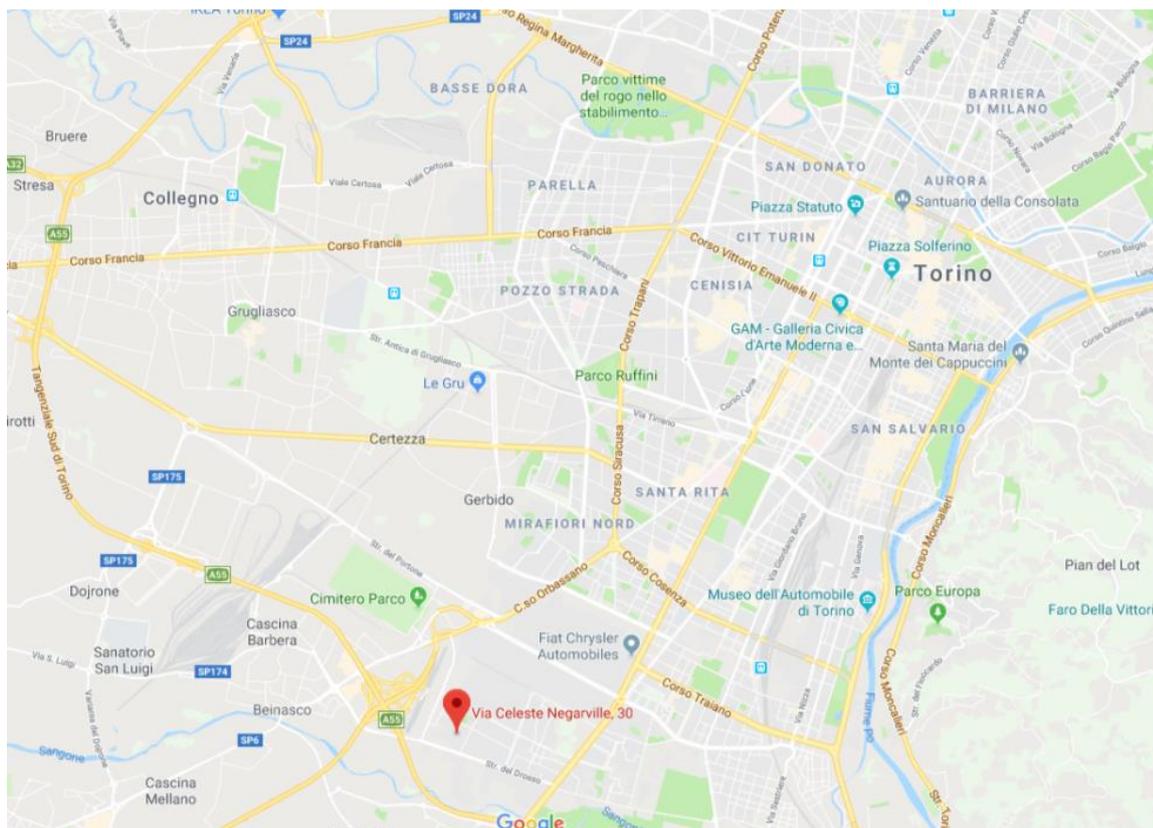


Figura 2. Localizzazione della scuola G. Salvemini nella città di Torino



Figura 3. Localizzazione della scuola G. Salvemini nell'ambito del quartiere



Figura 4. La scuola Primaria G. Salvemini

Come mostrano le immagini, la scuola è localizzata nella zona residenziale accanto al grande stabilimento industriale di Mirafiori, lungo una strada residenziale e adiacente ad un piccolo parcheggio. Si trova, tuttavia, nei pressi di arterie stradali ad alto scorrimento e



a traffico elevato: la tangenziale sud di Torino e corso Orbassano. Di conseguenza, l'edificio scolastico, nonostante sia immerso in un quartiere relativamente verde, grazie alla vicinanza con il Giardino Emilio Pugno, è esposto all'inquinamento atmosferico generato dalle industrie e dal traffico pesante che si sviluppa nelle vicinanze.

Questo elemento è molto rilevante nell'analisi dell'edificio scolastico, il quale dispone anche di un cortile esterno che viene utilizzato dagli allievi sia per giocare durante l'intervallo e la pausa pranzo, sia a livello sportivo. Questo significa che i bambini sono potenzialmente esposti a livelli talvolta elevati di inquinanti dell'aria sia quando si trovano all'esterno della scuola sia in classe.

L'edificio, costituito da 3 piani fuori terra, è stato costruito nel 1966 ed è realizzato in cemento. Esso presenta inoltre tubature in piombo, molto dannose per la salute, ma nessun componente in amianto.

Recentemente (2011-2012) è stato sottoposto ad interventi di ristrutturazione che hanno interessato le componenti elettriche, gli infissi ed il sistema idrico. È riscaldato tramite riscaldamento centralizzato (teleriscaldamento con radiatori in ghisa), non è dotato di aria condizionata né di ventilazione meccanica.

Gli insegnanti e il personale scolastico interpellati per conoscere le caratteristiche strutturali della scuola riferiscono che il seminterrato e gli archivi della scuola risultano essere locali molto polverosi. In più, saltuariamente, si sono verificati episodi di perdite idriche dai bagni che hanno determinato piccoli danni. Nei corridoi dell'ala ovest del secondo piano ci sono inoltre segni visibili di danni derivanti da un'eccessiva umidità, come macchie e segni di condensa di acqua.

Le aule vengono generalmente ripulite nel pomeriggio, al termine delle lezioni; una pulizia più approfondita dei locali viene svolta all'incirca una volta ogni tre mesi. Per le pulizie dei pavimenti e dei banchi vengono utilizzate sostanze chimiche. All'interno dell'edificio non sono mai stati avvistati scarafaggi.

In generale, il livello di illuminazione naturale e artificiale nelle aule ed il livello di rumorosità da fonti esterne vengono percepiti come molto soddisfacenti, mentre la qualità dell'aria all'interno delle aule e all'esterno della scuola sono percepiti come piuttosto scarsi. Lo stato generale dell'edificio scolastico viene percepito come discreto.

La classe coinvolta nel progetto InAirQ è la classe 3 B. L'aula, che ha una superficie di 42,30 m<sup>2</sup> e soffitti alti 3 m, è situata al piano terra, è orientata ad Ovest e si affaccia sul cortile della scuola. I pavimenti sono in piastrelle, i soffitti sono in calce e le pareti sono state ridipinte l'ultima volta nel Dicembre 2015 utilizzando vernici idrosolubili e smalti ad acqua. I banchi sono fatti di legno e metallo.

L'estensione delle finestre è di 6 m<sup>2</sup>; nel periodo caldo, esse vengono aperte in ogni cambio dell'ora tra una lezione e quella successiva. Durante le lezioni, sempre nel periodo estivo, rimane aperto circa il 50% delle finestre. Il telaio delle finestre è in alluminio.

In classe si utilizza una lavagna con gesso; la presenza e l'uso di questa lavagna fanno sì che a volte l'aula risulti polverosa. Durante le attività scolastiche i bambini non utilizzano colle, vernici, smalti e sostanze che emanano un odore irritante.





In classe non sono presenti piante.

L'insegnante di riferimento e i bambini riferiscono che a volte, durante la stagione fredda, ci sono giorni in cui in classe fa così caldo da provocare disagio, in ragione del fatto che il riscaldamento è tenuto troppo alto. Parimenti, anche durante la stagione calda ci sono giorni in cui in classe fa così caldo da provocare disagio, a causa del fatto che l'edificio è sprovvisto sia di aria condizionata sia di ventilazione meccanica.

L'aula viene pulita una volta al giorno, al pomeriggio dopo il termine delle lezioni, utilizzando sia una scopa che un mocio per lavare i pavimenti. Durante le pulizie in genere le finestre rimangono aperte.

In generale, il livello di illuminazione naturale e artificiale nell'aula viene percepito come soddisfacente, mentre il livello di rumorosità nelle aule da sorgenti esterne, la qualità dell'aria all'interno delle aule e all'esterno della scuola e il livello di pulizia delle classi sono percepiti come nella media. L'aula ospita solitamente per 8 ore 18 alunni e l'acustica viene valutata dal personale docente come abbastanza buona. Lo stato generale dell'aula (muri, pareti, arredi) percepito come mediocre, mentre il livello di comfort nell'aula è discreto.

### Scuola secondaria Castello di Mirafiori

La scuola secondaria Castello è localizzata nella città di Torino in via Domenico Coggiola 20, nel quartiere Mirafiori Sud. È gestita dal Comune di Torino.

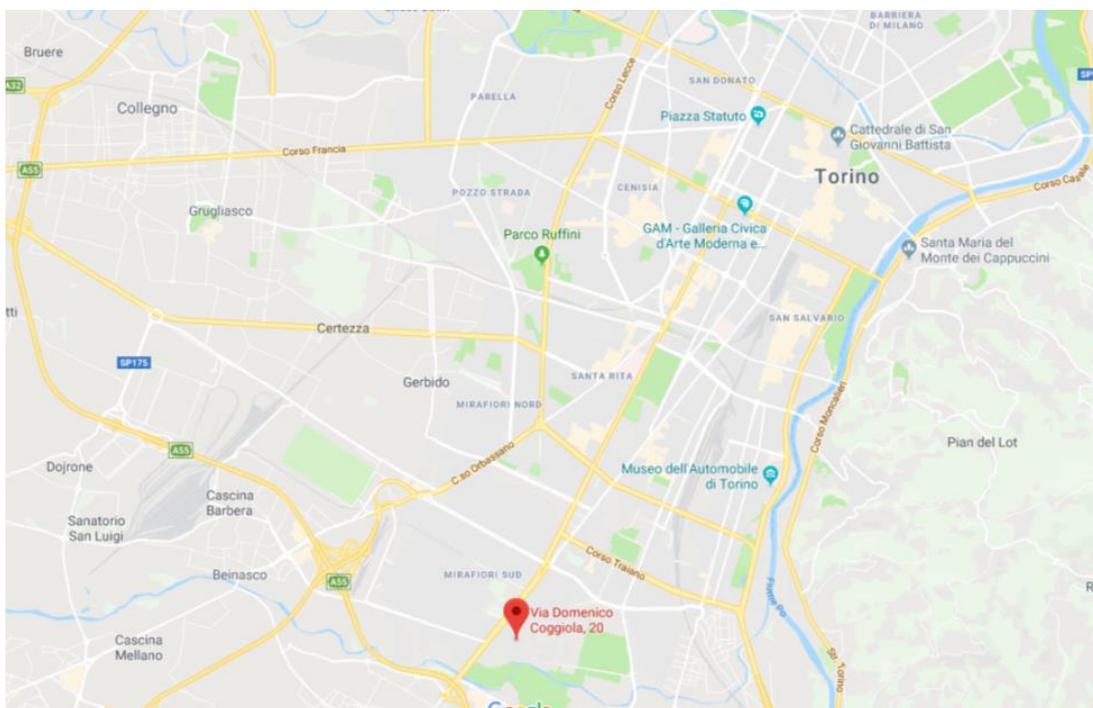


Figura 5. Localizzazione della scuola Castello di Mirafiori nella città di Torino

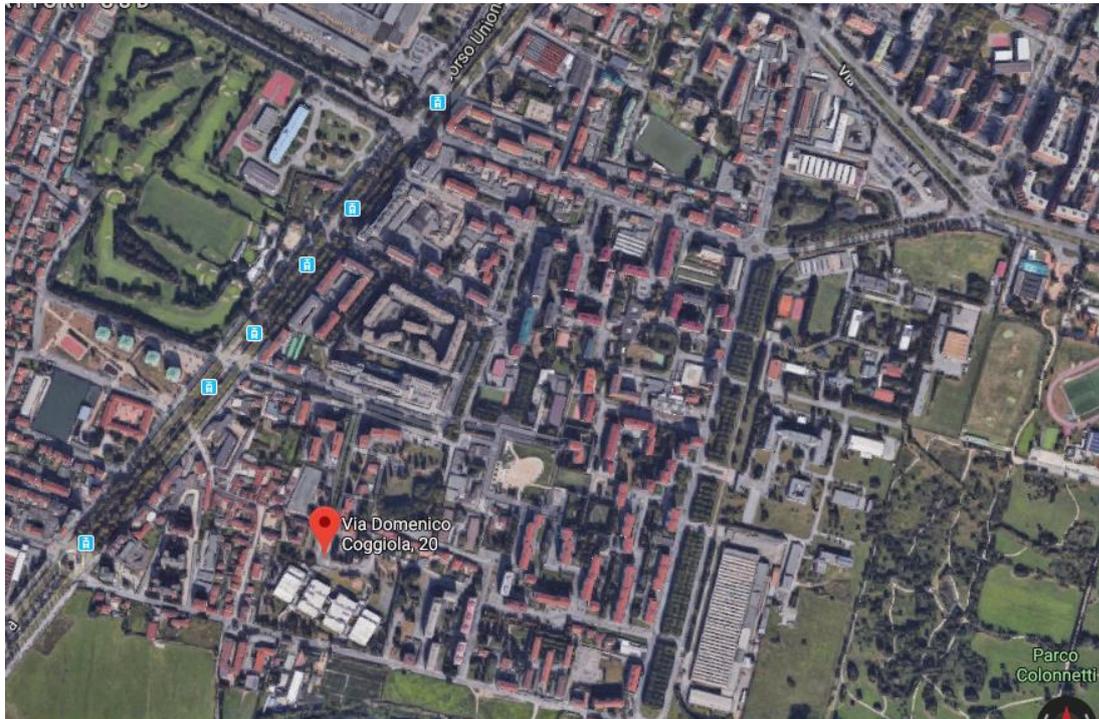


Figura 6. Localizzazione della scuola Castello di Mirafiori nell'ambito del quartiere



Figura 7. La scuola secondaria Castello di Mirafiori

Come mostrano le immagini, la scuola è localizzata in un'area principalmente residenziale, con un traffico moderato e con regime di percorrenza di tipo urbano (limite di velocità 50 km/h o inferiore). Si trova, tuttavia, a poca distanza da arterie stradali ad alto scorrimento e a traffico elevato: corso Traiano e corso Unione Sovietica, ossia le direttrici principali per imboccare la tangenziale sud di Torino. Di conseguenza, l'edificio scolastico è esposto all'inquinamento atmosferico generato dal traffico pesante che si sviluppa nelle vicinanze.

Questo elemento è molto rilevante nell'analisi dell'edificio scolastico, il quale dispone anche di un cortile esterno che viene utilizzato dagli allievi per giocare durante l'intervallo. Questo significa che i bambini sono potenzialmente esposti a livelli talvolta elevati di inquinanti dell'aria sia quando si trovano all'esterno della scuola sia in classe.



L'edificio, costituito da 3 piani, è realizzato in cemento e non sono presenti nell'edificio componenti di amianto o di piombo. Esso è riscaldato tramite riscaldamento centralizzato (teleriscaldamento con radiatori in ghisa), non è dotato di aria condizionata né di ventilazione meccanica.

Gli insegnanti e il personale scolastico interpellati per conoscere le caratteristiche strutturali della scuola riferiscono che non hanno mai avvertito odore di muffa o di umidità nei locali della scuola. All'interno della scuola, tuttavia, esistono aule non utilizzate parecchio polverose all'interno della struttura. Non si sono mai verificati episodi di perdite idriche dai bagni che hanno determinato piccoli danni, né sono mai stati avvistati scarafaggi.

Le aule vengono generalmente ripulite nel pomeriggio, al termine delle lezioni; una pulizia più approfondita dei locali viene svolta all'incirca una volta ogni tre mesi. Per le pulizie dei pavimenti e dei banchi non vengono utilizzate sostanze chimiche.

In generale, il livello di illuminazione naturale e artificiale nelle aule viene percepito come soddisfacente, il livello di rumorosità da sorgenti esterne nelle aule, la qualità dell'aria all'interno delle aule e all'esterno della scuola e il livello di pulizia delle classi sono percepiti invece come discreti. Lo stato generale dell'edificio scolastico viene percepito nella media.

La classe coinvolta nel progetto InAirQ è la classe 1 E. L'aula, che ha una superficie di 46 m<sup>2</sup> e soffitti alti 3,23 m, è situata al piano terra, è orientata a Sud e si affaccia sul cortile della scuola. I pavimenti sono in piastrelle, le pareti sono stati ridipinte l'ultima volta nel Luglio 2016 utilizzando vernici idrosolubili, mentre i soffitti sono stati realizzati con la calce. I banchi sono realizzati in laminato, truciolato e metallo.

L'estensione delle finestre è di 10,5 m<sup>2</sup>; nel periodo caldo, esse vengono aperte in ogni cambio dell'ora tra una lezione e quella successiva. Durante le lezioni, sempre nel periodo estivo, rimane aperto circa il 50% delle finestre. Il telaio delle finestre è in alluminio e metallo.

In classe si utilizza sia una lavagna interattiva multimediale (LIM) sia una lavagna con gesso; la presenza e l'uso di questa lavagna fanno sì che l'aula risulti piuttosto polverosa. Durante le attività scolastiche i bambini utilizzano colle, vernici, smalti e sostanze che emanano un odore irritante. Queste sostanze sono conservate in contenitori normali (non a tenuta stagna) che vengono però tenuti fuori dall'aula. Al momento dell'utilizzo di queste sostanze irritanti si prende l'accorgimento di aprire le finestre per diminuire la sensazione di disagio. In classe non vengono tenute piante.

L'insegnante di riferimento e i bambini riferiscono che a volte, durante la stagione fredda, ci sono giorni in cui in classe fa così freddo da provocare disagio, in ragione del fatto che il riscaldamento è tenuto troppo basso, ma solo raramente. Mentre può succedere che durante la stagione calda in classe fa così caldo da provocare disagio, a causa del fatto che l'edificio è sprovvisto sia di aria condizionata sia di ventilazione meccanica; inoltre, in estate il sole colpisce direttamente alcuni dei banchi.

L'aula viene pulita una volta al giorno, al pomeriggio dopo il termine delle lezioni, utilizzando una scopa per spazzare i pavimenti. Durante le pulizie in genere le finestre rimangono aperte.

In generale, il livello di illuminazione naturale e artificiale nell'aula viene percepito come molto soddisfacente, come anche la qualità dell'aria all'interno dell'aula e all'esterno della scuola, mentre il livello di rumorosità nelle aule da sorgenti esterne, e il livello di pulizia delle classi sono percepiti come abbastanza buoni. L'aula risulta contenere per 6 ore al giorno 22 alunni. Lo stato generale dell'aula (muri, pareti, arredi) è percepito come molto buono, mentre il livello di comfort nell'aula è discreto.

### Scuola primaria Duca degli Abruzzi

La scuola Primaria Duca degli Abruzzi è localizzata nella città di Torino in via Montevideo 11, nel quartiere Lingotto. È gestita dal Comune di Torino.

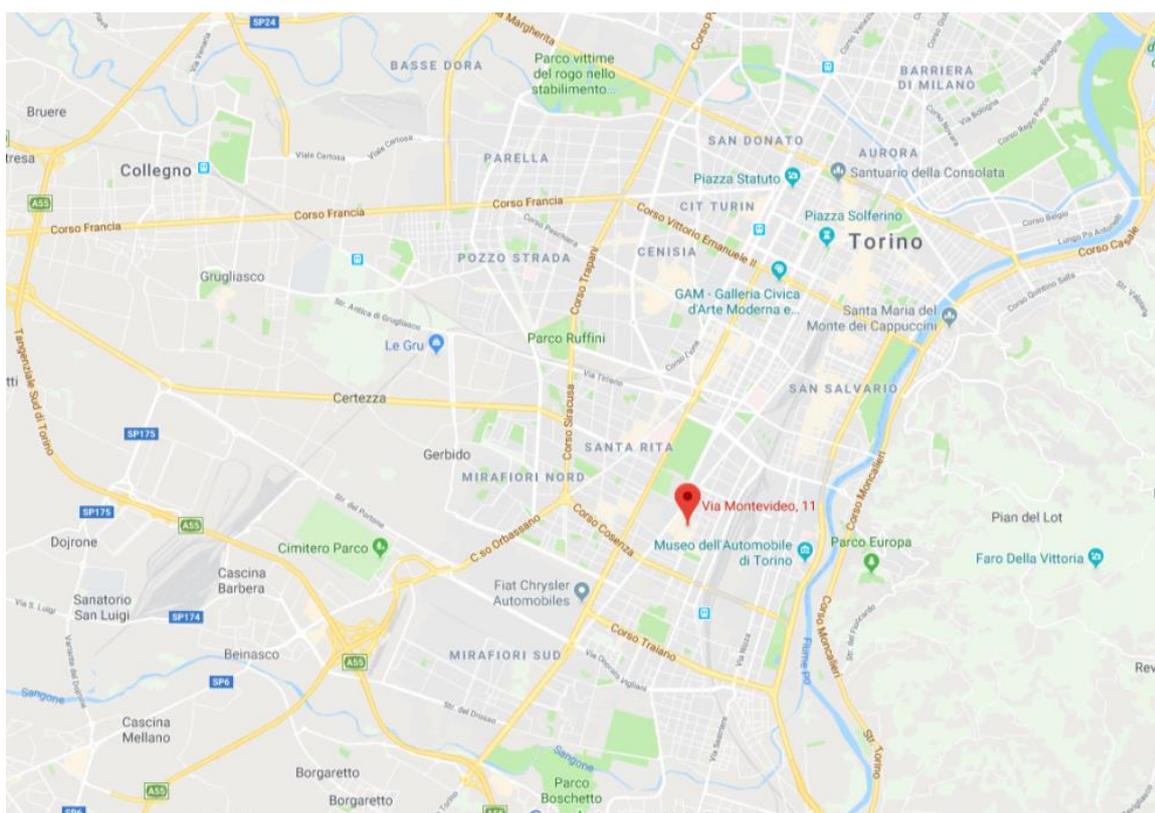


Figura 8. Localizzazione della scuola Duca degli Abruzzi nella città di Torino



Figura 9. Localizzazione della scuola Duca degli Abruzzi nell'ambito del quartiere



Figura 10. La scuola Primaria Duca degli Abruzzi



Come mostrano le immagini, la scuola è localizzata in un'area principalmente residenziale, con un traffico moderato e con regime di percorrenza di tipo urbano (limite di velocità 50 km/h o inferiore). Si trova, tuttavia, nei pressi di arterie stradali ad alto scorrimento e a traffico elevato come Corso Cosenza, Corso Unione Sovietica e Corso Giovanni Agnelli. Di conseguenza, l'edificio scolastico è esposto all'inquinamento atmosferico generato dal traffico pesante che si sviluppa nelle vicinanze.

Questo elemento è molto rilevante nell'analisi dell'edificio scolastico, il quale dispone anche di un cortile esterno che viene utilizzato non solo dagli allievi per giocare durante l'intervallo e dopo la scuola a scopo sportivo, ma anche per altri scopi. Questo significa che i bambini sono potenzialmente esposti a livelli talvolta elevati di inquinanti dell'aria sia quando si trovano all'esterno della scuola sia in classe.

L'edificio, costituito da 4 piani fuori terra ed uno interrato, è realizzato principalmente in mattoni e non sono presenti nell'edificio componenti di amianto o di piombo. Recentemente (nel 2011-2012) è stato sottoposto ad interventi di ristrutturazione che hanno interessato principalmente gli infissi. L'edificio è riscaldato tramite riscaldamento centralizzato (teleriscaldamento con radiatori in ghisa), non è dotato di aria condizionata né di ventilazione meccanica.

Gli insegnanti e il personale scolastico interpellati per conoscere le caratteristiche strutturali della scuola riferiscono che a volte avvertono odore di muffa o di umidità nei locali della scuola, in particolare nel seminterrato. Quest'ultimo risulta anche essere un locale molto polveroso, insieme alla palestra. Non si sono mai verificati episodi di perdite idriche dai bagni, tuttavia l'umidità presente all'interno della struttura scolastica ha causato segni e piccole macchie sulle pareti delle aule e nei corridoi, e a volte sono stati avvistati scarafaggi.

Le aule vengono generalmente ripulite nel pomeriggio, al termine delle lezioni; una pulizia più approfondita dei locali viene svolta all'incirca una volta ogni tre mesi. Per le pulizie dei pavimenti e dei banchi vengono utilizzate sostanze chimiche.

In generale, il livello di illuminazione naturale e artificiale nelle aule viene percepito come soddisfacente, il livello di rumorosità da sorgenti esterne nelle aule, la qualità dell'aria all'interno delle aule e all'esterno della scuola e il livello di pulizia delle classi sono percepiti invece come discreti. Lo stato generale dell'edificio scolastico viene percepito come mediocre.

La classe coinvolta nel progetto InAirQ è la classe 3 C. L'aula, che ha una superficie di 49 m<sup>2</sup> e soffitti alti 4 m, è situata al primo piano, è orientata a Sud e si affaccia alla strada. I pavimenti sono in piastrelle, le pareti sono stati ridipinte l'ultima volta nel Giugno 2016 utilizzando vernici idrosolubili e vernici resistenti all'acqua, come anche i soffitti. I banchi sono realizzati in laminato, compensato e metallo.

L'estensione delle finestre è di 8,2 m<sup>2</sup> ed il telaio è in legno; nel periodo caldo, esse vengono aperte 2-3 volte al giorno. Durante le lezioni, sempre nel periodo estivo, rimane aperto circa il 50% delle finestre.



In classe si utilizza una lavagna con gesso; la presenza e l'uso di questa lavagna fanno sì che l'aula risulti piuttosto polverosa. Durante le attività scolastiche i bambini non utilizzano colle, vernici, smalti e sostanze che emanano un odore irritante.

In classe non vengono tenute piante.

L'insegnante di riferimento e i bambini riferiscono che raramente, durante la stagione fredda, ci sono giorni in cui in classe fa così freddo da provocare disagio, in ragione del fatto che il riscaldamento è tenuto troppo basso. Mentre può succedere che durante la stagione calda in classe fa così caldo da provocare disagio, a causa del fatto che l'edificio è sprovvisto sia di aria condizionata sia di ventilazione meccanica; inoltre, in estate il sole colpisce direttamente alcuni dei banchi.

L'aula viene pulita una volta al giorno, al pomeriggio dopo il termine delle lezioni, utilizzando un mocio per pulire i pavimenti. Durante le pulizie in genere le finestre rimangono chiuse.

In generale, il livello di illuminazione naturale nell'aula viene percepito come molto soddisfacente, mentre quello di illuminazione artificiale come discreto, come anche la qualità dell'aria all'interno dell'aula. Per quanto riguarda il livello di rumorosità nelle aule da sorgenti esterne, e il livello di pulizia delle classi sono percepiti come mediocri. L'aula risulta contenere per 7 ore al giorno 25 alunni. Lo stato generale dell'aula (muri, pareti, arredi) è percepito come nella media, mentre il livello di comfort nell'aula è discreto.

### Scuola secondaria Giovanni Battista Vico

La scuola Secondaria Giovanni Battista Vico è localizzata nella città di Torino in via Tunisi 102, nei pressi di Lingotto. È gestita dal Comune di Torino.

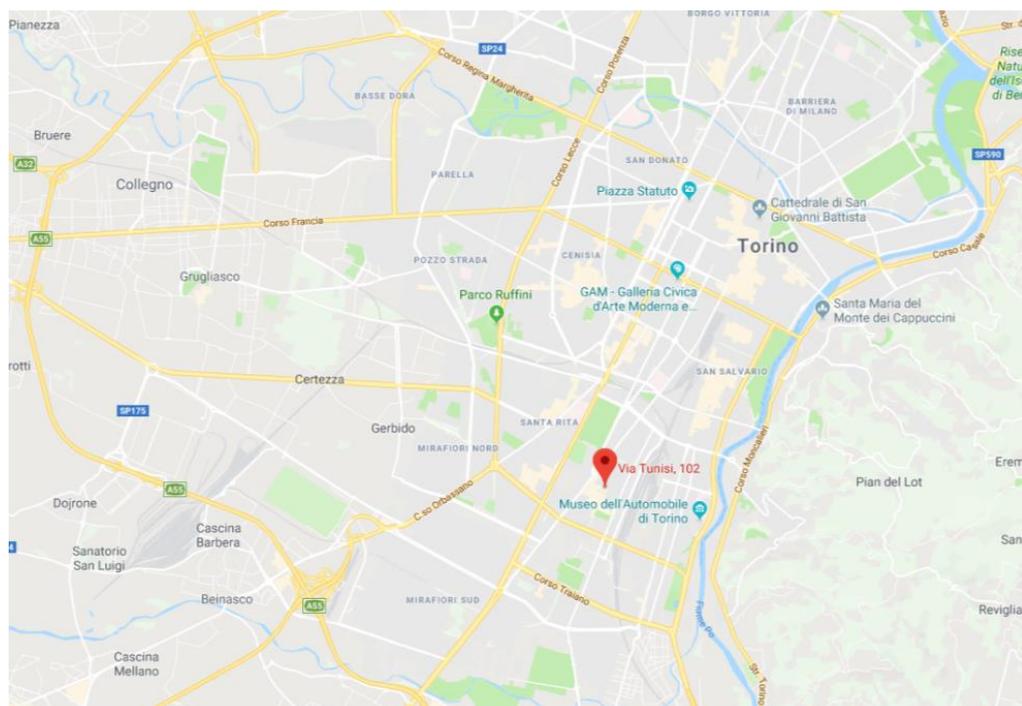


Figura 11. Localizzazione della scuola Giovanni Battista Vico nella città di Torino



Figura 12. Localizzazione della scuola Giovanni Battista Vico nell'ambito del quartiere



Figura 13. La scuola Secondaria Giovanni Battista Vico





Come mostrano le immagini, la scuola è localizzata in un'area principalmente residenziale, con un traffico moderato e con regime di percorrenza di tipo urbano (limite di velocità 50 km/h o inferiore). Si trova, tuttavia, nei pressi di arterie stradali ad alto scorrimento e a traffico elevato come Corso Cosenza, Corso Unione Sovietica e Corso Giovanni Agnelli. Di conseguenza, l'edificio scolastico è esposto all'inquinamento atmosferico generato dal traffico pesante che si sviluppa nelle vicinanze.

Questo elemento è molto rilevante nell'analisi dell'edificio scolastico, il quale dispone anche di un cortile esterno che viene utilizzato dagli allievi non solo per giocare durante l'intervallo e dopo la scuola, ma anche a scopo sportivo durante la lezione di educazione fisica. Il cortile viene usato anche da associazioni esterne (piscina) per passaggio auto. Questo significa che i bambini sono potenzialmente esposti a livelli talvolta elevati di inquinanti dell'aria sia quando si trovano all'esterno della scuola sia in classe.

L'edificio, costituito da 4 piani fuori terra e un piano interrato, è stato costruito nel 1963 ed è realizzato in mattoni e cemento. Non sono presenti nell'edificio componenti di amianto o di piombo.

Recentemente (nel 2011-2012) è stato sottoposto ad interventi di ristrutturazione che hanno interessato il sistema idrico. È riscaldato tramite riscaldamento centralizzato (teleriscaldamento con radiatori in ghisa), non è dotato di aria condizionata né di ventilazione meccanica.

Gli insegnanti e il personale scolastico interpellati per conoscere le caratteristiche strutturali della scuola riferiscono che a volte avvertono odore di muffa o di umidità nei locali della scuola, in particolare nel seminterrato. Quest'ultimo risulta anche essere un locale molto polveroso, come anche la palestra e gli archivi situati all'ultimo piano. In più, saltuariamente, si sono verificati episodi di perdite idriche dai bagni e dai termosifoni che hanno determinato piccoli danni. Nelle aule ci sono inoltre segni visibili di danni derivanti da un'eccessiva umidità, come macchie e segni di condensa di acqua.

Le aule vengono generalmente ripulite nel pomeriggio, al termine delle lezioni; una pulizia più approfondita dei locali viene svolta all'incirca ogni tre mesi. Per le pulizie dei pavimenti e dei banchi vengono utilizzate sostanze chimiche. A volte, all'interno dell'edificio, sono stati avvistati degli scarafaggi.

In generale, il livello di illuminazione naturale e artificiale nelle aule viene percepito discreto, mentre il livello di rumorosità da sorgenti esterne nelle aule, la qualità dell'aria all'interno delle aule e all'esterno della scuola e il livello di pulizia delle classi sono percepiti come mediocri. Lo stato generale dell'edificio scolastico viene percepito come mediocre.

La classe coinvolta nel progetto InAirQ è la classe 2 E. L'aula, che ha una superficie di 41,5 m<sup>2</sup> e soffitti alti 3,60 m, è situata al secondo piano, è orientata a Sud e si affaccia sul cortile della scuola. I pavimenti sono in piastrelle e pavimenti e soffitti sono stati ridipinti l'ultima volta nel Dicembre 2016 utilizzando vernici resistenti all'acqua. Gli arredi risalgono al 2005; i banchi sono realizzati in laminato plastico.



L'estensione delle finestre è di 16,8 m<sup>2</sup>; nel periodo caldo, esse vengono aperte in ogni cambio dell'ora tra una lezione e quella successiva. Durante le lezioni, sempre nel periodo estivo, rimane aperto circa il 66% delle finestre. Il telaio delle finestre è in metallo.

In classe si utilizza sia una lavagna interattiva multimediale (LIM) sia una lavagna con gesso; la presenza e l'uso di questa lavagna fanno sì che l'aula risulti piuttosto polverosa. Durante le attività scolastiche i bambini utilizzano colle, vernici, smalti e sostanze che emanano un odore irritante. Queste sostanze sono conservate in contenitori normali (non a tenuta stagna) che vengono però tenuti fuori dall'aula. Al momento dell'utilizzo di queste sostanze irritanti si prende l'accorgimento di aprire le finestre per diminuire la sensazione di disagio.

In classe non vengono tenute piante.

L'insegnante di riferimento e i bambini riferiscono che a volte, durante la stagione fredda, ci sono giorni in cui in classe fa così caldo da provocare disagio, in ragione del fatto che il riscaldamento è tenuto troppo alto. Parimenti, anche durante la stagione calda spesso in classe fa così caldo da provocare disagio, a causa del fatto che l'edificio è sprovvisto sia di aria condizionata sia di ventilazione meccanica; inoltre, in estate il sole colpisce direttamente alcuni dei banchi.

L'aula viene pulita una volta al giorno, al pomeriggio dopo il termine delle lezioni, utilizzando una scopa per spazzare i pavimenti ed un mocio per lavarli. Durante le pulizie in genere le finestre rimangono aperte.

In generale, il livello di illuminazione naturale e artificiale nell'aula viene percepito come nella media, mentre il livello di rumorosità nelle aule da sorgenti esterne, la qualità dell'aria all'interno delle aule e all'esterno della scuola e il livello di pulizia delle classi sono percepiti come piuttosto scarsi. In particolare, il personale interpellato attribuisce la scarsa qualità dell'aria indoor al sovraffollamento dell'aula, che di norma ospita per 6 ore al giorno 25 alunni. Lo stato generale dell'aula (muri, pareti, arredi) è percepito come pessimo, in quanto i muri riportano macchie di umidità; mentre il livello di comfort nell'aula è mediocre.

### **Scuola primaria Gianni Rodari**

La Scuola Primaria Gianni Rodari è localizzata nella città di Torino in via Piacenza 16, nel quartiere Mirafiori Sud. È gestita dal Comune di Torino.

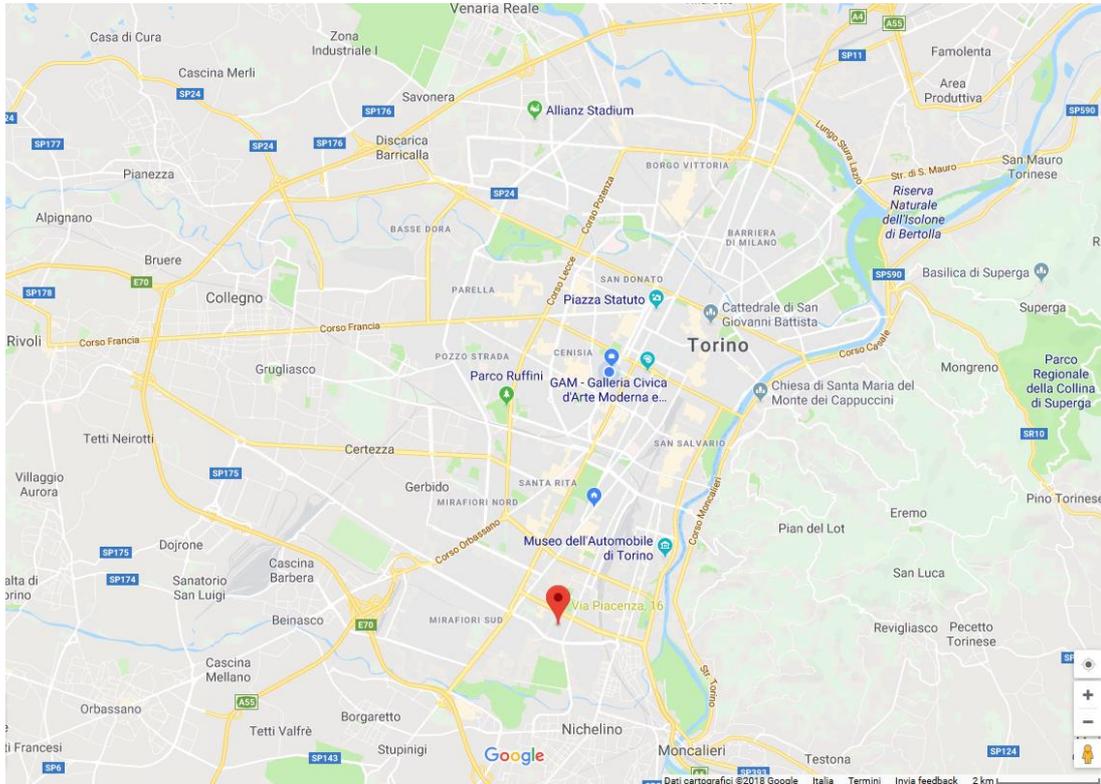


Figura 14. Localizzazione della scuola Gianni Rodari nella città di Torino

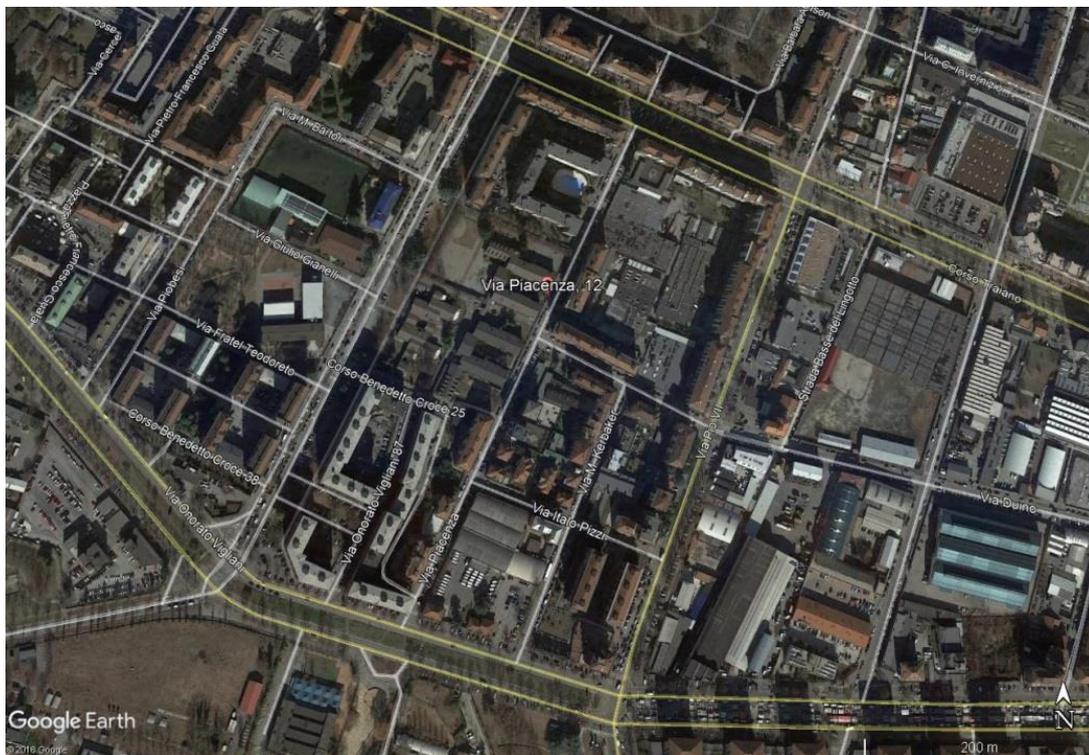


Figura 15. Localizzazione della scuola Gianni Rodari nell'ambito del quartiere



Figura 16. La scuola Primaria Gianni Rodari

Come mostrano le immagini, la scuola è localizzata entro un reticolo di vie interne, ad alta densità di edifici e con un traffico moderato e con regime di percorrenza di tipo urbano (limite di velocità 50 km/h o inferiore). Si trova, tuttavia, a poca distanza da arterie stradali ad alto scorrimento e a traffico elevato: corso Traiano, corso Maroncelli, piazza Bengasi, corso Unione Sovietica, ossia le direttrici principali per imboccare la tangenziale sud di Torino. Di conseguenza, l'edificio scolastico è esposto all'inquinamento atmosferico generato dal traffico pesante che si sviluppa nelle vicinanze.

Questo elemento è molto rilevante nell'analisi dell'edificio scolastico, il quale dispone anche di un cortile esterno che viene utilizzato dagli allievi per giocare durante l'intervallo e dopo la scuola. Questo significa che i bambini sono potenzialmente esposti a livelli talvolta elevati di inquinanti dell'aria sia quando si trovano all'esterno della scuola sia in classe.

L'edificio, costituito da 2 piani fuori terra e un piano interrato, è stato costruito nel 1961 ed è realizzato in mattoni e cemento. Non sono presenti nell'edificio componenti di amianto o di piombo.

Recentemente (nel 2011-2012) è stato sottoposto ad interventi di ristrutturazione che hanno interessato le componenti di illuminazione, gli infissi e le aule. È riscaldato tramite riscaldamento centralizzato (teleriscaldamento con radiatori in ghisa), non è dotato di aria condizionata né di ventilazione meccanica.

Gli insegnanti e il personale scolastico interpellati per conoscere le caratteristiche strutturali della scuola riferiscono che a volte avvertono odore di muffa o di umidità nei locali della scuola, in particolare nei corridoi e nel seminterrato. Quest'ultimo risulta anche essere un locale molto polveroso. In più, saltuariamente, si sono verificati episodi di perdite idriche dai bagni che hanno determinato piccoli danni. Nella sala mensa, nel seminterrato e nella sala teatro ci sono inoltre segni visibili di danni derivanti da un'eccessiva umidità, come macchie e segni di condensa di acqua.

Le aule vengono generalmente ripulite nel pomeriggio, al termine delle lezioni; una pulizia più approfondita dei locali viene svolta all'incirca una volta all'anno. Per le pulizie dei pavimenti e dei banchi vengono utilizzate sostanze chimiche. A volte, all'interno dell'edificio, sono stati avvistati degli scarafaggi.



In generale, il livello di illuminazione naturale e artificiale nelle aule viene percepito come molto soddisfacente, mentre il livello di rumorosità da sorgenti esterne nelle aule, la qualità dell'aria all'interno delle aule e all'esterno della scuola e il livello di pulizia delle classi sono percepiti come piuttosto scarsi. Lo stato generale dell'edificio scolastico viene percepito come mediocre.

La classe coinvolta nel progetto InAirQ è la classe 4 E. L'aula, che ha una superficie di 50,61 m<sup>2</sup> e soffitti alti 3 m, è situata al piano terra, è orientata a Sud-Est e si affaccia sul cortile della scuola. I pavimenti sono in piastrelle e pavimenti e soffitti sono stati ridipinti l'ultima volta nel 2012/2013 utilizzando vernici idrosolubili. Gli arredi risalgono al 2000; i banchi sono realizzati in legno e compensato.

L'estensione delle finestre è di 8 m<sup>2</sup>; nel periodo caldo, esse vengono aperte in ogni cambio dell'ora tra una lezione e quella successiva. Durante le lezioni, sempre nel periodo estivo, rimane aperto circa il 30% delle finestre. Il telaio delle finestre è in alluminio.

In classe si utilizza sia una lavagna interattiva multimediale (LIM) sia una lavagna con gesso; la presenza e l'uso di questa lavagna fanno sì che l'aula risulti piuttosto polverosa. Durante le attività scolastiche i bambini utilizzano colle, vernici, smalti e sostanze che emanano un odore irritante. Queste sostanze sono conservate in contenitori normali (non a tenuta stagna) che vengono però tenuti fuori dall'aula. Al momento dell'utilizzo di queste sostanze irritanti si prende l'accorgimento di aprire le finestre per diminuire la sensazione di disagio. In classe vengono tenute due piccole piante.

L'insegnante di riferimento e i bambini riferiscono che a volte, durante la stagione fredda, ci sono giorni in cui in classe fa così caldo da provocare disagio, in ragione del fatto che il riscaldamento è tenuto troppo alto. Parimenti, anche durante la stagione calda ci sono giorni in cui in classe fa così caldo da provocare disagio, a causa del fatto che l'edificio è sprovvisto sia di aria condizionata sia di ventilazione meccanica; inoltre, in estate il sole colpisce direttamente alcuni dei banchi.

L'aula viene pulita una volta al giorno, al pomeriggio dopo il termine delle lezioni, utilizzando un mocio per lavare i pavimenti. Durante le pulizie in genere le finestre rimangono aperte.

In generale, il livello di illuminazione naturale e artificiale nell'aula viene percepito come molto soddisfacente, mentre il livello di rumorosità nelle aule da sorgenti esterne, la qualità dell'aria all'interno delle aule e all'esterno della scuola e il livello di pulizia delle classi sono percepiti come piuttosto scarsi. In particolare, il personale interpellato attribuisce la scarsa qualità dell'aria indoor al sovraffollamento dell'aula, che di norma ospita per 8 ore al giorno 25 alunni e 1-2 insegnanti. Lo stato generale dell'aula (muri, pareti, arredi) percepito come mediocre, mentre il livello di comfort nell'aula è medio.

### **Scuola secondaria Giovanni Battista Viotti**

La Scuola Secondaria Giovanni Battista Viotti è localizzata nella città di Torino in corso Vercelli 141/6, nel quartiere Barriera di Milano. È gestita dal Comune di Torino.

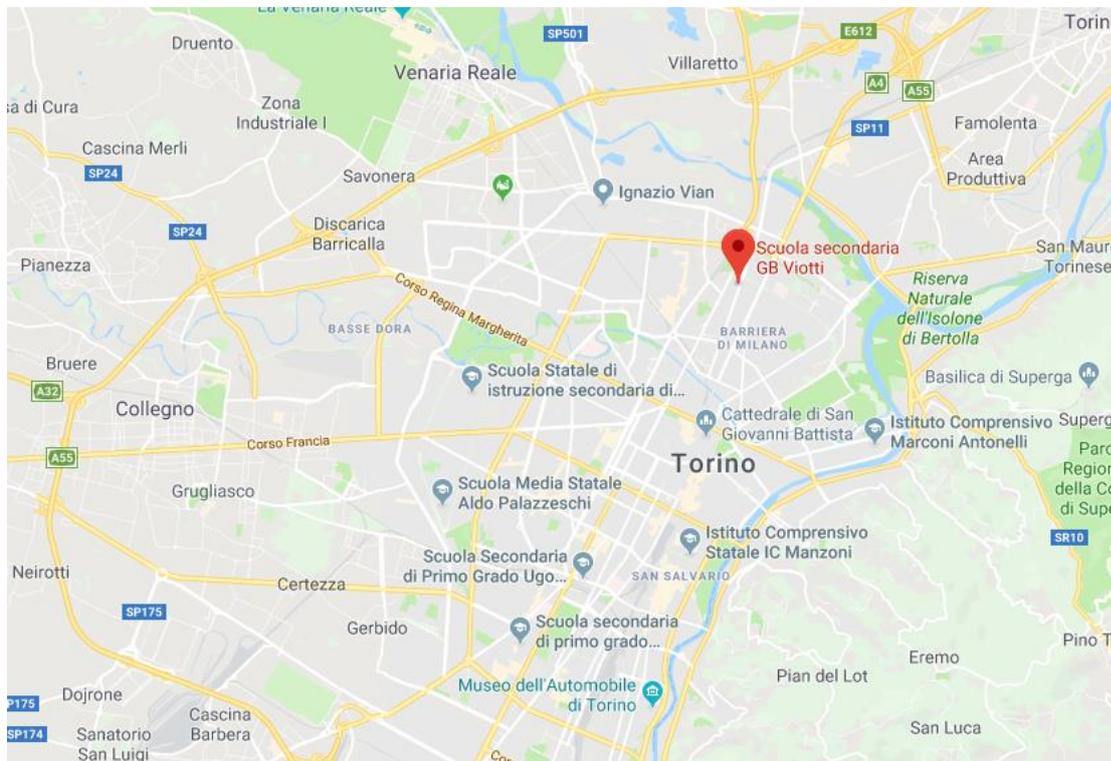


Figura 17. Localizzazione della scuola Secondaria Giovanni Battista Viotti nella città di Torino

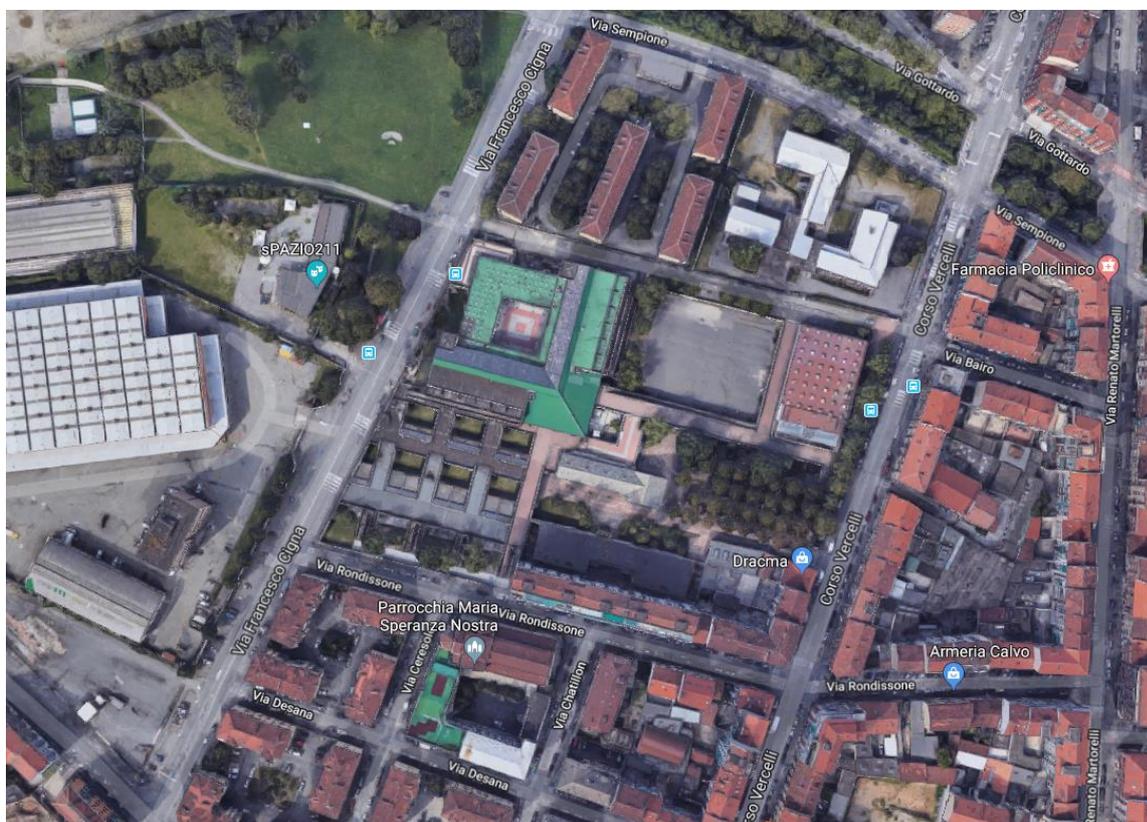
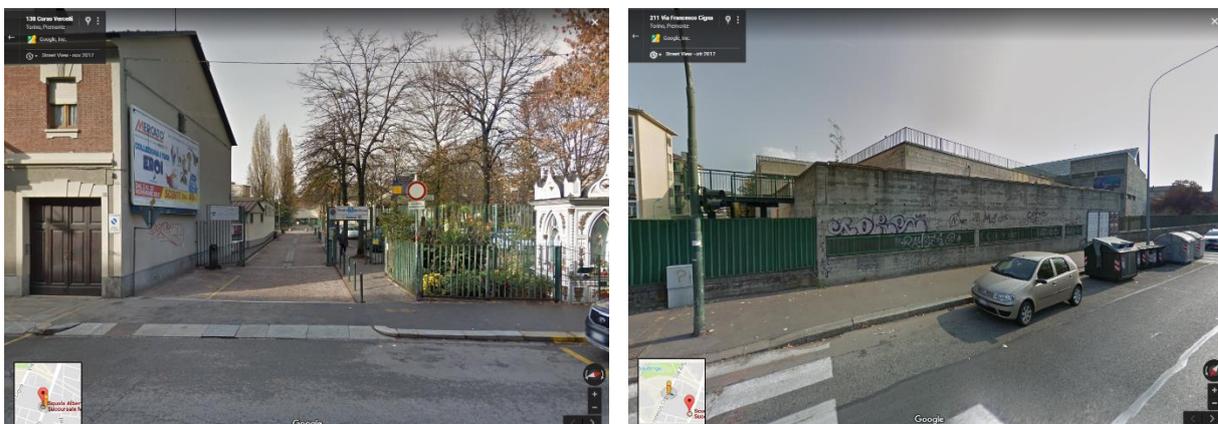


Figura 18. Localizzazione della scuola Secondaria Giovanni Battista Viotti nell'ambito del quartiere



**Figura 19. La scuola Secondaria Giovanni Battista Viotti**

Come mostrano le immagini, la scuola è localizzata entro un reticolo di vie interne, ad alta densità di edifici e con un traffico moderato e con regime di percorrenza di tipo urbano (limite di velocità 50 km/h o inferiore). Si trova, tuttavia, a poca distanza da un'arteria stradale ad alto scorrimento e a traffico elevato: corso Grosseto. Di conseguenza, l'edificio scolastico è esposto all'inquinamento atmosferico generato dal traffico pesante che si sviluppa nelle vicinanze.

Questo elemento è molto rilevante nell'analisi dell'edificio scolastico, il quale dispone anche di un cortile esterno che viene utilizzato dagli allievi durante la lezione di educazione fisica. Questo significa che i bambini sono potenzialmente esposti a livelli talvolta elevati di inquinanti dell'aria sia quando si trovano all'esterno della scuola sia in classe.

L'edificio, costituito da 3 piani, è realizzato in mattoni, cemento, acciaio e lamiera. Non sono presenti nell'edificio componenti di amianto o di piombo.

Durante gli ultimi 5 anni è stato sottoposto ad interventi di ristrutturazione che hanno interessato il sistema idrico, gli infissi e l'isolamento. È riscaldato tramite riscaldamento centralizzato (teleriscaldamento con radiatori in ghisa), non è dotato di aria condizionata né di ventilazione meccanica.

Gli insegnanti e il personale scolastico interpellati per conoscere le caratteristiche strutturali della scuola riferiscono che a volte avvertono odore di muffa o di umidità nei locali della scuola, in particolare in un corridoio di passaggio. Negli archivi della scuola, localizzati nel seminterrato persiste il problema della polvere. Pur non essendosi mai verificati episodi di perdite idriche dai bagni, sono visibili in quasi tutta la scuola segni visibili di danni da eccessiva umidità, come macchie e segni di condensa d'acqua: le aule, i bagni, la palestra, i corridoi, l'aula mensa, il seminterrato e gli uffici sono tutte zone colpite da questo fenomeno.

Le aule vengono generalmente ripulite nel pomeriggio, al termine delle lezioni; una pulizia più approfondita dei locali viene svolta all'incirca ogni sei mesi. Per le pulizie dei pavimenti e dei banchi vengono utilizzate sostanze chimiche. A volte, all'interno dell'edificio, sono stati avvistati degli scarafaggi.



In generale, il livello di illuminazione naturale e artificiale nelle aule viene percepito come molto soddisfacente, mentre il livello di rumorosità da sorgenti esterne nelle aule, la qualità dell'aria all'interno delle aule e all'esterno della scuola e il livello di pulizia delle classi sono percepiti come discreti. Lo stato generale dell'edificio scolastico viene percepito come mediocre.

La classe coinvolta nel progetto InAirQ è la classe 3 C. L'aula, che ha una superficie di 50 m<sup>2</sup> e soffitti alti 3,5 m, è situata al piano terra, è orientata ad Est e si affaccia sul cortile della scuola. I pavimenti sono in cemento e i pavimenti sono stati ridipinti l'ultima volta nel Dicembre 2015 utilizzando vernici idrosolubili, mentre i soffitti sono rivestiti da pannelli di cartongesso. I banchi sono realizzati in truciolato e metallo.

L'estensione delle finestre è di 9 m<sup>2</sup>; nel periodo caldo, esse vengono aperte in ogni cambio dell'ora tra una lezione e quella successiva. Durante le lezioni, sempre nel periodo estivo, rimane aperto circa il 15% delle finestre. Il telaio delle finestre è in metallo.

In classe si utilizza una lavagna con gesso; la presenza e l'uso di questa lavagna fanno sì che l'aula risulti piuttosto polverosa. Durante le attività scolastiche i bambini non utilizzano colle, vernici, smalti e sostanze che emanano un odore irritante

In classe non vengono tenute alcune piante.

L'insegnante di riferimento e i bambini riferiscono che a volte, durante la stagione fredda, ci sono giorni in cui in classe fa così freddo da provocare disagio, in ragione del fatto che il riscaldamento è tenuto troppo basso. Anche durante la stagione calda ci sono giorni in cui in classe fa così caldo da provocare disagio, a causa del fatto che l'edificio è sprovvisto sia di aria condizionata sia di ventilazione meccanica; inoltre, in estate il sole colpisce direttamente alcuni dei banchi.

L'aula viene pulita una volta al giorno, al pomeriggio dopo il termine delle lezioni, utilizzando una scopa per spazzare i pavimenti ed un mocio per lavarli. Durante le pulizie in genere le finestre rimangono aperte.

In generale, il livello di illuminazione naturale e artificiale nell'aula viene percepito come molto soddisfacente, mentre il livello di rumorosità nelle aule da sorgenti esterne, la qualità dell'aria all'interno delle aule e all'esterno della scuola e il livello di pulizia delle classi sono percepiti come discretamente buoni. Lo stato generale dell'aula (muri, pareti, arredi) percepito come buono, mentre il livello di comfort nell'aula è discreto.

#### **IT-07 - Scuola primaria Alessandro Antonelli**

La Scuola Primaria Alessandro Antonelli è localizzata nella città di Torino in via Vezzolano 20, nel quartiere Vanchiglietta. È gestita dal Comune di Torino.



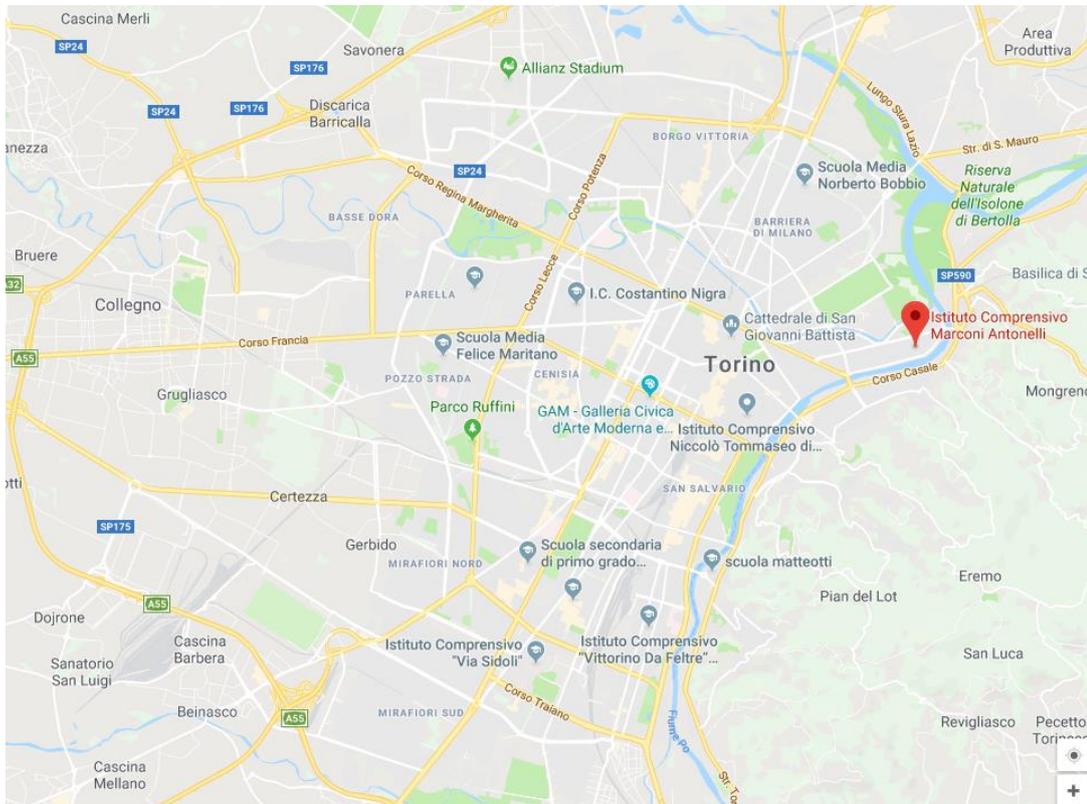


Figura 20. Localizzazione della scuola Primaria Alessandro Antonelli nella città di Torino

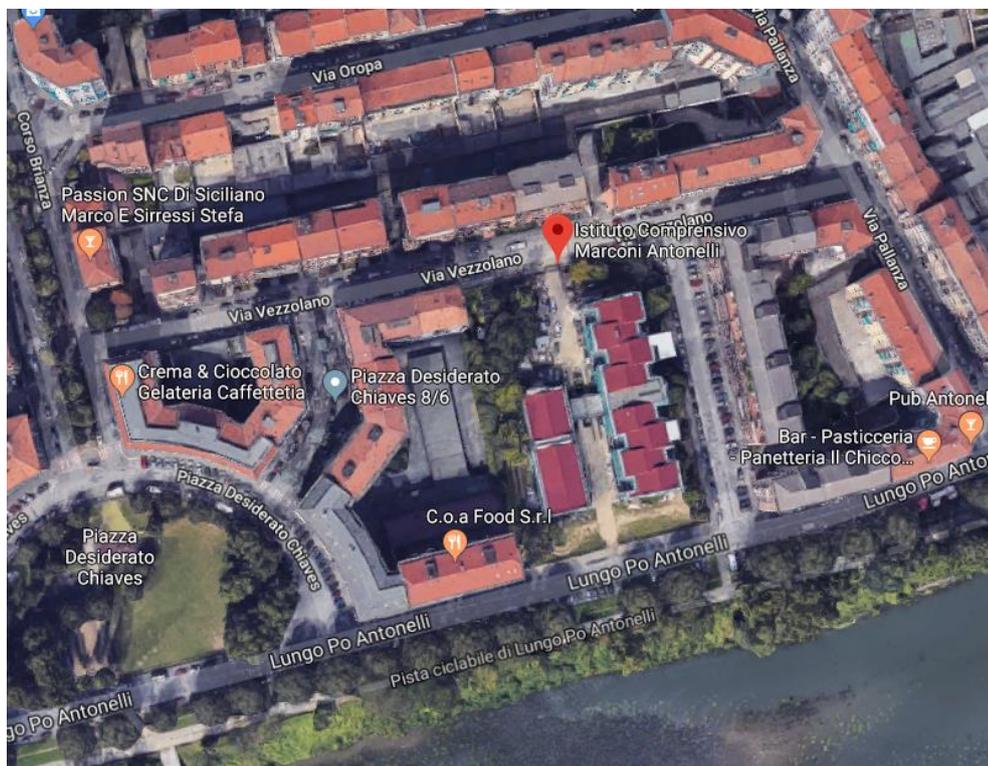
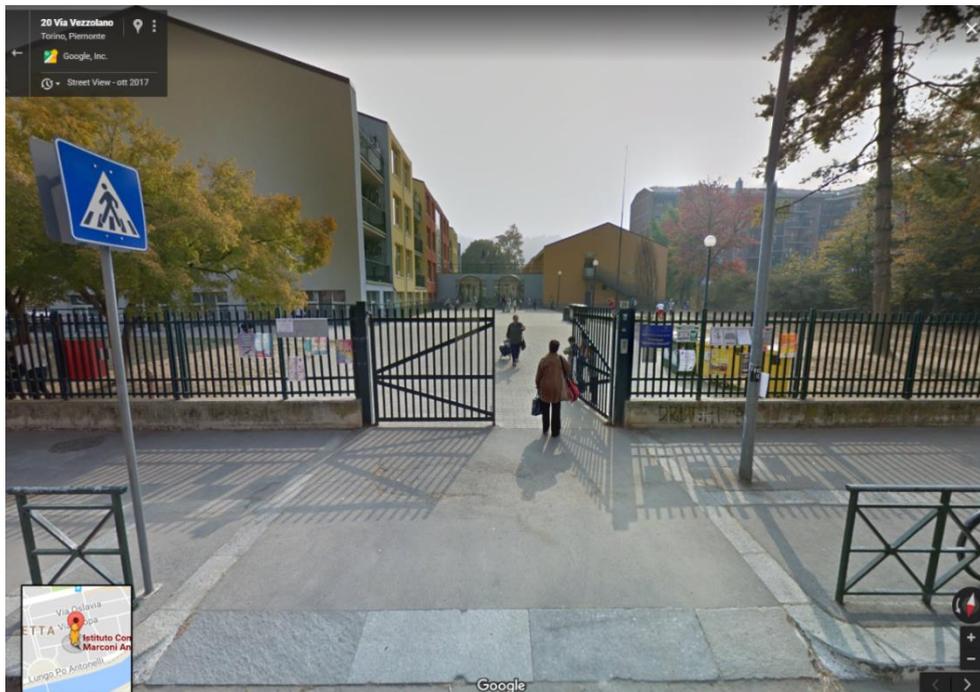


Figura 21. Localizzazione della scuola Primaria Alessandro Antonelli nell'ambito del quartiere



**Figura 22. La scuola Primaria Alessandro Antonelli**

Come mostrano le immagini, la scuola è localizzata entro un reticolo di vie interne, ad alta densità di edifici e con un traffico moderato e con regime di percorrenza di tipo urbano (limite di velocità 50 km/h o inferiore). Si trova, tuttavia, a poca distanza sia da arterie stradali ad alto scorrimento e a traffico elevato (corso Belgio e corso Casale) sia dal fiume Po e dal suo affluente Dora Riparia. Di conseguenza, l'edificio scolastico è esposto sia all'inquinamento atmosferico che all'umidità.

Questo elemento è molto rilevante nell'analisi dell'edificio scolastico, il quale dispone anche di un cortile esterno che viene utilizzato dagli allievi per giocare durante l'intervallo e per attività didattiche. Questo significa che i bambini sono potenzialmente esposti a livelli talvolta elevati di inquinanti dell'aria sia quando si trovano all'esterno della scuola sia in classe.

L'edificio, costituito da 5 piani, è stato costruito nel 1968 ed è realizzato in mattoni e cemento. Non sono presenti nell'edificio componenti di amianto o di piombo.

Durante gli ultimi 5 anni è stato sottoposto ad interventi di ristrutturazione che hanno interessato gli infissi e l'impianto di isolamento. È riscaldato tramite riscaldamento centralizzato (teleriscaldamento con radiatori in ghisa), è dotato di ventilazione meccanica, ma non di aria condizionata.

Gli insegnanti e il personale scolastico interpellati per conoscere le caratteristiche strutturali della scuola riferiscono che a volte avvertono odore di muffa o di umidità nei locali della scuola, in particolare nei bagni, nei corridoi e nel seminterrato. In più, si sono verificati ogni anno a partire dal 2012 episodi di perdite idriche dai bagni che hanno determinato piccoli danni. Nella sala mensa, nel seminterrato, nel laboratorio di informatica, nei bagni e nei corridoi ci sono inoltre segni visibili di danni derivanti da un'eccessiva umidità, come macchie e segni di condensa di acqua.



Le aule vengono generalmente ripulite nel pomeriggio, al termine delle lezioni; una pulizia più approfondita dei locali viene svolta all'incirca una volta ogni sei mesi. Per le pulizie dei pavimenti e dei banchi vengono utilizzate sostanze chimiche. A volte, all'interno dell'edificio, sono stati avvistati degli scarafaggi.

In generale, il livello di illuminazione naturale e artificiale nelle aule, il livello di rumorosità da sorgenti esterne nelle aule, la qualità dell'aria all'interno delle aule e all'esterno della scuola vengono percepiti come molto soddisfacenti, mentre il livello di pulizia delle classi sono percepiti come mediocre. Lo stato generale dell'edificio scolastico viene percepito come discreto.

La classe coinvolta nel progetto InAirQ è la classe 3 C. L'aula, che ha una superficie di 41,6 m<sup>2</sup> e soffitti alti 3,30 m, è situata al secondo piano, è orientata a Sud-Ovest e si affaccia sul cortile della scuola. I pavimenti sono in piastrelle e pavimenti e soffitti sono stati ridipinti l'ultima volta nel Luglio 2015 utilizzando vernici idrosolubili. Gli arredi risalgono agli anni '80, mentre i banchi, che sono realizzati in compensato, metallo e laminato plastico, risalgono al 2016.

L'estensione delle finestre è di 13,1 m<sup>2</sup>; nel periodo caldo, esse vengono aperte in ogni cambio dell'ora tra una lezione e quella successiva. Durante le lezioni, sempre nel periodo estivo, rimane aperto circa il 100% delle finestre. Il telaio delle finestre è in metallo.

In classe si utilizza sia una lavagna interattiva multimediale (LIM) sia una lavagna con gesso; la presenza e l'uso di questa lavagna fanno sì che l'aula risulti piuttosto polverosa. Durante le attività scolastiche i bambini utilizzano colle, vernici, smalti e sostanze che emanano un odore irritante. Queste sostanze sono conservate in contenitori normali (non a tenuta stagna) che vengono tenuti dentro all'aula. Al momento dell'utilizzo di queste sostanze irritanti non si prende alcun tipo di accorgimento per diminuire la sensazione di disagio. In classe non vengono tenute alcune piante.

L'insegnante di riferimento e i bambini riferiscono che spesso, durante la stagione fredda, ci sono giorni in cui in classe fa così caldo da provocare disagio, in ragione del fatto che il riscaldamento è tenuto troppo alto. Parimenti, anche durante la stagione calda ci sono giorni in cui in classe fa così caldo da provocare disagio, a causa del fatto che l'edificio è sprovvisto di aria condizionata; inoltre, in estate il sole colpisce direttamente alcuni dei banchi.

L'aula viene pulita una volta al giorno, al pomeriggio dopo il termine delle lezioni, utilizzando un mocio per lavare i pavimenti. Durante le pulizie in genere le finestre rimangono aperte.

In generale, il livello di illuminazione naturale e artificiale nell'aula, il livello di rumorosità nelle aule da sorgenti esterne vengono percepiti come molto soddisfacenti, mentre, la qualità dell'aria all'interno delle aule e all'esterno della scuola e il livello di pulizia delle classi e la temperatura sono percepiti come piuttosto scarsi. In particolare, il personale interpellato attribuisce la scarsa qualità dell'aria indoor al sovraffollamento dell'aula, che di norma ospita per 8 ore al giorno 24 alunni e 1-2 insegnanti. Lo stato generale dell'aula (muri, pareti, arredi) percepito come piuttosto basso, mentre il livello di comfort nell'aula è scarso.

## Scuola primaria Michele Lessona

La Scuola primaria “Michele Lessona” è localizzata nella città di Torino in corso Regio Parco 19, nel quartiere Aurora. È gestita dal Comune di Torino.

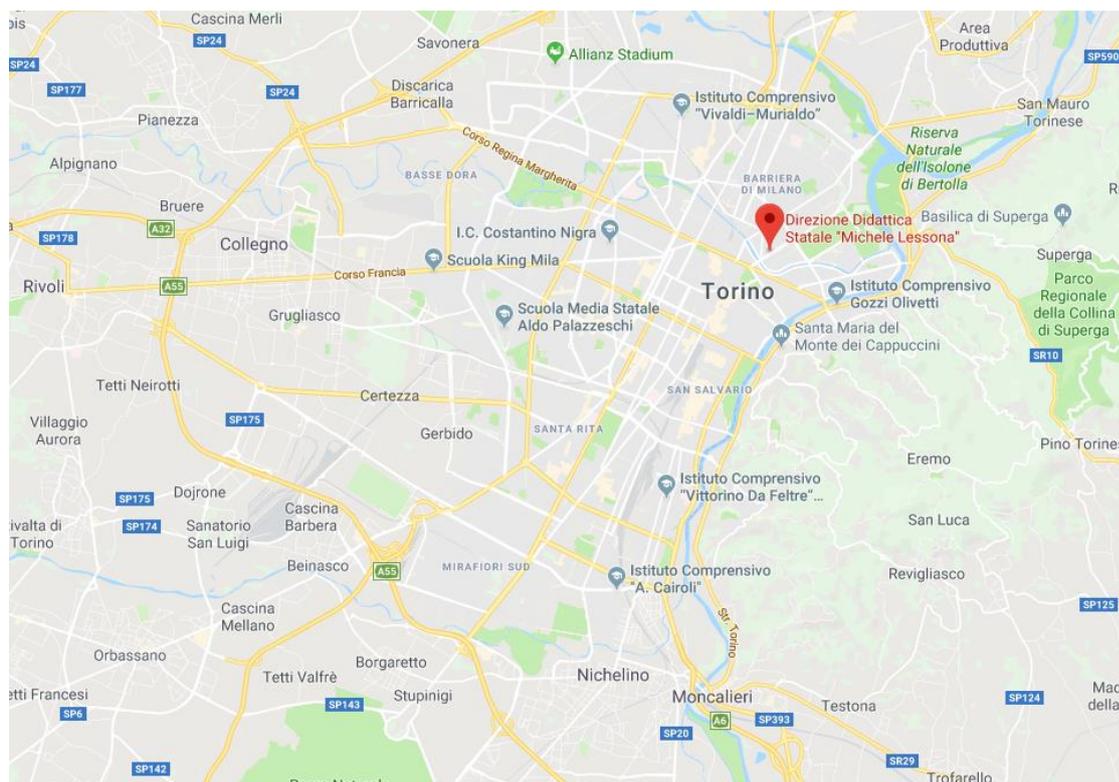


Figura 23. Localizzazione della scuola primaria “Michele Lessona” nella città di Torino

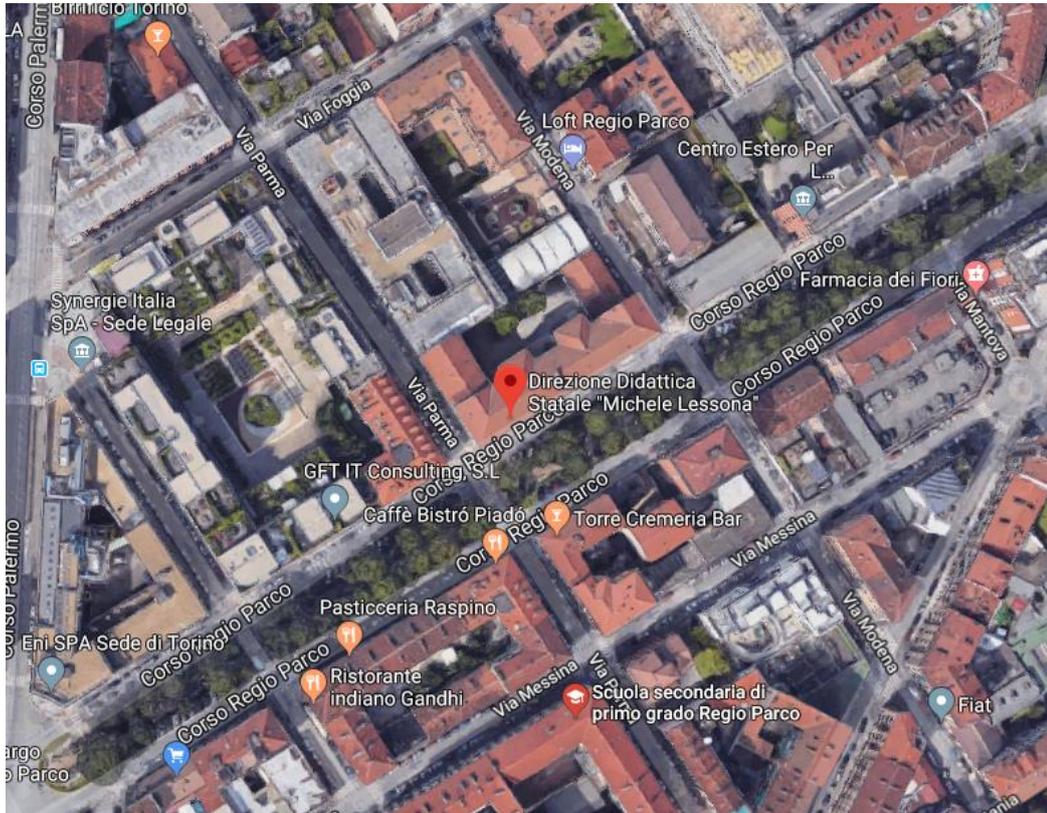


Figura 24. Localizzazione della scuola primaria “Michele Lessona” nell’ambito del quartiere



Figura 25. La scuola primaria “Michele Lessona”



Come mostrano le immagini, la scuola è localizzata entro un reticolo di vie interne, ad alta densità di edifici e con un traffico moderato e con regime di percorrenza di tipo urbano (limite di velocità 50 km/h o inferiore). Si trova, tuttavia, non solo a poca distanza da un'arteria stradale ad alto scorrimento e a traffico elevato come corso Regina Margherita, ma anche dal fiume Doro Riparia. Di conseguenza, l'edificio scolastico è esposto sia all'inquinamento atmosferico generato dal traffico pesante che si sviluppa nelle vicinanze, che all'umidità dovuta alla prossimità del fiume.

Questo elemento è molto rilevante nell'analisi dell'edificio scolastico, il quale dispone anche di un cortile esterno che viene utilizzato dagli allievi per giocare durante la pausa pranzo. Questo significa che i bambini sono potenzialmente esposti a livelli talvolta elevati di inquinanti dell'aria sia quando si trovano all'esterno della scuola sia in classe. Inoltre, la vicinanza dell'edificio scolastico con un'officina meccanica potrebbe compromettere la qualità dell'aria dell'ambiente scolastico interno.

L'edificio, costituito da 4 piani fuori terra e un piano interrato, è stato costruito nel 1923 ed è realizzato in mattoni e cemento. Non sono presenti nell'edificio componenti di amianto, ma i tubi dell'acqua sono stati realizzati in piombo e l'edificio è situato in una zona interessata dalla presenza di radon.

È riscaldato tramite riscaldamento centralizzato (teleriscaldamento con radiatori in ghisa), non è dotato di aria condizionata né di ventilazione meccanica.

Gli insegnanti e il personale scolastico interpellati per conoscere le caratteristiche strutturali della scuola riferiscono che a volte avvertono odore di muffa o di umidità nei locali della scuola, in particolare nel seminterrato. Quest'ultimo risulta anche essere un locale molto polveroso, insieme alla palestra. In più, saltuariamente, si sono verificati episodi di perdite idriche dai bagni che hanno determinato piccoli danni. Nella palestra, nei corridoi, nelle aule, nei bagni, nel seminterrato e negli uffici ci sono inoltre segni visibili di danni derivanti da un'eccessiva umidità, come macchie e segni di condensa di acqua.

Le aule vengono generalmente ripulite nel pomeriggio, al termine delle lezioni; una pulizia più approfondita dei locali viene svolta all'incirca una volta ogni tre mesi. Per le pulizie dei pavimenti e dei banchi vengono utilizzate sostanze chimiche.

In generale, il livello di illuminazione naturale e artificiale nelle aule viene percepito come molto soddisfacente, mentre il livello di rumorosità da sorgenti esterne nelle aule, la qualità dell'aria all'interno delle aule e all'esterno della scuola e il livello di pulizia delle classi sono percepiti come piuttosto scarsi. Lo stato generale dell'edificio scolastico viene percepito come basso.

La classe coinvolta nel progetto InAirQ è la classe 4 B. L'aula, che ha una superficie di 52 m<sup>2</sup> e soffitti alti 4 m, è situata al secondo piano, è orientata a Sud-Est e si affaccia alla strada. I pavimenti sono in piastrelle e pavimenti e soffitti sono stati ridipinti l'ultima volta nel Maggio 2009 utilizzando vernici idrosolubili. Gli arredi risalgono al 1996; i banchi sono realizzati in legno, compensato, metallo e laminato plastico. L'estensione delle finestre è di 12 m<sup>2</sup>; nel periodo caldo, esse vengono aperte in ogni cambio dell'ora tra una lezione e quella successiva. Durante le lezioni, sempre nel periodo estivo, rimane aperto circa il 100% delle finestre. Il telaio delle finestre è in alluminio.



In classe si utilizza una lavagna con gesso; la presenza e l'uso di questa lavagna fanno sì che l'aula risulti molto polverosa. Durante le attività scolastiche i bambini utilizzano colle, vernici, smalti e sostanze che emanano un odore irritante. Queste sostanze sono conservate in contenitori normali (non a tenuta stagna) che vengono all'interno dell'aula. Al momento dell'utilizzo di queste sostanze irritanti non si prende alcun accorgimento per diminuire la sensazione di disagio. In classe vengono tenute una piccola pianta. L'insegnante di riferimento e i bambini riferiscono che a volte, durante la stagione calda ci sono giorni in cui in classe fa così caldo da provocare disagio, a causa del fatto che l'edificio è sprovvisto sia di aria condizionata sia di ventilazione meccanica; inoltre, in estate il sole colpisce direttamente alcuni dei banchi. L'aula viene pulita una volta al giorno, al pomeriggio dopo il termine delle lezioni, utilizzando una scopa per spazzare i pavimenti ed un mocio per lavarli. Durante le pulizie in genere le finestre rimangono aperte. In generale, il livello di illuminazione naturale e artificiale nell'aula viene percepito come molto soddisfacente, mentre il livello di rumorosità nelle aule da sorgenti esterne, la qualità dell'aria all'interno delle aule e all'esterno della scuola e il livello di pulizia delle classi sono percepiti come piuttosto scarsi. In particolare, il personale interpellato attribuisce la scarsa qualità dell'aria indoor alla polvere e di conseguenza alla scarsa pulizia. Lo stato generale dell'aula (muri, pareti, arredi) percepito come mediocre, mentre il livello di comfort nell'aula è medio.

### Scuola Primaria Aristide Gabelli

La Scuola primaria "Aristide Gabelli" è localizzata nella città di Torino in via Santhià 25, nel quartiere Barriera di Milano. È gestita dal Comune di Torino.

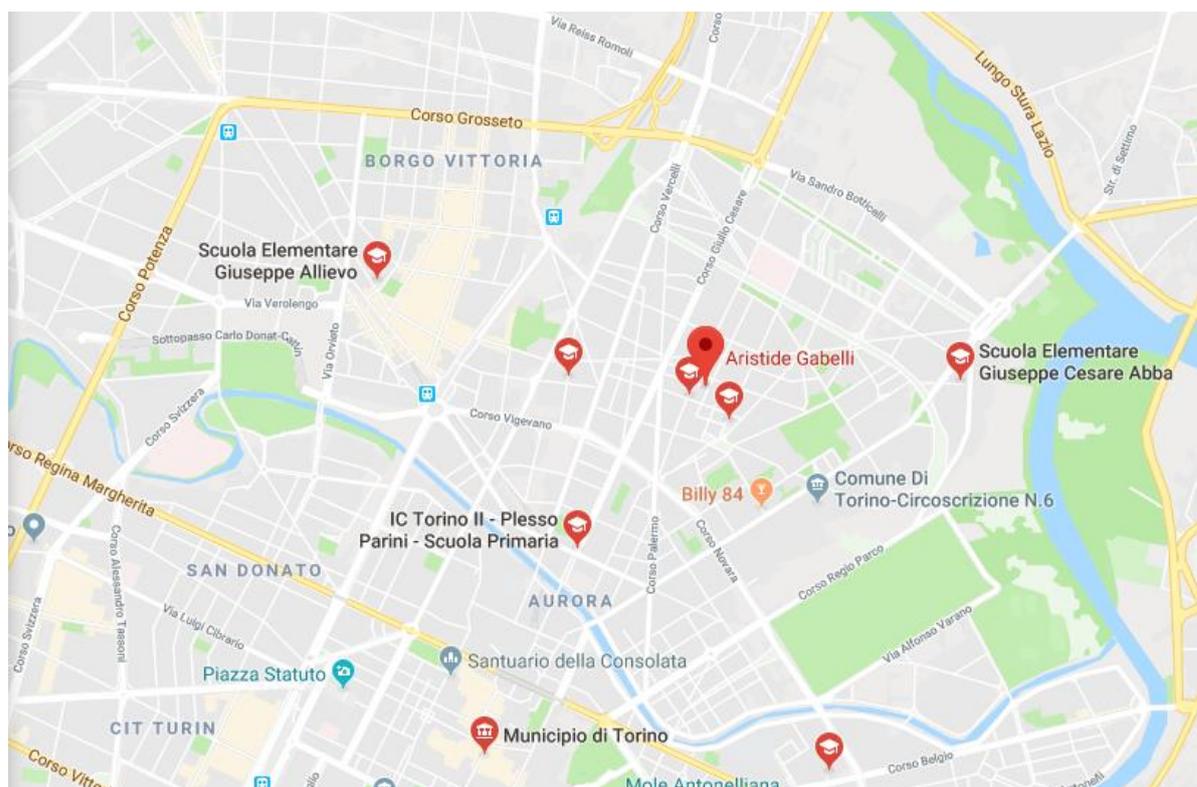


Figura 26. Localizzazione della scuola primaria "Aristide Gabelli" nella città di Torino







Come mostrano le immagini, la scuola è localizzata entro un reticolo di vie interne, ad alta densità di edifici e con un traffico moderato e con regime di percorrenza di tipo urbano (limite di velocità 50 km/h o inferiore). Di conseguenza, l'edificio scolastico è esposto all'inquinamento atmosferico generato dal traffico pesante che si sviluppa nelle vicinanze.

Questo elemento è molto rilevante nell'analisi dell'edificio scolastico, il quale dispone anche di un cortile esterno che viene utilizzato dagli allievi per giocare, fare sport e riposare durante l'intervallo e dopo la scuola. Questo significa che i bambini sono potenzialmente esposti a livelli talvolta elevati di inquinanti dell'aria sia quando si trovano all'esterno della scuola sia in classe.

L'edificio, costituito da 3 piani fuori terra e un piano interrato, è stato costruito nel 1924 ed è realizzato in mattoni, cemento e legno. Non sono presenti nell'edificio componenti di amianto o di piombo.

Durante gli ultimi cinque anni è stato sottoposto ad interventi di ristrutturazione che hanno interessato le componenti elettriche, il sistema di isolamento. È riscaldato tramite riscaldamento centralizzato (teleriscaldamento con radiatori in ghisa), non è dotato di aria condizionata e la ventilazione meccanica è presente solo negli uffici.

Gli insegnanti e il personale scolastico interpellati per conoscere le caratteristiche strutturali della scuola riferiscono che il seminterrato risulta essere un locale molto polveroso. Sebbene non si siano mai verificati episodi di danni causati dall'acqua, sono evidenti segni visibili di eccessiva umidità sia nei bagni che negli archivi.

Le aule vengono generalmente ripulite nel pomeriggio, al termine delle lezioni; una pulizia più approfondita dei locali viene svolta all'incirca una volta ogni tre mesi. Per le pulizie dei pavimenti e dei banchi vengono utilizzate sostanze chimiche. A volte, all'interno dell'edificio, sono stati avvistati degli scarafaggi.

In generale, il livello di illuminazione naturale e artificiale nelle aule e la qualità dell'aria indoor e outdoor vengono percepiti come soddisfacenti, mentre il livello di rumorosità da sorgenti esterne nelle aule e il livello di pulizia delle classi sono percepiti come discreti. Lo stato generale dell'edificio scolastico viene percepito come nella media.

La classe coinvolta nel progetto InAirQ è la classe 4 D. L'aula, che ha una superficie di circa 55 m<sup>2</sup> e soffitti alti 4,5 m, è situata al secondo piano, è orientata a Ovest e si affaccia sul cortile della scuola. I pavimenti sono in linoleum e soffitti sono stati dipinti utilizzando vernici idrosolubili e intonaco. I banchi sono realizzati in metallo, laminato plastico e compensato.

L'estensione delle finestre è di 10,5 m<sup>2</sup>; nel periodo caldo, esse vengono aperte in ogni cambio dell'ora tra una lezione e quella successiva. Durante le lezioni, sempre nel periodo estivo, rimane aperto circa il 30% delle finestre. Il telaio delle finestre è in legno.

In classe si utilizza una lavagna con gesso; la presenza e l'uso di questa lavagna fanno sì che l'aula risulti piuttosto polverosa. Durante le attività scolastiche i bambini non utilizzano colle, vernici, smalti e sostanze che emanano un odore irritante. In classe non vengono tenute alcune piante.



L'insegnante di riferimento e i bambini riferiscono che a volte, durante la stagione fredda, ci sono giorni in cui in classe fa così freddo da provocare disagio, in ragione del fatto che il riscaldamento è tenuto troppo basso.

L'aula viene pulita una volta al giorno, al pomeriggio dopo il termine delle lezioni, utilizzando una scopa per spazzare i pavimenti ed un mocio per lavarli. Durante le pulizie in genere le finestre rimangono aperte.

In generale, il livello di illuminazione naturale e artificiale nell'aula viene percepito come molto soddisfacente, mentre il livello di rumorosità nelle aule da sorgenti esterne, la qualità dell'aria all'interno delle aule e all'esterno della scuola e il livello di pulizia delle classi sono percepiti come discreti. Lo stato generale dell'aula (muri, pareti, arredi) percepito come nella media, mentre il livello di comfort nell'aula è abbastanza buono.

### Scuola primaria Giuseppe Mazzini

La Scuola primaria "Giuseppe Mazzini" è localizzata nella città di Torino in Corso Orbassano 155/A, nel quartiere Mirafiori Nord. È gestita dal Comune di Torino.

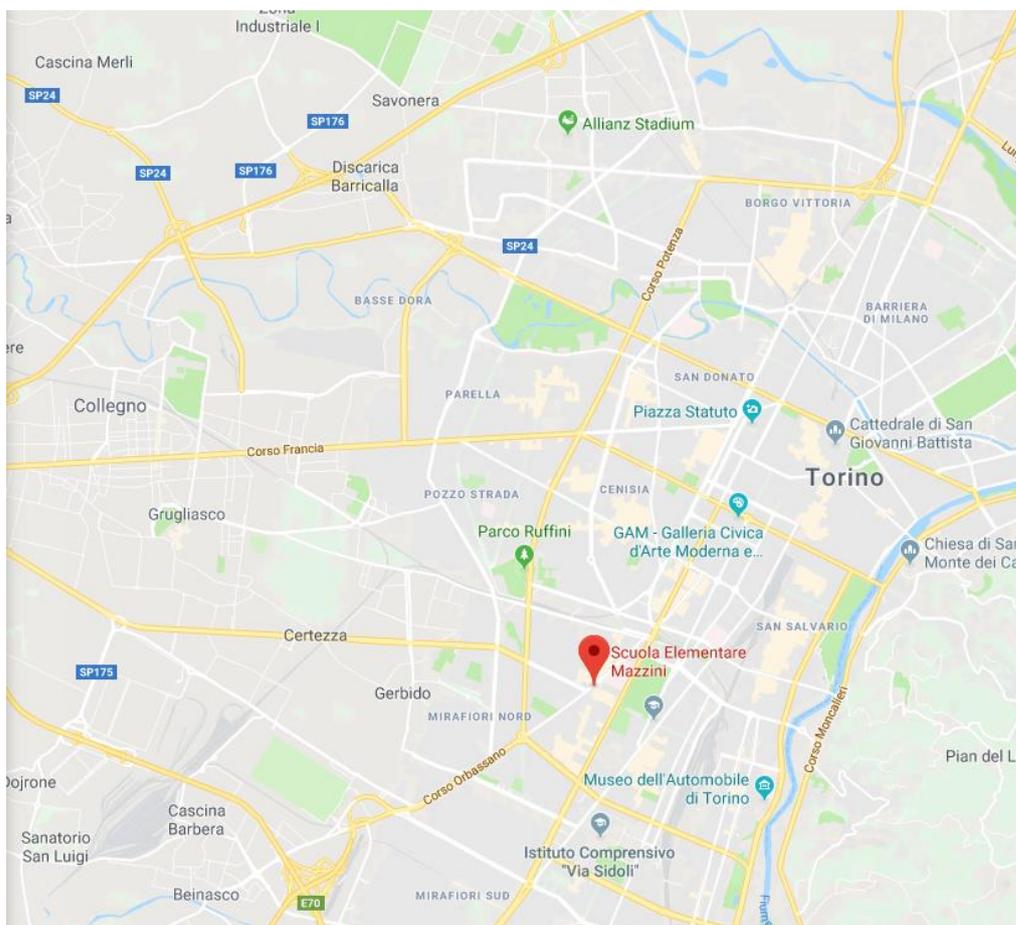


Figura 29. Localizzazione della scuola primaria "Giuseppe Mazzini" nella città di Torino

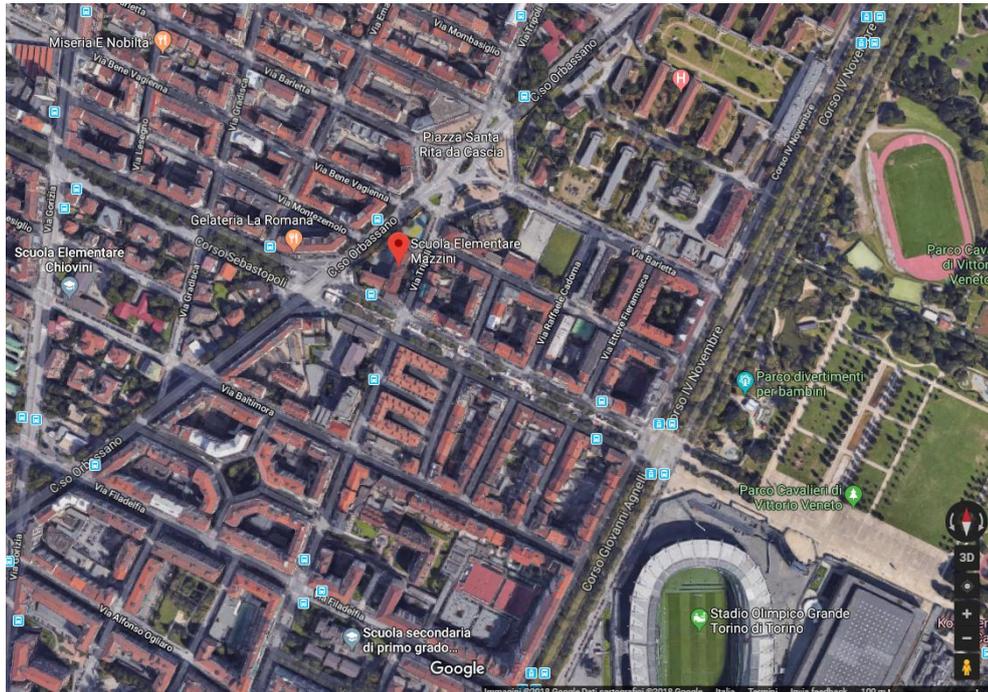


Figura 30. Localizzazione della scuola primaria “Giuseppe Mazzini” nell’ambito del quartiere

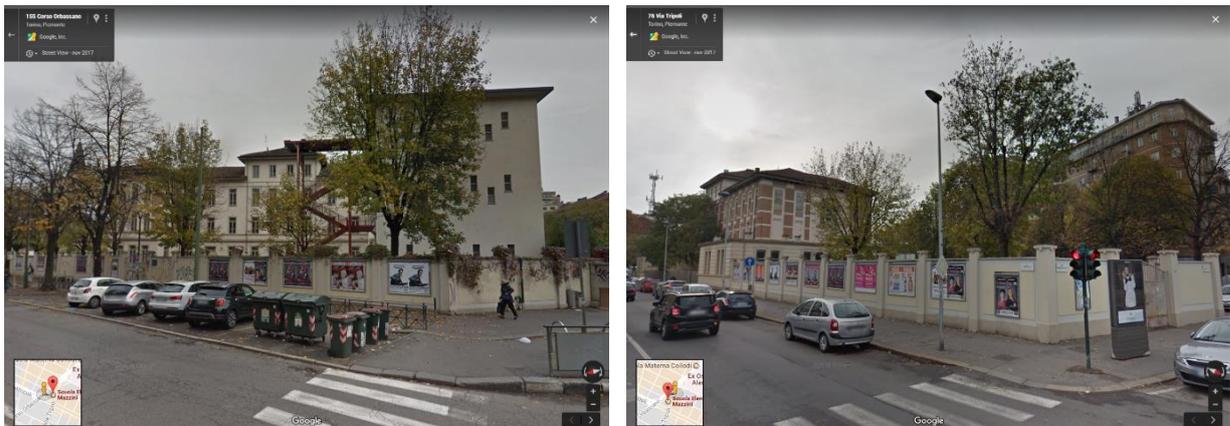


Figura 31. La scuola primaria “Giuseppe Mazzini”

Come mostrano le immagini, la scuola è localizzata entro un reticolo di vie interne, ad alta densità di edifici e con un traffico moderato e con regime di percorrenza di tipo urbano (limite di velocità 50 km/h o inferiore). Si trova, tuttavia, a poca distanza da un’arteria stradale ad alto scorrimento e a traffico elevato: corso IV Novembre. Di conseguenza, l’edificio scolastico è esposto all’inquinamento atmosferico generato dal traffico pesante che si sviluppa nelle vicinanze.

Questo elemento è molto rilevante nell’analisi dell’edificio scolastico, il quale dispone anche di un cortile esterno che viene utilizzato non dagli allievi per giocare, riposare e fare sport durante l’intervallo e dopo la scuola, ma essendo un parco pubblico può essere usato da chiunque. Questo significa che sia gli alunni della scuola che le persone che frequentano il parco sono potenzialmente esposti a livelli talvolta elevati di inquinanti dell’aria quando si trovano all’esterno della scuola.



L'edificio, costituito da 3 piani fuori terra e un piano interrato, è stato costruito nel 1913 ed è realizzato in mattoni, legno e cemento. La struttura è stata ristrutturata più volte dopo la sua costruzione, avendo subito opere di rifacimento (1929), ampliamento (1958) e restauro (1971 e 1995). Non sono presenti nell'edificio componenti di amianto o di piombo.

La struttura scolastica è riscaldata tramite riscaldamento centralizzato (teleriscaldamento con radiatori in ghisa), non è dotata di aria condizionata né di ventilazione meccanica.

Nella zona che circonda la scuola è tenuto tutti i giorni il mercato, il che rende la scuola vittima di inquinamento acustico.

Gli insegnanti e il personale scolastico interpellati per conoscere le caratteristiche strutturali della scuola riferiscono che esistono luoghi molto polverosi interni alla scuola, quali alcune aule, la palestra e il seminterrato. In più nel 2015 si è verificato un episodio di perdite idriche nel seminterrato che ha determinato piccoli danni. Nelle aule e nei corridoi dell'ultimo piano ci sono inoltre segni visibili di danni derivanti da un'eccessiva umidità, come macchie e segni di condensa di acqua; il che è dovuto dalla prossimità di questi luoghi con il tetto, dotato di uno strato isolante probabilmente vecchio che quindi non gli permette di respingere in modo efficace le abbondanti piogge.

Le aule vengono generalmente ripulite nel pomeriggio, al termine delle lezioni; una pulizia più approfondita dei locali viene svolta all'incirca una volta ogni sei mesi. Per le pulizie dei pavimenti e dei banchi vengono utilizzate sostanze chimiche. A volte, all'interno dell'edificio, sono stati avvistati degli scarafaggi.

In generale, il livello di illuminazione artificiale e la qualità dell'aria nelle aule viene percepito come soddisfacente, mentre il livello di rumorosità da sorgenti esterne, la pulizia delle classi, la qualità dell'aria outdoor e il livello di illuminazione naturale nelle aule, sono percepiti come piuttosto scarsi. Lo stato generale dell'edificio scolastico viene percepito come nella media.

La classe coinvolta nel progetto InAirQ è la classe 4 C. L'aula, che ha una superficie di 56 m<sup>2</sup> e soffitti alti 4 m, è situata al terzo piano, è orientata a Sud e si affaccia alla strada. I pavimenti sono in piastrelle e pavimenti e soffitti sono stati ridipinti l'ultima volta nel Dicembre 2013 utilizzando vernici resistenti all'acqua. Gli arredi risalgono agli anni '80; i banchi sono realizzati in laminato plastico.

L'estensione delle finestre è di 9,6 m<sup>2</sup>; nel periodo caldo, esse vengono aperte due o tre volte al giorno. Durante le lezioni, sempre nel periodo estivo, rimane aperto circa il 100% delle finestre. Il telaio delle finestre è in metallo.

In classe si utilizza una lavagna con gesso; la presenza e l'uso di questa lavagna fanno sì che l'aula risulti piuttosto polverosa. Durante le attività scolastiche i bambini non utilizzano colle, vernici, smalti e sostanze che emanano un odore irritante. In classe viene tenuta una piccola pianta.

L'insegnante di riferimento e i bambini riferiscono che a volte, durante la stagione fredda, ci sono giorni in cui in classe fa così caldo da provocare disagio, in ragione del fatto che il riscaldamento è tenuto troppo alto. Parimenti, anche durante la stagione calda ci sono giorni in cui in classe fa così caldo da provocare disagio, a causa del fatto che l'edificio è



sprovvisto sia di aria condizionata sia di ventilazione meccanica; inoltre, in estate il sole colpisce direttamente alcuni dei banchi.

L'aula viene pulita una volta al giorno, al pomeriggio dopo il termine delle lezioni, utilizzando un mocio per lavare i pavimenti. Durante le pulizie in genere le finestre rimangono aperte.

In generale, il livello di illuminazione artificiale nell'aula viene percepito come soddisfacente, mentre quello di illuminazione naturale, il livello di rumorosità nelle aule da sorgenti esterne, la qualità dell'aria all'interno delle aule e all'esterno della scuola e il livello di pulizia delle classi sono percepiti come piuttosto scarsi. In particolare, il personale interpellato attribuisce la scarsa qualità dell'aria indoor alla scarsa ventilazione e al sovraffollamento dell'aula, che di norma ospita per 8 ore al giorno 24 alunni e 1-2 insegnanti. Lo stato generale dell'aula (muri, pareti, arredi) percepito come discreto, mentre il livello di comfort nell'aula è medio.

### Scuola primaria Silvio Pellico

La scuola primaria Silvio Pellico è localizzata nella città di Chieri in piazza Pellico 2. È gestita dal Comune di Chieri.



Figura 32. Localizzazione della scuola primaria “Silvio Pellico” nella città di Chieri

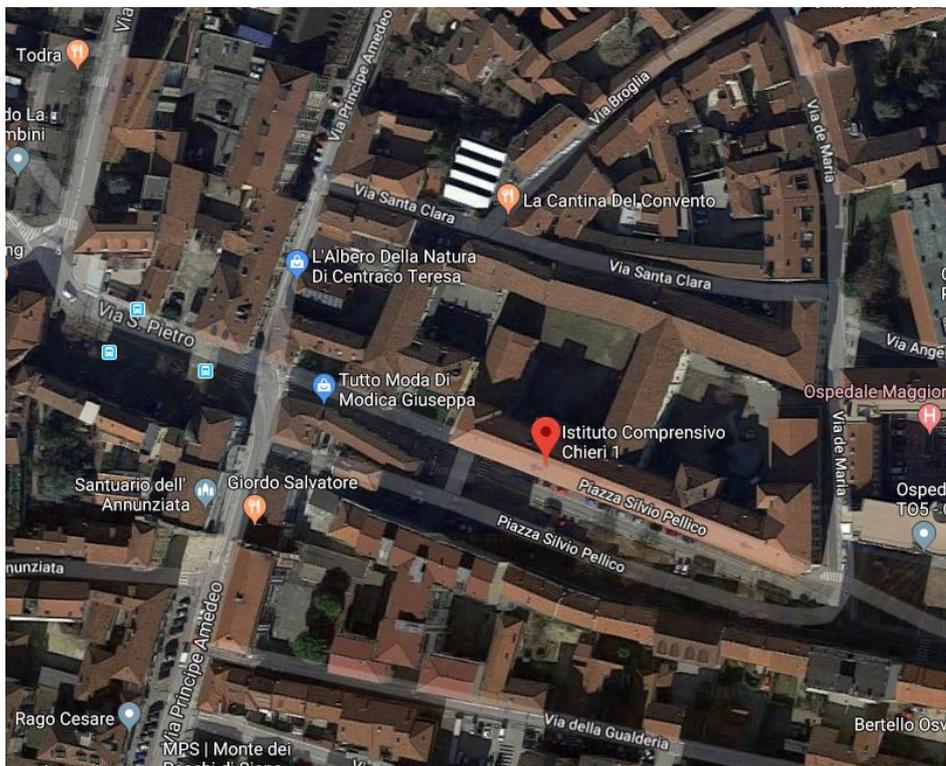


Figura 33. Localizzazione della scuola primaria “Silvio Pellico” nell’ambito del quartiere



Figura 34. La scuola primaria “Silvio Pellico”



Come mostrano le immagini, la scuola è localizzata entro un reticolo di vie interne, ad alta densità di edifici e con un traffico moderato e con regime di percorrenza di tipo urbano (limite di velocità 50 km/h o inferiore). Di conseguenza, l'edificio scolastico è esposto all'inquinamento atmosferico generato dal traffico pesante che si sviluppa nelle vicinanze.

Questo elemento è molto rilevante nell'analisi dell'edificio scolastico, il quale dispone anche di un cortile esterno che viene utilizzato dagli allievi per giocare durante l'intervallo. Questo significa che i bambini sono potenzialmente esposti a livelli piuttosto elevati di inquinanti dell'aria sia quando si trovano all'esterno della scuola sia in classe.

L'edificio, costituito da 3 piani è stato costruito nel 1932 ed è realizzato in mattoni e cemento e subì una completa ristrutturazione nel 2009. Non sono presenti nell'edificio componenti di amianto o di piombo.

È riscaldato tramite riscaldamento centralizzato (teleriscaldamento con radiatori in ghisa), non è dotato di aria condizionata né di ventilazione meccanica.

Gli insegnanti e il personale scolastico interpellati per conoscere le caratteristiche strutturali della scuola riferiscono che a volte avvertono odore di muffa o di umidità nei locali della scuola, in particolare nel seminterrato, che presenta segni visibili di danni derivanti da un'eccessiva umidità, come macchie e segni di condensa di acqua.

Le aule vengono generalmente ripulite nel pomeriggio, al termine delle lezioni; una pulizia più approfondita dei locali viene svolta all'incirca una volta ogni tre mesi. Per le pulizie dei pavimenti e dei banchi vengono utilizzate sostanze chimiche. A volte, all'interno dell'edificio, sono stati avvistati degli scarafaggi.

In generale, il livello di illuminazione naturale e artificiale e la qualità dell'aria fuori dalla scuola viene percepito come molto soddisfacente, mentre il livello di rumorosità da sorgenti esterne nelle aule, la qualità dell'aria all'interno delle aule e il livello di pulizia delle classi sono percepiti come piuttosto scarsi, il che è dovuto all'impianto fognario molto vecchio e inadeguato. Lo stato generale dell'edificio scolastico viene percepito come mediocre.

La classe coinvolta nel progetto InAirQ è la classe 4 B. L'aula, che ha una superficie di 45,5 m<sup>2</sup> e soffitti alti 4,38 m, è situata al piano terra, è orientata a Sud-Ovest e si affaccia alla strada. I pavimenti sono in piastrelle e pavimenti e soffitti sono stati ridipinti l'ultima volta nel Maggio 2017 utilizzando vernici idrosolubili. I banchi sono realizzati in compensato.

L'estensione delle finestre è di 10,76 m<sup>2</sup>; nel periodo caldo, esse vengono aperte una volta al giorno. Durante le lezioni, sempre nel periodo estivo, rimane aperto circa il 50% delle finestre. Il telaio delle finestre è in legno.

In classe si utilizza una lavagna con gesso; la presenza e l'uso di questa lavagna fanno sì che l'aula risulti piuttosto polverosa. Durante le attività scolastiche i bambini non utilizzano colle, vernici, smalti e sostanze che emanano un odore irritante. In classe non vengono tenute alcune piante.

L'insegnante di riferimento e i bambini riferiscono che a volte, durante la stagione fredda, ci sono giorni in cui in classe fa così caldo da provocare disagio, in ragione del fatto che il riscaldamento è tenuto troppo alto. Parimenti, anche durante la stagione calda ci sono

giorni in cui in classe fa così caldo da provocare disagio, a causa del fatto che l'edificio è sprovvisto sia di aria condizionata sia di ventilazione meccanica; inoltre, in estate il sole colpisce direttamente alcuni dei banchi.

L'aula viene pulita una volta al giorno, al pomeriggio dopo il termine delle lezioni, utilizzando una scopa per spazzare i pavimenti ed un mocio per lavarli. Durante le pulizie in genere le finestre rimangono aperte.

In generale, il livello di illuminazione naturale e artificiale nell'aula viene percepito come molto soddisfacente, mentre il livello di rumorosità nelle aule da sorgenti esterne, la qualità dell'aria all'interno delle aule e all'esterno della scuola e il livello di pulizia delle classi sono percepiti come piuttosto scarsi. In particolare, il personale interpellato attribuisce la scarsa qualità dell'aria indoor ai cattivi odori provenienti da servizi igienici, che evidentemente non sono dotati di un impianto fognario adeguato. Lo stato generale dell'aula (muri, pareti, arredi) percepito come mediocre, mentre il livello di comfort nell'aula è discreto.

#### Scuola secondaria Chieri 4

La scuola secondaria "Chieri IV" è localizzata nella città di Chieri in Via Bersezio 2, alla periferia della città. È gestita dal Comune di Chieri.

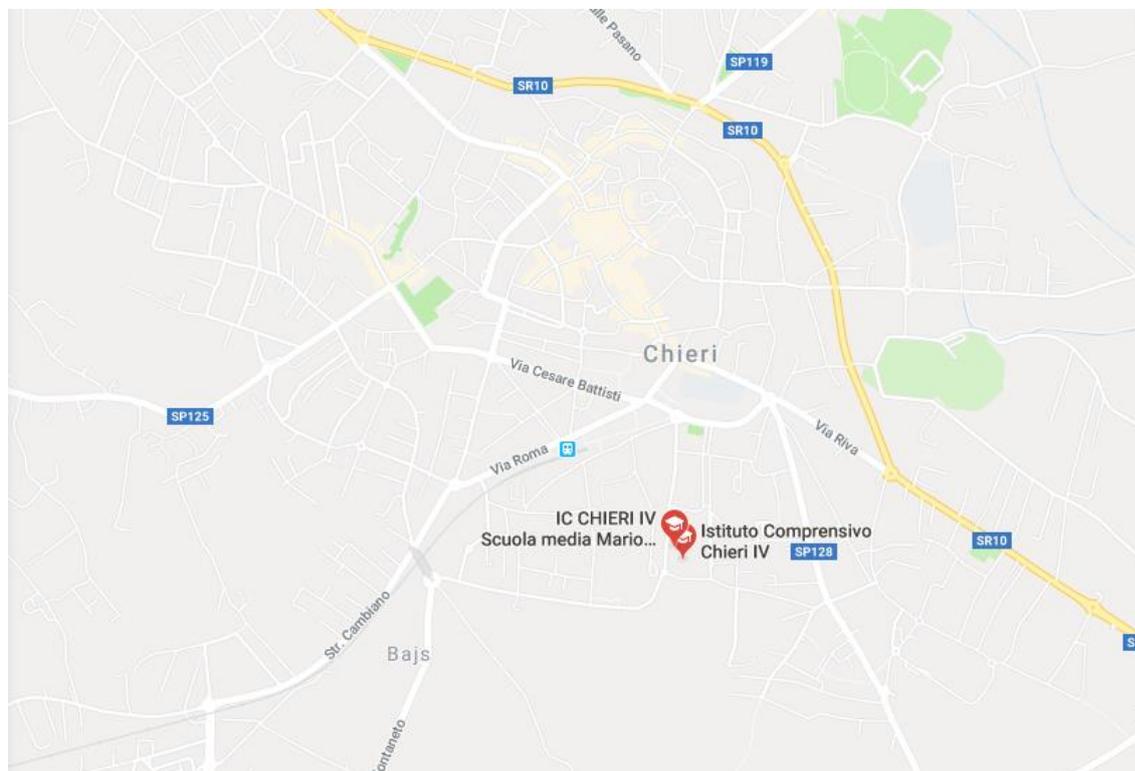


Figura 35. Localizzazione della scuola secondaria "Chieri IV" nella città di Chieri



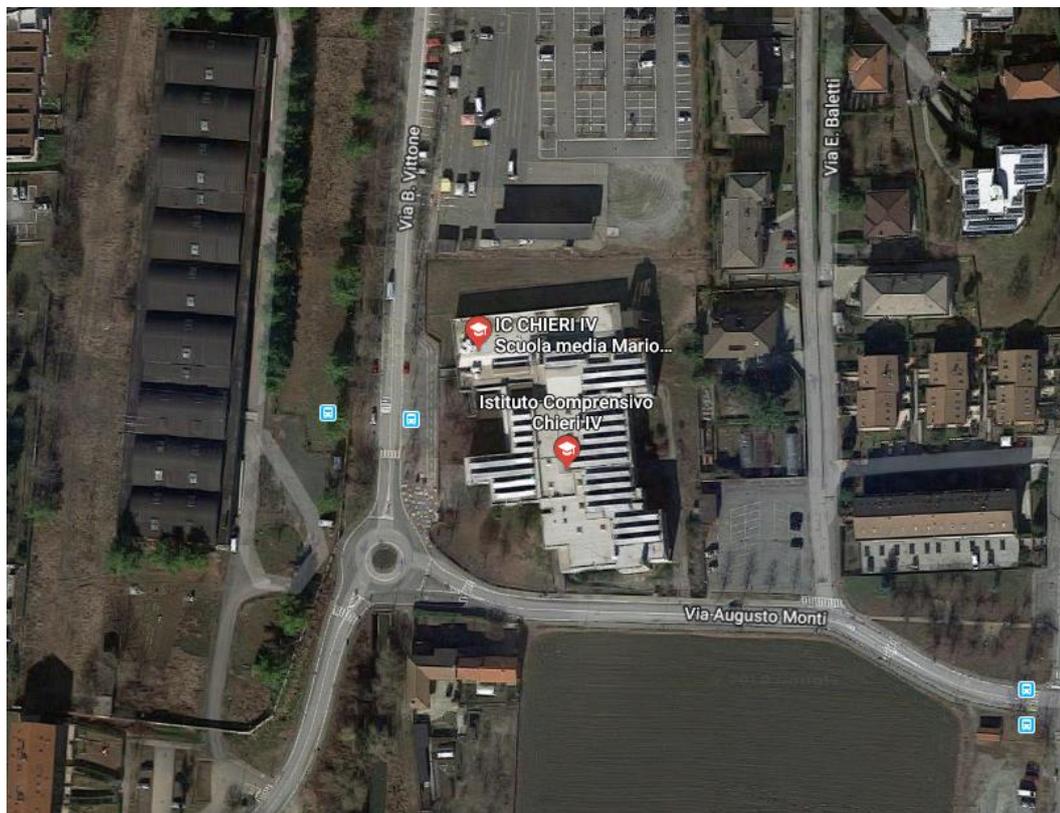


Figura 36. Localizzazione della scuola secondaria “Chieri IV” nell’ambito del quartiere

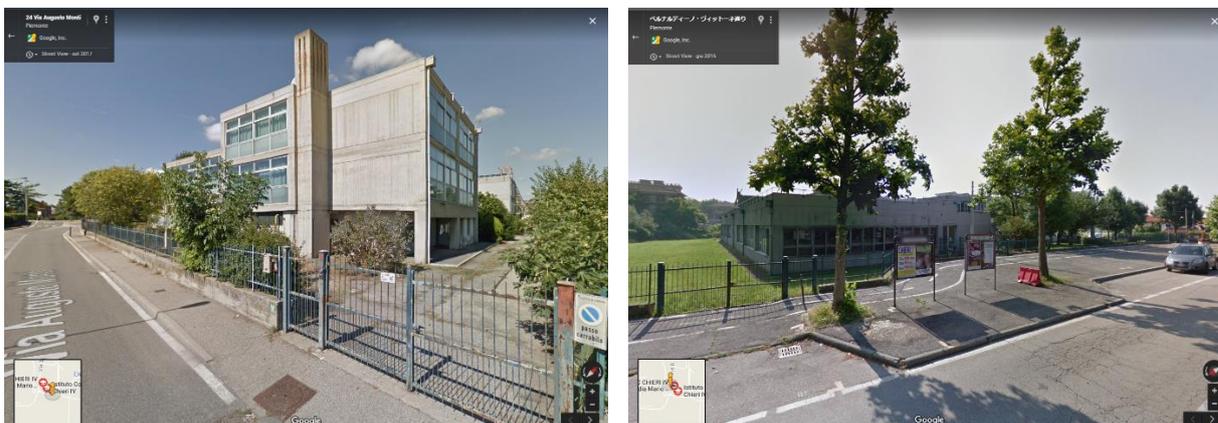


Figura 37. La scuola secondaria “Chieri IV”

Come mostrano le immagini, la scuola è localizzata alla periferia della città, a scarsa densità di edifici e con un traffico molto moderato e con regime di percorrenza di tipo urbano (limite di velocità 50 km/h o inferiore).

L’edificio, costituito da 2 piani, è stato costruito negli anni ‘70 ed è realizzato in cemento. Non sono presenti nell’edificio componenti di amianto o di piombo. L’edificio scolastico dispone anche di un cortile esterno che viene utilizzato dagli allievi per giocare durante l’intervallo. È riscaldato tramite riscaldamento centralizzato (teleriscaldamento con radiatori in ghisa), non è dotato di aria condizionata né di ventilazione meccanica.



Gli insegnanti e il personale scolastico interpellati per conoscere le caratteristiche strutturali della scuola riferiscono che le aule e i laboratori sono luoghi molto polverosi. In più, nel Settembre 2015, si è verificato un episodio di perdite idriche dai bagni che hanno determinato piccoli danni (come macchie e segni di condensa d'acqua) nei corridoi e nelle aule.

Le aule vengono generalmente ripulite nel pomeriggio, al termine delle lezioni; una pulizia più approfondita dei locali viene svolta all'incirca una volta al mese. Per le pulizie dei pavimenti e dei banchi vengono utilizzate sostanze chimiche. A volte, all'interno dell'edificio, sono stati avvistati degli scarafaggi.

In generale, il livello di illuminazione naturale e artificiale, il livello di rumorosità da sorgenti esterne nelle aule, la qualità dell'aria all'interno delle aule e all'esterno della scuola nelle aule viene percepito come molto soddisfacente, mentre il livello di pulizia delle classi è percepito come medio. Lo stato generale dell'edificio scolastico viene percepito come discreto.

La classe coinvolta nel progetto InAirQ è la classe 4 B. L'aula, che ha una superficie di 44 m<sup>2</sup> e soffitti alti 3 m, è situata al piano terra, è orientata ad Est e si affaccia sul cortile della scuola. I pavimenti sono in piastrelle e pavimenti e soffitti sono stati ridipinti l'ultima volta nel Luglio 2014 utilizzando vernici resistenti all'acqua. Gli arredi risalgono al 2008; i banchi sono realizzati in metallo e laminato plastico.

L'estensione delle finestre è di 9,5 m<sup>2</sup>; nel periodo caldo, esse vengono aperte in ogni cambio dell'ora tra una lezione e quella successiva. Durante le lezioni, sempre nel periodo estivo, rimane aperto circa il 50% delle finestre. Il telaio delle finestre è in alluminio.

In classe si utilizza una lavagna con gesso; la presenza e l'uso di questa lavagna fanno sì che l'aula risulti piuttosto polverosa. Durante le attività scolastiche i bambini non utilizzano colle, vernici, smalti e sostanze che emanano un odore irritante.

In classe non vengono tenute alcune piccole piante.

L'insegnante di riferimento e i bambini riferiscono che raramente, durante la stagione fredda, ci sono giorni in cui in classe fa così caldo da provocare disagio. Spesso invece durante la stagione calda ci sono giorni in cui in classe fa così caldo da provocare disagio, a causa del fatto che l'edificio è sprovvisto sia di aria condizionata sia di ventilazione meccanica; inoltre, in estate il sole colpisce direttamente alcuni dei banchi.

L'aula viene pulita una volta al giorno, al pomeriggio dopo il termine delle lezioni, utilizzando una scopa per spazzare i pavimenti e un mocio per lavarli. Durante le pulizie in genere le finestre rimangono aperte.

In generale, il livello di illuminazione naturale e artificiale, il livello di rumorosità nelle aule da sorgenti esterne, la qualità dell'aria all'interno delle aule e all'esterno della scuola nell'aula vengono percepiti come molto soddisfacenti, mentre il livello di pulizia e la temperatura delle classi sono percepiti come piuttosto mediocri. Lo stato generale dell'aula (muri, pareti, arredi) percepito come medio, come anche il livello di comfort nell'aula.



## D. Action Plan: principali indicazioni

Le scuole sono localizzate in diverse parti della città: un gruppo di esse nella periferia sud di Torino, in zone residenziali vicino ad una ex area industriale e relativamente vicino a strade a traffico elevato; un altro gruppo nella periferia nord della città, adiacenti a strade abbastanza trafficate, con l'eccezione di una che si trova vicino al fiume Po; infine due si trovano nel Comune di Chieri, una in zona centrale dell'abitato, mentre la seconda in un'area periferica.

Va notato che il valore esterno delle concentrazioni di inquinanti risulta elevato, quindi l'inappropriata qualità dell'aria interna è causata principalmente dall'inquinamento atmosferico esterno.

Come detto, le campagne di monitoraggio sono state svolte secondo il metodo passivo e con l'utilizzo di centraline elettroniche in grado di rilevare istantaneamente la diffusione degli inquinanti nell'aria. Si riportano di seguito i risultati delle analisi effettuate.

### D.1. Campionamento passivo

In questo paragrafo vengono riportate le considerazioni finali a seguito dei risultati derivanti dal campionamento passivo, ossia quello che utilizza cialde assorbenti collocate in aula durante la permanenza degli alunni.

Questo tipo di campionamento restituisce un valore di concentrazione per ogni inquinante monitorato, ma non consente di ipotizzare un legame tra attività svolte in classe e diffusione degli inquinanti, ma dà indicazioni sul quantitativo di tali inquinanti assorbito dagli occupanti dell'aula nel periodo di esposizione delle cialde.

Come già ampiamente esplicitato al paragrafo B.2. Nota metodologica sulle modalità di monitoraggio, **le misurazioni effettuate nell'ambito del progetto InAirQ sono state realizzate in modo difforme rispetto ai criteri ed alle modalità previsti dal D. Lgs. 155/2010** e sono per questo da ritenersi, in termini assoluti, non attendibili. Quindi è stato ritenuto opportuno non inserire in questo report tali valori, ma dettagliare le buone pratiche da mettere in atto per migliorare la qualità dell'aria indoor andando a tentare di diminuire la concentrazione di ciascun inquinante analizzato.

Segue quindi un elenco di tutti gli inquinanti con la descrizione dei motivi per cui si trova nell'aria che respiriamo, quali sono i livelli sicuri, cosa accade se vengono superati e come procedere nel caso si vogliano ridurre le concentrazioni di essi.

#### D.1.1. Benzene

##### Come mai si trova nell'aria che respiriamo?

Le fonti di benzene si trovano sia nell'ambiente esterno che in ambienti indoor. Negli ambienti confinati, il benzene deriva fundamentalmente dal fumo di sigaretta, dalle



combustioni domestiche incomplete del carbone e del petrolio e dai vapori liberati da prodotti che lo contengono, come colle, vernici, cere per mobili, detersivi. L'inquinamento esterno da benzene è invece dovuto al traffico e alle emissioni dell'industria petrolifera, chimica e petrolchimica.

Le concentrazioni medie annuali di benzene in zone disabitate ed in aree rurali risultano comprese tra 0,5 e 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre quelle riscontrate in città risultano mediamente comprese tra 5 e 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , con fluttuazioni piuttosto ampie. Nelle vie con più traffico i livelli risultano pari ad alcune decine di  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . All'interno delle abitazioni le concentrazioni di benzene sono comunemente più basse di quelle rilevate outdoor: in vari studi si sono documentate concentrazioni medie diurne comprese tra 3 - 11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; ciò non toglie che, in situazioni di traffico urbano intenso, i valori indoor possano essere più elevati.

### Quali sono i livelli considerati sicuri?

Il benzene è una sostanza cancerogena, classificato dallo IARC nel gruppo 1, cioè tra le sostanze per le quali, a determinate esposizioni e concentrazioni, esiste un'evidenza accertata di induzione di tumori nell'uomo. Secondo l'OMS il benzene costituisce oggi un inquinante ubiquitario, con concentrazioni medie variabili tra 1 e 160  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Allo stato attuale non esistono prove ed evidenze in grado di determinare livelli di concentrazione di benzene indoor da considerare sicuri. Tuttavia, il Ministero della Sanità ha recentemente (anno 2015) realizzato ricerche specifiche per determinare i livelli di rischio dovuti all'esposizione professionale al benzene in atmosfera, nell'ambito dell'elaborazione delle politiche per la prevenzione dei rischi per la salute dei lavoratori nelle aree di distribuzione carburante. Queste ricerche possono, in questa sede, essere prese a riferimento per la determinazione dei rischi potenziali a cui gli allievi della scuola potrebbero essere soggetti a seguito dell'esposizione al benzene indoor. Infatti, gli studi dimostrano che l'esposizione media a benzene per i benzinai durante il turno di lavoro è, in termini numerici, circa 10 volte più elevata di quella della popolazione generale, contemporaneamente è di molto inferiore ai limiti proposti per gli ambienti di lavoro come previsto dall'allegato VIII-bis del D. Lgs. 25 febbraio 2000, n.66 - *Attuazione delle direttive 97/42/CE e 1999/38/CE, che modificano la direttiva 90/394/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti cancerogeni o mutageni durante il lavoro*. Questo allegato rappresenta il riferimento legislativo in materia di protezione della salute umana; le soglie di attenzione e di rischio specificate dall'allegato sono determinate a seguito di studi che hanno correlato l'esposizione a tali livelli di benzene agli effetti sulla salute dei lavoratori esposti.

I rilievi ambientali di benzene effettuati nell'ambito di questi studi in stazioni di rifornimento di carburante con l'utilizzo di campionatori personali hanno evidenziato concentrazioni medie comprese tra 25 e 563  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; di gran lunga più elevate, quindi, di quelle rilevate dagli strumenti utilizzati per il monitoraggio dell'aria indoor nelle scuole partecipanti al progetto InAirQ.

Il Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro (redatto ed emanato proprio al fine di tutelare la salute dei lavoratori), all'Allegato XLIII Valori Limite di Esposizione Professionale stabilisce, per i lavoratori esposti ad alti livelli di benzene in atmosfera, che



il limite massimo di esposizione professionale non debba superare i  $3,25 \text{ mg/m}^3$  (pari a  $3.250 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ): due ordini di grandezza superiore rispetto a quanto rilevato nelle scuole nell'ambito del progetto InAirQ. Come riferimento, si indicano anche le soglie proposte dal Committee on Hazardous Substances (AGS), afferente al Ministero della Sanità tedesco, più restrittivo rispetto alle normative italiane. Secondo tale proposta, l'esposizione a una concentrazione di  $20 \text{ }\mu\text{g/m}^3$  per 8 ore al giorno per 40 anni è da ritenere **accettabile** in quanto determina un rischio di tumore non superiore a 4 casi aggiuntivi ogni 100.000 esposti. Questo livello di rischio corrisponde al rischio generico di insorgenza di neoplasia per esposizioni al di fuori degli ambienti di lavoro e, dal punto di vista della statistica media, è irrilevante.

### **Cosa posso fare per ridurre la concentrazione di benzene nell'aria indoor?**

Controllare l'immissione di benzene proveniente dall'esterno aerando gli ambienti nelle ore di minor traffico veicolare outdoor. Evitare il fumo di tabacco. Controllare le etichette dei solventi, detergenti e vernici utilizzate nei luoghi chiusi, evitando di utilizzare quelli che contengono benzene.

#### **D.1.2. Toluene**

### **Come mai si trova nell'aria che respiriamo?**

A livello industriale è una sostanza ampiamente utilizzata per la sintesi di altri composti chimici ed è inoltre un importante solvente per vernici, adesivi, collanti e inchiostri in cui ha sostituito il benzene per la minore pericolosità.

Il toluene è inoltre un comune contaminante indoor; la sua concentrazione nell'aria interna può essere superiore a quella dell'aria esterna.

Il toluene è attualmente inserito dall'EPA in classe D, cioè tra le sostanze non cancerogene per l'uomo. Una volta rilasciato in atmosfera si degrada molto velocemente, entra nei meccanismi di reazione dello smog fotochimico, degradandosi in svariati composti a diverso grado di tossicità, fra cui la formaldeide.

### **Quali sono i livelli considerati sicuri?**

Per il toluene non esistono valori limite per la qualità dell'aria, ma l'OMS ha introdotto due valori guida che si riferiscono alla concentrazione al di sopra della quale si possono riscontrare effetti sulla salute della popolazione non esposta professionalmente:  $260 \text{ }\mu\text{g/m}^3$  come media settimanale,  $1.000 \text{ }\mu\text{g/m}^3$  come media su 30 minuti.

### **Cosa posso fare per ridurre la concentrazione di toluene nell'aria indoor?**

Areare gli ambienti interni nelle ore di minor traffico. Controllare le etichette di vernici, adesivi, collanti e inchiostri ed in particolare di smalti per unghie, evitando di utilizzare quelli che contengono toluene.



### D.1.3. Xilene

#### **Come mai si trova nell'aria che respiriamo?**

A livello industriale lo xilene si ottiene principalmente dalla raffinazione del petrolio. Circa il 90% è impiegato come additivo nella benzina; il resto viene utilizzato come solvente per vernici, inchiostri, profumi, pesticidi, prodotti farmaceutici, adesivi e prodotti per la verniciatura; inoltre può essere trasformato in pellicole per nastri audio e video.

Lo xilene è classificato dall'EPA nel gruppo D, cioè tra le sostanze non classificabili come cancerogene per l'uomo.

#### **Quali sono i livelli considerati sicuri?**

Per lo xilene non esistono valori limite per la qualità dell'aria. L'OMS ha introdotto valori guida, analogamente al toluene, che si riferiscono alla concentrazione al di sopra della quale è possibile riscontrare effetti sulla salute della popolazione non esposta professionalmente: 870  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come media annuale. Questo livello è di gran lunga superiore ai livelli di toluene riscontrati nelle scuole partecipanti al progetto InAirQ.

#### **Cosa posso fare per ridurre la concentrazione di xilene nell'aria indoor?**

Areare gli ambienti interni nelle ore di minor traffico veicolare. Evitare di utilizzare capi di abbigliamento in gomma ed in cuoio che rilasciano la sostanza. Se si utilizza una stampante per la stampa di molte copie si consiglia di areare il locale durante e dopo la stampa.

### D.1.4. Etilbenzene

#### **Come mai si trova nell'aria che respiriamo?**

L'etilbenzene viene prodotto principalmente dalla reazione di alchilazione tra benzene e etilene; è emesso da materiali che contengono polistirene e ABS (materie plastiche). Può anche essere rilasciato nell'aria attraverso la combustione di carbone, gas e petrolio. L'etilbenzene è un costituente del fumo di tabacco.

#### **Quali sono i livelli considerati sicuri?**

Gli studi epidemiologici sull'etilbenzene mostrano che la tossicità acuta di questo inquinante è bassa, la tossicità a lungo termine e la cancerogenicità sono ambigue.

L'OSHA statunitense (Occupational Safety and Health Administration) ha limitato l'esposizione professionale all'etilbenzene a una concentrazione massima di 100 ppm (423  $\text{mg}/\text{m}^3$ , pari a 42.300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) per un giorno lavorativo di 8 ore e una settimana lavorativa di 40 ore al fine di garantire la sicurezza dei lavoratori. Considerando che il valore massimo di etilbenzene riscontrato in una delle scuole partecipanti al progetto InAirQ è di 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , si può ritenere che il livello di concentrazione di questo inquinante nell'aria indoor delle scuole monitorate non desta alcuna preoccupazione.



### **Cosa posso fare per ridurre la concentrazione di etilbenzene nell'aria indoor?**

Areare gli ambienti interni nelle ore di minor traffico veicolare outdoor. Evitare l'utilizzo di prodotti in plastica che possono rilasciare la sostanza. Evitare le combustioni in aree non ventilate e il contatto con gli abiti rimasti esposti al fumo di sigaretta.

#### **D.1.5. Tricloroetilene**

##### **Come mai si trova nell'aria che respiriamo?**

Il tricloroetilene è un ottimo solvente per molti composti organici. Si utilizza nello sgrassaggio di metalli (a freddo o in fase vapore), come solvente intermedio nella sintesi del PVC, come solvente di estrazione per prodotti naturali (caffè, olio di palma, cocco, semi di soia, spezie, luppolo), nell'industria farmaceutica e cosmetica, come solvente per gomma, nell'inchiostro, in adesivi, lubrificanti, coloranti e nell'industria tessile nella fase di stampa dei tessuti; negli inchiostri, nelle vernici, come agente decolorante e reagente di laboratorio. Ha trovato uso anche come solvente per il lavaggio a secco, fino a quando non è stato largamente soppiantato negli anni cinquanta dal tetracloroetilene. Negli USA è vietato l'uso del tricloroetilene nei prodotti alimentari dal 1977 e nell'industria farmaceutica dal 1993.

##### **Quali sono i livelli considerati sicuri?**

Nell'Unione Europea il comitato scientifico per i valori limite di esposizione professionale (SCOEL, Scientific Committee on Occupational Exposure Limits) raccomanda un limite di esposizione per i lavoratori esposti a tricloroetilene non superiore a 10 ppm (54,7 mg/m<sup>3</sup>, pari a 54.700 µg/m<sup>3</sup>) per un'esposizione professionale giornaliera media di 8 ore e 30 ppm (164,1 mg/m<sup>3</sup>, pari a 164.100 µg/m<sup>3</sup>) come limite di esposizione a breve termine corrispondente a 15 minuti di esposizione continuativa.

### **Cosa posso fare per ridurre la concentrazione di tricloroetilene nell'aria indoor?**

Si può limitare l'esposizione controllando che le vernici, i lubrificanti, gli adesivi, i fluidi correttori e i prodotti per le pulizie non contengono la sostanza. Si suggerisce di areare gli ambienti interni nelle ore di minor traffico e di evitare di lasciare nello stesso ambiente in cui si soggiorna capi di abbigliamento eventualmente trattati con tricloroetilene. In presenza di alte concentrazioni di tricloroetilene nell'aria indoor (non è il caso della scuola in esame), si suggerisce di monitorare la presenza dell'inquinante in acqua e nel suolo nell'area della scuola per evitare il potenziale inquinamento indoor attraverso acqua contaminata (bagno / doccia) e terreno.

#### **D.1.6. Tetracloroetilene**

##### **Come mai si trova nell'aria che respiriamo?**

Il tetracloroetilene trova largo impiego come detergente in trattamenti cosiddetti "a secco", come solvente per lo sgrassaggio dei metalli nell'industria metalmeccanica, come solvente per vernici e nell'industria chimica e farmaceutica.



### Quali sono i livelli considerati sicuri?

In Europa, il comitato scientifico sui limiti dell'esposizione professionale (SCOEL, Scientific Committee on Occupational Exposure Limits) raccomanda per il tetracloroetilene un limite di esposizione professionale (media ponderata nel tempo di 8 ore) di 20 ppm (135,64 mg/m<sup>3</sup>, pari a 135.640 µg/m<sup>3</sup>) e un limite di esposizione a breve termine (15 min) di 40 ppm (271,28 mg/m<sup>3</sup>, pari a 271.280 µg/m<sup>3</sup>). Le linee guida della WHO per IAQ del 2010 raccomandano che una esposizione annuale non superi i 250 µg/m<sup>3</sup>. Questi valori limite risultano di gran lunga superiori a quelli riscontrati nelle scuole partecipanti al progetto InAirQ.

### Cosa posso fare per ridurre la concentrazione di tetracloroetilene nell'aria indoor?

Evitare prodotti di consumo che contengono tetracloroetilene come adesivi, fragranze, smacchiatori, finiture in tessuto, tessuti idrorepellenti, detergenti per il legno e tessuti lavati a secco. Evitare di lasciare nello stesso ambiente in cui si soggiorna capi di abbigliamento eventualmente trattati con tetracloroetilene. Verificare che il rifornimento idrico non sia soggetto a contaminazione.

#### D.1.7. α-pinene

##### Come mai si trova nell'aria che respiriamo?

Il pinene è un composto organico che si trova nella resina di varie conifere (prevalentemente Pinaceae) e deve il suo nome al pino.

Si trova negli oli essenziali utilizzati per la profumazione di ambiente e del corpo. A bassi livelli di esposizione, l'α-Pinene è un broncodilatatore nell'uomo ed è altamente biodisponibile con il 60% di captazione polmonare umana con rapido metabolismo o redistribuzione. L'α-Pinene è un antinfiammatorio e pare essere un antimicrobico. È un inibitore dell'acetilcolinesterasi, e stimola per questo la memoria. L' α-pinene è un modulatore positivo dei recettori GABAA. Agisce sul legame delle benzodiazepine.

Viene utilizzato per produrre caramelle balsamiche e suffumigi per inalazioni. Composto alquanto volatile all'aria, il pinene rilascia un gradevole aroma balsamico (odore di resina, odore di legno di pino) volatilizzandosi. L'α-pinene in particolare è il terpenoide di più ampia diffusione ed è altamente repellente per gli insetti.

Nell'industria chimica, l'ossidazione selettiva del pinene con alcuni catalizzatori produce molti composti per la profumeria, come gli odori artificiali.

##### Quali sono i livelli considerati sicuri?

Non ci sono linee guida per l'esposizione all'α-pinene data la sua non tossicità.

##### Cosa posso fare per ridurre la concentrazione di α-pinene nell'aria indoor??

Posto che, data la non tossicità dell'α-pinene, non è indispensabile ridurre la concentrazione nell'aria indoor, per conseguire comunque questo obiettivo si dovrebbe





evitare l'eccessivo uso di prodotti per ambiente che contengono la forma di sintesi del pinene, privilegiando quelli che contengono l'olio essenziale puro.

#### D.1.8. Limonene

##### **Come mai si trova nell'aria che respiriamo?**

Il limonene è comune nella produzione di prodotti cosmetici e dei dentifrici. Dato il suo odore di arancia, il limonene è usato nell'industria alimentare come insaporitore ed in botanica come insetticida. È inoltre aggiunto ai prodotti detergenti per conferir loro un odore di arancia. Essendo la principale fragranza delle scorze di agrumi, il limonene viene utilizzato nella produzione di alimenti e alcuni farmaci, come aroma per mascherare il gusto amaro degli alcaloidi e come profumo in profumeria, lozioni dopobarba, prodotti da bagno e altri prodotti per la cura personale. È in costante aumento l'utilizzo del limonene come solvente per la pulizia di superfici, ad esempio per la rimozione di sostanze grasse su parti meccaniche, trattandosi di un solvente derivato da fonti rinnovabili (l'essenza di limone, è infatti un prodotto secondario dell'industria agrumaria).

Nel campo del restauro, il limonene viene spesso utilizzato grazie al suo ottimo potere sgrassante. Presenta infatti ottimo potere solvente verso grassi, olii, cere, resine, vernici all'olio. Inoltre presenta il vantaggio di essere meno tossico ed avere un odore più supportabile rispetto a solventi di pari polarità quali l'essenza di trementina o la ragia minerale. Nel campo delle belle arti, viene utilizzato nella produzione di vernici ad olio e oleosintetiche di pregio. La sua principale caratteristica è quella di fornire un potere solvente di coda che si evidenzia in una notevole distensione della pellicola applicata unitamente a caratteristiche di grande lucentezza. Il limonene è anche un possibile candidato per una varietà di applicazioni mediche, tra cui il cancro e l'AIDS, ed è stato notato per avere proprietà insetticide. Recenti studi infatti paiono rivelare che il limonene abbia proprietà anticancerogene. Incrementa i livelli di enzimi epatici utilizzati nella neutralizzazione dei carcinogeni. Il limonene pare promuovere il sistema GST (Glutathione-S-Transferasi, implicato nell'eliminazione dei carcinogeni) del fegato e dell'intestino attenuando l'effetto causato dai carcinogeni. Studi su animali dimostrano che il limonene ha proprietà chemiopreventive in forme tumorali e se presente nella dieta riduce la crescita tumorale al seno

##### **Quali sono i livelli considerati sicuri?**

Il valore limite per una esposizione prolungata al limonene è di 450 µg/m<sup>3</sup>, di gran lunga superiore ai livelli di limonene riscontrati nelle scuole partecipanti al progetto InAirQ.

##### **Cosa posso fare per ridurre la concentrazione di limonene nell'aria indoor?**

Se si vuole ridurre la concentrazione di limonene nell'aria indoor è necessario limitare l'uso di deodoranti per ambienti ed evitare l'uso eccessivo di profumi e detergenti negli edifici scolastici. Essendo prettamente un inquinante endogeno, la corretta ventilazione permette un abbassamento dei livelli indoor.



#### D.1.9. 2-etilesanolo

##### **Come mai si trova nell'aria che respiriamo?**

L'etilesanolo trova impiego in numerose applicazioni come solventi, aromi, profumi e, soprattutto, per la produzione di altri prodotti chimici come emollienti e plastificanti. Lo si ritrova nei profumi vegetali naturali.

##### **Quali sono i livelli considerati sicuri?**

L'etilesanolo ha una bassa tossicità ed i limiti di esposizione sono di 270 mg/m<sup>3</sup>, pari a 270.000 µg/m<sup>3</sup>. Questo livello è di gran lunga superiore ai livelli di etilesanolo riscontrati nelle scuole partecipanti al progetto InAirQ.

##### **Cosa posso fare per ridurre la concentrazione di etilesanolo nell'aria indoor?**

Se si vuole ridurre la concentrazione di etilesanolo nell'aria indoor è necessario limitare l'uso di profumi e deodoranti per ambienti ed evitare l'uso eccessivo di profumi e detergenti profumati negli edifici scolastici controllando attentamente le etichette di tali prodotti prima di usarli. La corretta ventilazione permette un abbassamento dei livelli indoor.

#### D.1.10. Stirene

##### **Come mai si trova nell'aria che respiriamo?**

Lo stirene ha principale impiego per la produzione di numerose materie plastiche, tra cui il polistirene (o polistirolo) e l'ABS, cioè il polimero acrilonitrile-butadiene-stirene. Lo stirene trova applicazione anche nella produzione di plastiche, gomme, schiume isolanti, fibre. Si trova inoltre in alcune tipologie di tappezzeria murale.

##### **Quali sono i livelli considerati sicuri?**

I limiti per esposizione prolungata sono di 215 mg/m<sup>3</sup>, pari a 215.000 µg/m<sup>3</sup>, di molto superiori ai livelli medi riscontrati nelle 12 scuole partecipanti al progetto InAirQ.

##### **Cosa posso fare per ridurre la concentrazione di stirene nell'aria indoor?**

Se si vuole ridurre ulteriormente la concentrazione di stirene nell'aria della scuola si suggerisce di limitare l'uso e lo stoccaggio di materiale plastico e imballaggi in plastica e di controllare attentamente le etichette per evitare di introdurre nella scuola materiali e sostanze che contengono stirene. Una corretta ventilazione permette un abbassamento dei livelli indoor.



#### D.1.11. Formaldeide

##### **Come mai si trova nell'aria che respiriamo?**

La formaldeide è un composto organico, della famiglia delle aldeidi, presente in natura come prodotto del metabolismo ossidativo in molti sistemi viventi e dei processi di combustione. È un importante precursore di molti altri materiali e composti chimici, che viene utilizzato principalmente nella produzione di resine industriali, ad esempio per pannelli truciolari e rivestimenti; è contenuta nei materiali da costruzione come il compensato e il truciolato, ma anche in moquette e mobili. È utilizzata inoltre per la produzione di adesivi, tessuti per la pulizia, oltre che pitture, vernici, creme, cosmetici e prodotti per l'igiene personale. È un forte antimicrobico e quindi viene anche utilizzato nei mangimi in allevamento e come conservante biologico dei tessuti. A partire dal settembre 2007, l'Unione Europea ha vietato l'uso di formaldeide a causa delle sue proprietà cancerogene come biocida ai sensi della direttiva sui biocidi (98/8/CE).

In considerazione del suo uso diffuso, della sua tossicità e della sua volatilità, la formaldeide rappresenta un pericolo significativo per la salute umana. L'agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) dell'OMS nel 1995 lo classificò anche come probabile cancerogeno per l'uomo. Studi recenti hanno anche dimostrato una correlazione positiva tra esposizione alla formaldeide e sviluppo della leucemia, in particolare la leucemia mieloide.

##### **Quali sono i livelli considerati sicuri?**

Le principali preoccupazioni per la salute umana legate alla formaldeide sono associate all'esposizione cronica (a lungo termine) per inalazione. In concentrazioni superiori a 0,125 mg/m<sup>3</sup> nell'aria (pari a 125 µg/m<sup>3</sup>), la formaldeide può irritare gli occhi e le mucose, causando lacrimazione degli occhi. La formaldeide inalata a questa concentrazione può causare mal di testa, una sensazione di bruciore alla gola e difficoltà di respirazione e può innescare o aggravare i sintomi dell'asma. Gli occhi sono più sensibili all'esposizione alla formaldeide: il livello più basso a cui molte persone possono iniziare a sentire l'odore di formaldeide è di circa 62 µg/m<sup>3</sup> ppm e il livello più alto è 1,25 mg/m<sup>3</sup>. Il valore massimo di concentrazione sul posto di lavoro è 0,4 mg/m<sup>3</sup>. Negli studi a camera controllata, gli individui iniziano a percepire l'irritazione oculare a circa 0,6 mg/m<sup>3</sup>; Dal 5 al 20% delle persone riferisce irritazione agli occhi a 0,6 - 1,25 mg/m<sup>3</sup>. Mentre alcune agenzie hanno utilizzato un livello inferiore a 0,125 mg/m<sup>3</sup> come soglia per l'irritazione, un livello di 0,4 mg/m<sup>3</sup> sembra proteggere da quasi tutte le irritazioni. Una recente review di studi scientifici ha dimostrato una forte associazione tra esposizione alla formaldeide e sviluppo dell'asma infantile

L'OMS raccomanda un limite a breve termine (30 minuti) di 0,1 mg/m<sup>3</sup> (pari a 100 µg/m<sup>3</sup>).

I limiti di esposizione raccomandati per evitare rischi di danni alla salute sono comunque di molto superiori ai livelli medi di formaldeide registrati nel corso della campagna di monitoraggio nelle 12 scuole che partecipano al progetto InAirQ.



## **Cosa posso fare per ridurre la concentrazione di formaldeide nell'aria indoor?**

L'uso di materiali da costruzione a bassa emissione di formaldeide e l'assenza del composto organico nei prodotti per il corpo e per la detergenza consentono di minimizzare il rischio correlato all'esposizione. Inoltre, la corretta ventilazione può indurre un significativo abbassamento dei livelli indoor.

### **D.1.12. Acetaldeide**

#### **Come mai si trova nell'aria che respiriamo?**

L'acetaldeide è un composto chimico organico. È una delle aldeidi più importanti, si trova ampiamente in natura e viene prodotta su larga scala nell'industria. L'acetaldeide si trova naturalmente nel caffè, nel pane e nei frutti maturi ed è prodotta dalle piante.

L'uso di acetaldeide è predominante nel processo di sintesi di altre sostanze chimiche. L'inquinante è infatti impiegato nella produzione di profumi, resine poliestere e coloranti basici; è utilizzato anche come conservante di frutta e pesce, come aroma e come denaturante per l'alcol, nella composizione del carburante, per la gelatina indurente e come solvente nelle industrie della gomma, della carta e nelle concerie.

Le principali fonti di acetaldeidi indoor includono inoltre materiali da costruzione, laminato, linoleum, legno verniciato e pavimenti in sughero / pino. Si trova anche in vernici all'acqua e all'emulsione opaca di plastica, nei soffitti in legno e nei mobili in legno, truciolato, compensato.

#### **Quali sono i livelli considerati sicuri?**

Il valore limite di soglia per l'esposizione a breve termine (cioè non superiore a 15 minuti continuativi) è 25 ppm (45 mg/m<sup>3</sup>, pari a 45.000 µg/m<sup>3</sup>). Il massimo valore ammissibile di concentrazione di acetaldeide indoor in un luogo di lavoro è di 50 ppm (90 mg/m<sup>3</sup>, pari a 90.000 µg/m<sup>3</sup>); a questi livelli, un'esposizione prolungata (almeno 8 ore al giorno) all'acetaldeide non dà luogo a irritazioni o danni ai tessuti locali nella mucosa nasale. Quando viene assorbita dall'organismo, l'acetaldeide viene rapidamente metabolizzata nel fegato in acido acetico; solo una piccola parte viene espirata invariata.

I livelli medi di acetaldeide registrati nel corso della campagna di monitoraggio nelle 12 scuole che partecipano al progetto InAirQ sono di gran lunga inferiori ai valori limite di esposizione raccomandati per evitare rischi di danni alla salute.

#### **Cosa posso fare per ridurre la concentrazione di acetaldeide nell'aria indoor?**

Essendo un inquinante endogeno, la corretta ventilazione permette un abbassamento delle concentrazioni di acetaldeide nell'aria indoor. Per limitare la diffusione di questo inquinante nell'aria degli ambienti confinati si suggerisce di controllare la composizione dei conservanti dei cibi e dei materiali utilizzati per gli arredi e per il materiale da cancelleria ed evitare di utilizzare quelli che contengono acetaldeide.



### D.1.13. Propionaldeide

#### **Come mai si trova nell'aria che respiriamo?**

La propionaldeide è un composto chimico usato nella fabbricazione di materie plastiche, nella sintesi di prodotti chimici di gomma oltre che come disinfettante e conservante. Le sue fonti sono localizzate soprattutto negli ambienti esterni, dove viene rilasciata dagli inceneritori di rifiuti urbani e dalla combustione di legna, benzina, diesel e polietilene; inoltre, la propionaldeide è un'emissione naturale di piante arboree.

#### **Quali sono i livelli considerati sicuri?**

Sono presenti poche linee guida e regolamentazioni per l'esposizione alla propionaldeide. Tuttavia il WEEL (Workplace Environmental Exposure Level) raccomanda un limite di esposizione per i lavoratori esposti a propionaldeide di 20 ppm (59 mg/m<sup>3</sup>, pari a 59.000 µg/m<sup>3</sup>), per esposizioni a lungo termine di 8 ore al giorno.

I livelli medi di propionaldeide registrati nel corso della campagna di monitoraggio nelle 12 scuole che partecipano al progetto InAirQ sono di gran lunga inferiori ai valori limite di esposizione raccomandati per evitare rischi di danni alla salute.

#### **Cosa posso fare per ridurre la concentrazione di propionaldeide nell'aria indoor?**

L'uso di materiali da costruzione a bassa emissione di propionaldeide e la prevenzione all'esposizione al fumo di tabacco e ad altre fonti di combustione consentono di minimizzare le concentrazioni di propionaldeide nell'aria indoor. Anche una corretta ventilazione degli ambienti confinati può indurre un significativo abbassamento dei livelli di propionaldeide nell'aria indoor.

### D.1.14. Benzaldeide

#### **Come mai si trova nell'aria che respiriamo?**

La benzaldeide è un'aldeide aromatica con un odore di mandorla, ampiamente utilizzata dall'industria chimica nei cosmetici come denaturante, agente aromatizzante e come profumo. La benzaldeide è comunemente impiegata per conferire sapore di mandorla agli alimenti e ai prodotti profumati. È un additivo alimentare generalmente considerato sicuro ed è accettata come sostanza aromatizzante nell'Unione Europea.

Sebbene la benzaldeide possa essere impiegata come solvente, il suo principale utilizzo è quello di precursore per la sintesi di diversi composti organici, dai farmaci agli additivi per le plastiche. È anche un importante intermedio per la sintesi di coloranti.

La benzaldeide è usata come repellente per le api poiché le api, per evitarne i fumi, si allontanano dai favi del miele lasciando così l'apicoltore libero di rimuovere i telai del miele dall'alveare con meno rischi sia per le api che se stesso.



### **Quali sono i livelli considerati sicuri?**

Per l'esposizione a lungo termine di lavoratori che svolgono le proprie mansioni per almeno 8 ore al giorno in ambienti confinati la cui aria è contaminata da benzaldeide si raccomandano valori di concentrazione massimi di 2 ppm (8 mg/m<sup>3</sup>, pari a 8.000 µg/m<sup>3</sup>); per l'esposizione a breve termine, invece (esposizione di 15 minuti) non si dovrebbero superare le 4 ppm (16 mg/m<sup>3</sup>, pari a 16.000 µg/m<sup>3</sup>). Si tratta comunque di livelli di benzaldeide di gran lunga inferiori di quelli rilevati nelle 12 scuole partecipanti ai monitoraggi nell'ambito del progetto InAirQ.

L'uso in alimenti, cosmetici, prodotti farmaceutici e sapone è generalmente considerato sicuro. La benzaldeide è accettata nell'Unione Europea come agente aromatizzante. Gli studi di tossicologia indicano che è una sostanza sicura e non cancerogena nelle concentrazioni normalmente utilizzate per alimenti e cosmetici e può persino avere proprietà carcinostatiche (anti-cancro).

La benzaldeide non si accumula nei tessuti umani.

### **Cosa posso fare per ridurre la concentrazione di benzaldeide nell'aria indoor?**

Le evidenze scientifiche indicano che la popolazione generale può essere esposta alla benzaldeide attraverso l'inalazione di aria dell'ambiente, l'ingestione di cibo trattato con il composto e il contatto cutaneo con prodotti di consumo contenenti benzaldeide. Per ridurre la concentrazione della benzaldeide nell'aria indoor si suggerisce di evitare l'utilizzo di solventi e materie plastiche realizzati con l'uso di benzaldeide. I livelli misurati, comunque, indicano che l'esposizione è nel range di normalità e non sono necessarie contromisure da adottare.

## **D.1.15. Esanale**

### **Come mai si trova nell'aria che respiriamo?**

L'esanale è un composto organico utilizzato nell'industria profumiera per produrre profumi fruttati. Il suo profumo ricorda l'erba appena tagliata. L'esanale è anche utilizzato nell'industria alimentare per la produzione di aromi fruttati; inoltre, viene utilizzato nella sintesi organica di plastificanti, prodotti chimici di gomma, coloranti, resine sintetiche, insetticidi.

Negli spazi chiusi, l'esanale può essere rilasciato da tavole in truciolato, legno grezzo, vernici a solvente, prodotti per il trattamento del legno.

### **Quali sono i livelli considerati sicuri?**

Per l'esposizione a lungo termine di lavoratori che svolgono le proprie mansioni per almeno 8 ore al giorno in ambienti confinati la cui aria è contaminata da esanale si raccomandano valori di concentrazione massimi di 164 mg/m<sup>3</sup> (pari a 164.000 µg/m<sup>3</sup>) su 8 ore di esposizione. I livelli medi di esanale registrati nel corso della campagna di monitoraggio nelle 12 scuole che partecipano al progetto InAirQ sono di gran lunga inferiori ai valori limite di esposizione raccomandati per evitare rischi di danni alla salute.



## Cosa posso fare per ridurre la concentrazione di esanale nell'aria indoor??

I livelli misurati indicano che l'esposizione è nel range di normalità e non sono necessarie contromisure da adottare. Se si vuole comunque ridurre la concentrazione di esanale nell'aria indoor è necessario leggere attentamente, prima dell'uso, le etichette di plastificanti, prodotti chimici di gomma, coloranti, resine sintetiche, insetticidi ed evitare l'uso di quelli che contengono esanale. L'aerazione dei locali aiuta la riduzione della concentrazione di questo inquinante nell'aria indoor.

## D.2. Campionamento con centralina elettronica per il rilevamento istantaneo degli inquinanti

La seconda metodologia di campionamento utilizzata nel progetto è quella attiva: con una centralina elettronica in grado di rilevare gli inquinanti. Si riportano di seguito i grafici degli andamenti delle concentrazioni degli inquinanti nell'aria indoor rilevati in modo continuo ed istantaneo nel corso della campagna di monitoraggio. Questo tipo di rilevazione, confrontato con quanto riportato all'interno del Time Activity Diary compilato dagli insegnanti durante il monitoraggio, 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.

### D.2.1. Anidride carbonica

#### Come mai si trova nell'aria che respiriamo?

L'anidride carbonica (nota pure come biossido di carbonio o, più correttamente, diossido di carbonio; formula chimica:  $CO_2$ ) è un ossido acido la cui molecola è formata da un atomo di carbonio (simbolo: C) legato a due atomi di ossigeno (O).

In particolare, di fondamentale importanza nei processi vitali di piante e animali, tale sostanza è coinvolta nella fotosintesi e viene prodotta durante la respirazione; oltre a essere prodotta nella maggior parte delle combustioni. Prodotta dalle attività umane, è ritenuta il principale gas serra nell'atmosfera terrestre (da una sua produzione incontrollata deriva infatti un aumento dell'effetto serra, il quale contribuisce al surriscaldamento globale per il 70%).

Il diossido di carbonio è il risultato della combustione di un composto organico in presenza di una quantità di ossigeno sufficiente a completarne l'ossidazione; è il **sottoprodotto della respirazione**. Le piante lo utilizzano per la fotosintesi che, combinandolo con l'acqua e per azione della luce solare e della clorofilla, lo trasforma in glucosio liberando ossigeno come sottoprodotto. Il diossido di carbonio viene prodotto principalmente a partire dai seguenti processi: da combustione di petrolio e carbone fossile; e soprattutto da centrali termoelettriche e da autoveicoli.



### Quali sono i livelli considerati sicuri?

Le persone che si trovano in stanze con una concentrazione di CO<sub>2</sub> al di sotto dello 0,1% (1.000 ppm) si sentono a loro agio, mentre si sentono chiaramente a disagio in stanze con concentrazioni al di sopra dello 0,2% (2.000 ppm).

Un valore limite per gli spazi abitativi è 0,15% (1.500 ppm) di CO<sub>2</sub>. Se si vuole fare un confronto, si consideri che in una camera da letto non ventilata oppure anche in una classe piena possono essere misurati dei valori di concentrazione che sono spesso il triplo (fino a 5.000 ppm).

### Quali sono i livelli della mia scuola?

Si riporta una tabella con i dati registrati durante le campagne indoor e outdoor. Essi sono una media dei valori ottenuti nell'orario di permanenza dei bambini nelle aule.

Scuola	CO2 (ppm)	
	IN	OUT
IT01	1.345,66	548,59
IT02	904,49	507,12
IT03	1.972,06	598,06
IT04	1.735,57	589,93
IT05	1.412,98	563,87
IT06	1.113,64	543,61
IT07	1.283,81	527,08
IT08	1.392,70	546,66
IT09	1.537,01	559,30
IT10	1.410,21	475,14
IT11	1.061,12	453,59
IT12	781,64	466,61
<b>MEDIA</b>	<b>1.329,24</b>	<b>531,63</b>



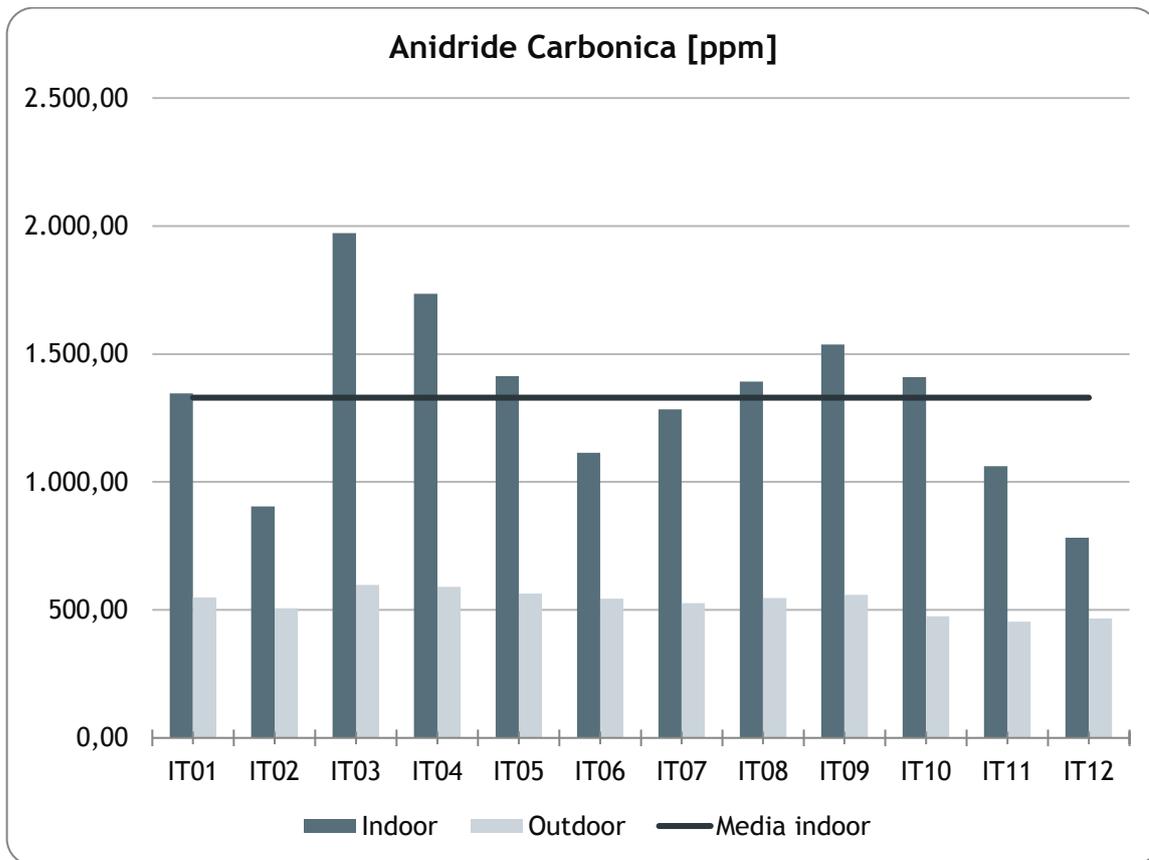


Figura 38. Concentrazione di anidride carbonica indoor e outdoor in tutte le scuole. La linea orizzontale indica la media delle concentrazioni indoor in tutte le scuole.

### Cosa posso fare per ridurre la concentrazione di anidride carbonica nell'aria indoor?

Per ridurre le concentrazioni di anidride carbonica nell'aria indoor è consigliabile installare un impianto di ricircolo dell'aria e di ventilazione adeguato al numero di persone che condividono l'ambiente o, alternativamente, di arieggiare spesso i locali per consentire il ricambio d'aria e la riduzione dei livelli di CO<sub>2</sub>.

### D.2.2. Composti Organici Volatili (VOC) Totali

#### Come mai si trovano nell'aria che respiriamo?

I Composti Organici Volatili sono composti estremamente e capillarmente diffusi in tutti gli oggetti e le sostanze di uso quotidiano, che si possono trovare tipicamente in materiali da costruzione, detersivi, solventi, vernici, benzina, apparecchiature da ufficio come fotocopiatrici e stampanti, bianchetto, carta copiativa e materiali grafici e artigianali, tra cui colle, adesivi e pennarelli permanenti; tutti questi materiali sono piuttosto comuni in una scuola. Per un dettaglio sulle caratteristiche, la tossicità e le concentrazioni limite dei VOC rilevati nell'ambito della campagna di monitoraggio del progetto InAirQ si faccia riferimento al paragrafo *Campionamento passivo* del presente elaborato.



### Quali sono i livelli considerati sicuri?

Ogni Composto Organico Volatile presenta, per la sua propria natura a cui sono legati specifici livelli di tossicità, dei valori di soglia e limiti di tolleranza specifici. Nel paragrafo D1 del presente elaborato, dedicato ai risultati del campionamento passivo, si illustrano, composto per composto, i valori limite di concentrazione. Si segnala qui che i valori di ciascun VOC rilevati nell'ambito del campionamento passivo in ognuna delle 12 scuole che partecipano al monitoraggio della qualità dell'aria indoor sono di gran lunga inferiori a tutte le soglie di concentrazione cautelative stabilite dagli organismi preposti che tramite queste soglie perseguono l'obiettivo di tutelare la salute umana. Per questo motivo, al di là dei singoli risultati, i livelli di VOC rilevati nell'aria indoor nell'ambito del monitoraggio non destano alcuna preoccupazione.

### Quali sono i livelli della mia scuola?

Si riporta una tabella con i dati registrati durante le campagne indoor e outdoor. Essi sono una media dei valori ottenuti nell'orario di permanenza dei bambini nelle aule.

Scuola	VOC (ppm)	
	IN	OUT
IT01	164,49	135,36
IT02	385,11	263,53
IT03	251,35	207,22
IT04	328,25	245,92
IT05	266,97	192,46
IT06	274,57	236,72
IT07	249,05	150,88
IT08	338,03	234,63
IT09	314,14	155,28
IT10	301,88	107,40
IT11	278,46	93,95
IT12	290,79	139,49
<b>MEDIA</b>	<b>286,92</b>	<b>180,24</b>

I dati orari mostrano un andamento regolare dei VOC rispetto alle attività svolte nel locale in cui vengono rilevati: in generale, i picchi corrispondono alla presenza della classe all'interno dell'aula, mentre nelle ore notturne le concentrazioni si abbassano gradualmente fino a raggiungere il minimo nei minuti precedenti all'apertura della scuola. Questo primo elemento ci porta a pensare che i composti organici volatili sono "portati"



all'interno della scuola dalle persone che provengono dall'esterno, oppure penetrano dall'esterno al momento dell'apertura di porte e finestre.

Si nota, inoltre, che quotidianamente ci sono dei picchi relativi di concentrazione di VOC intorno alle ore 17.00 - 19.00, in corrispondenza delle attività di pulizia che vengono svolte all'interno dell'aula. In questo caso, l'ipotesi è che i prodotti utilizzati per le pulizie contengano composti organici volatili che si liberano nell'aria al momento dell'uso di questi prodotti.

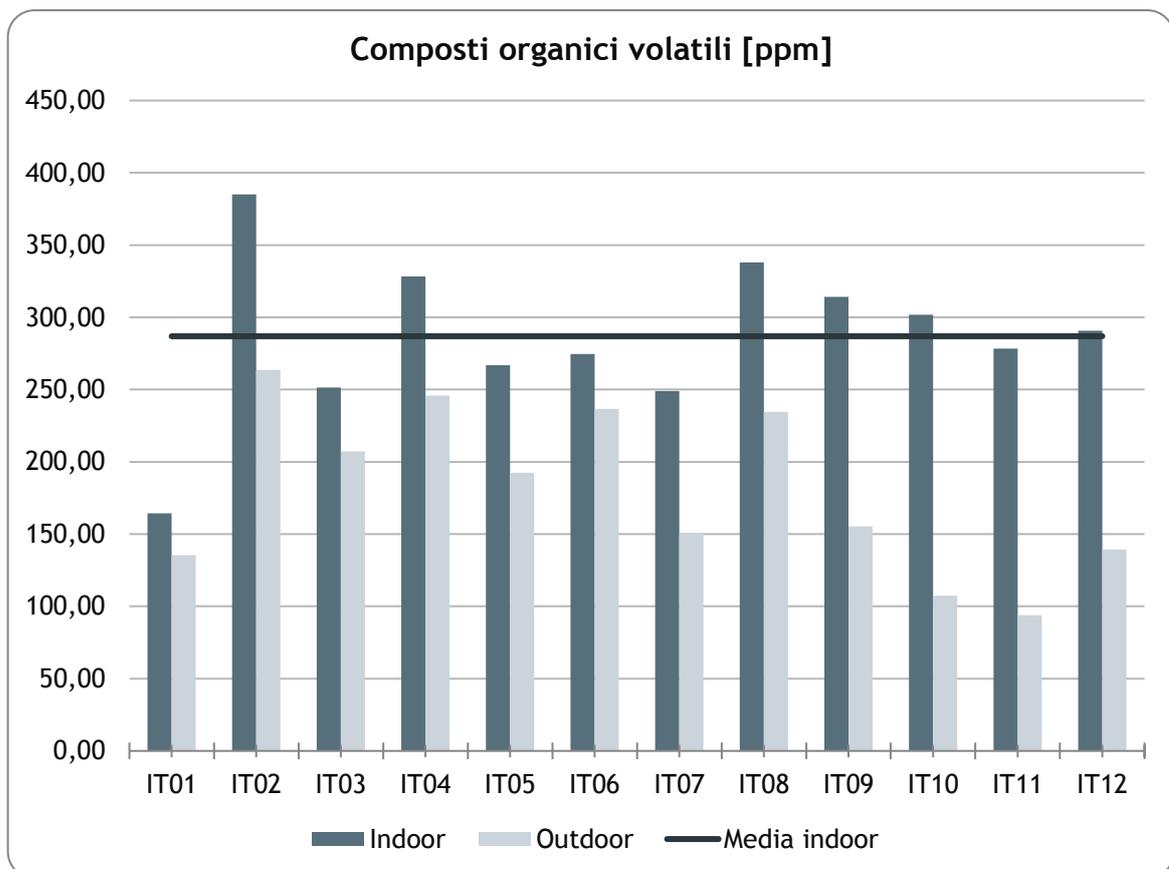


Figura 39. Concentrazione di Composti Organici Volatili indoor e outdoor in tutte le scuole. La linea orizzontale indica la media delle concentrazioni indoor in tutte le scuole.

### Cosa posso fare per ridurre la concentrazione di VOC nell'aria indoor?

Si può ridurre l'esposizione eliminando i prodotti o i materiali che contengono VOC oppure utilizzando quelli che ne rilasciano quantità inferiori. In particolare, per ridurre la concentrazione di VOC nell'aria degli ambienti confinati si suggerisce di

- ventilare i locali sia durante sia dopo l'uso di prodotti contenenti VOC;
- controllare le fonti e le etichette evitando l'uso di prodotti o materiali che contengano VOC e ripiegando su alternative più ecocompatibili;
- rimuovere dagli ambienti confinati i prodotti vecchi inutilizzati ed acquistare solo i prodotti strettamente necessari;



- seguire accuratamente le istruzioni fornite dalla ditta produttrice (ad esempio, se l’etichetta riporta la dicitura “utilizzare il prodotto in un ambiente ben ventilato”, aprire le finestre durante l’utilizzo oppure spostarsi all’aperto);
- riporre i prodotti contenenti VOC in un luogo ben areato e lontano dalla portata di bambini;
- evitare l’uso di deodoranti/profumatori per la casa;
- limitare l’utilizzo di prodotti contenenti cloruro di metilene (i prodotti che lo contengono possono essere sverniciatori, prodotti per la rimozione di adesivi e vernici spray) nel caso di utilizzo di tali prodotti, provvedere ad usarli preferibilmente in un luogo ben areato;
- limitare al minimo l’uso di prodotti contenente benzene (le principali sorgenti indoor sono il fumo di tabacco, prodotti per la verniciatura e lo stoccaggio di prodotti combustibili);
- limitare al minimo l’esposizione al percloroetilene (tale sostanza viene utilizzata nel lavaggio a secco), quindi cercare di ridurre al minimo l’utilizzo di tali prodotti e ventilare gli abiti dopo il lavaggio a secco prima di riporli negli armadi.

Esistono, inoltre, valide alternative all’uso dei VOC, specie nell’ambito delle pulizie domestiche. Infatti, spesso i prodotti di cui si ha davvero bisogno per la pulizia sono pochi: un unico prodotto può essere usato per diversi scopi e le quantità realmente necessarie per ottenere un determinato effetto sono spesso inferiori a quelle indicate sulle confezioni. Inoltre, alcune alternative naturali sono altrettanto efficaci dei detersivi chimici. L’aceto, ad esempio, si presta per lavare e sgrassare stoviglie, per pulire i vetri ed eliminare le tracce di calcare. Disciolto in acqua, meglio se calda, è un buon detersivo (come l’acido citrico e il bicarbonato); usato puro è un decalcificante molto efficace. Il succo di limone, usato in combinazione con il sale e l’aceto bianco, è un’altra valida alternativa al detersivo per le stoviglie.

### D.2.3. Particolato (PM 2.5 e PM 10)

#### Come mai si trova nell’aria che respiriamo?

Particolato, particolato sospeso, pulviscolo atmosferico, polveri sottili, polveri totali sospese (PTS), sono termini che identificano l’insieme delle sostanze sospese in aria (fibre, particelle carboniose, metalli, silice, inquinanti liquidi o solidi). È presente in atmosfera terrestre per cause naturali e antropiche o in luoghi di lavoro industriali.

Il particolato è l’inquinante che oggi è considerato di maggiore impatto nelle aree urbane, ed è composto da tutte quelle particelle solide e liquide disperse nell’atmosfera.

Gli elementi che concorrono alla formazione di questi aggregati sospesi nell’aria sono numerosi e comprendono fattori sia naturali che antropici (ovvero causati dall’uomo), con diversa pericolosità a seconda dei casi.

Tra i fattori naturali vi sono ad esempio:

- polvere, terra, sale marino alzati dal vento (il cosiddetto “aerosol marino”);
- incendi;



- microrganismi;
- pollini e spore;
- erosione di rocce;
- eruzioni vulcaniche.

Fra i fattori antropici si include gran parte degli inquinanti atmosferici:

- emissioni della combustione dei motori a combustione interna (autocarri, automobili, aeroplani, navi);
- emissioni del riscaldamento domestico (in particolare gasolio, carbone e legna);
- residui dell'usura del manto stradale, dei freni e delle gomme delle vetture;
- emissioni di lavorazioni meccaniche, dei cementifici, dei cantieri;
- lavorazioni agricole;
- inceneritori e centrali elettriche;
- fumo di tabacco.

Il rapporto fra fattori naturali ed antropici è molto differente a seconda dei luoghi. È stato stimato che in generale le sorgenti naturali contribuiscono per il 94% del totale lasciando al fattore umano meno del 10%. Tuttavia queste proporzioni cambiano notevolmente nelle aree urbane dove l'apporto preponderante sono senza dubbio il traffico stradale e il riscaldamento domestico (in misura più limitata se si utilizzano caldaie a gas), nonché eventuali impianti industriali (raffinerie, cementifici, centrali termoelettriche, inceneritori ecc.).

Altro aspetto riguarda la composizione di queste polveri. In genere, il particolato prodotto da processi di combustione, siano essi di origine naturale (incendi) o antropica (motori, riscaldamento, legna da ardere, industrie, centrali elettriche, ecc.), è caratterizzato dalla presenza preponderante di carbonio e sottoprodotti della combustione; si definisce pertanto "particolato carbonioso". Esso è considerato, in linea di massima e con le dovute eccezioni, più nocivo nel caso in cui sia prodotto dalla combustione di materiali organici particolari quali ad esempio le plastiche, perché può trasportare facilmente sostanze tossiche che residuano da tale genere di combustione (composti organici volatili, diossine, ecc.).

Per quanto riguarda i particolati "naturali", molto dipende dalla loro natura, in quanto si va da particolati aggressivi per le infrastrutture quale l'aerosol marino (fenomeni di corrosione e danni a strutture cementizie), a particolati nocivi come terra o pollini, per finire con particolati estremamente nocivi come l'asbesto.

Un'altra fonte sono le ceneri vulcaniche disperse nell'ambiente dalle eruzioni che sono spesso all'origine di problemi respiratori nelle zone particolarmente esposte e molto raramente possono addirittura raggiungere quantità tali che, proiettate a una quota, possono rimanere nell'alta atmosfera per anni e sono in grado di modificare radicalmente il clima.

La quantità totale di polveri sospese è in genere misurata in maniera quantitativa (peso / volume). In assenza di inquinanti atmosferici particolari, il pulviscolo contenuto nell'aria raggiunge concentrazioni diverse nei diversi ambienti, generalmente è minimo in zone di alta montagna, e aumenta spostandosi dalla campagna alla città, alle aree industriali.



L'insieme delle polveri totali sospese (PTS) può essere scomposto a seconda della distribuzione delle dimensioni delle particelle. Le particelle sospese possono essere campionate mediante filtri di determinate dimensioni, analizzate quantitativamente ed identificate riportando il diametro di queste col diametro di una particella sferica avente densità unitaria ( $1 \text{ g/cm}^3$ ).

Per individuare le varie frazioni di particolato si utilizza un identificativo formale delle dimensioni, il Particulate Matter (abbreviato in PM), seguito dal diametro aerodinamico massimo delle particelle. Si parla di PM10 per tutte le particelle con diametro inferiore a  $10 \mu\text{m}$ ; il PM2,5 è un sottoinsieme del PM10, che a sua volta è un sottoinsieme del particolato grossolano ecc.

In particolare, si definiscono:

- particolato grossolano, il particolato sedimentabile di dimensioni superiori ai  $10 \mu\text{m}$ , non in grado di penetrare nel tratto respiratorio superando la laringe, se non in piccola parte.
- PM10, il particolato formato da particelle inferiori a  $10 \mu\text{m}$  (cioè inferiori a un centesimo di millimetro). È una polvere inalabile, cioè in grado di penetrare nel tratto respiratorio superiore (naso e laringe). Le particelle fra circa  $5$  e  $2,5 \mu\text{m}$  si depositano prima dei bronchioli.
- PM2,5, il particolato fine con diametro inferiore a  $2,5 \mu\text{m}$  (un quarto di centesimo di millimetro). È una polvere toracica, cioè in grado di penetrare profondamente nei polmoni, specie durante la respirazione dalla bocca.

Per dimensioni ancora inferiori (particolato ultrafine, UFP o UP) si parla di polvere respirabile, cioè in grado di penetrare profondamente nei polmoni fino agli alveoli; vi sono discordanze tra le fonti per quanto riguarda la loro definizione, per quanto sia più comune e accettata la definizione di UFP come PM0,1 (particelle con diametro inferiore a  $0,1 \mu\text{m}$ ) piuttosto che come PM1 (particelle con diametro inferiore a  $1 \mu\text{m}$ , di cui comunque sono un sottoinsieme). Vi sono, inoltre, le nanopolveri, particolato con diametro dell'ordine di grandezza dei nanometri (un nanometro = PM0,001).

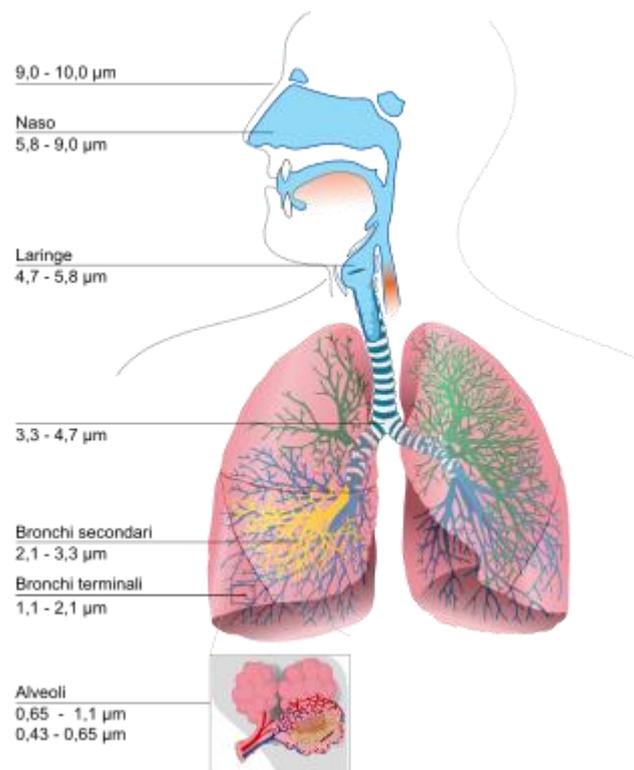


Figura 40. Penetrazione delle polveri nell'apparato respiratorio

Le tecniche gravimetriche (basate quindi sul peso delle polveri) non riescono a misurare con la precisione e sensibilità sufficiente i quantitativi di particolato ancora più fine.

Sono state però messe a punto tecniche ottiche basate sull'uso del laser e in grado di "contare" il numero di particelle presenti per unità di superficie di caduta. In questo paragrafo i dati mostrati si riferiscono a questa tecnica.

#### Quali sono i livelli considerati sicuri?

Al PM10 fanno riferimento alcune normative (fra cui le direttive europee 2008/50/CE sulla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa e quelle sulle emissioni dei veicoli), tuttavia tale parametro si sta dimostrando relativamente inaccurato, dato che sono i PM2,5 ed i PM1 (anche se comunque correlati al PM10) ad avere i maggiori effetti negativi sulla salute umana e animale. Per le emissioni di impianti industriali (fabbriche, centrali, inceneritori) il riferimento è ancora più grossolano (le Polveri Sospese Totali PTS), e si riferisce solamente al peso totale delle polveri e non alla loro dimensione.

Nel 2006 l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), riconoscendo la correlazione fra esposizione alle polveri sottili e insorgenza di malattie cardiovascolari e l'aumentare del danno arrecato all'aumentare della finezza delle polveri, ha indicato il PM2,5 come elemento aggiuntivo di riferimento delle polveri sottili nell'aria e ha abbassato i livelli di concentrazione massimi "consigliati" a 20 e 10 µg/m<sup>3</sup>, rispettivamente, per PM10 e PM2,5.



Nell'aprile 2008 l'Unione Europea ha adottato definitivamente una nuova direttiva (2008/50/EC) che detta limiti di qualità dell'aria con riferimento anche alle PM 2,5. Tale direttiva è stata recepita dalla legislazione italiana con il D.Lgs 155/2010, che abroga numerosi precedenti decreti che stabilivano limiti più bassi per questo inquinante.

I limiti per la concentrazione delle PM10 nell'aria esterna sono così stabiliti:

- Valore limite per la media annuale: 40 µg/m<sup>3</sup>
- Valore limite giornaliero (24-ore): 50 µg/m<sup>3</sup>
- Numero massimo di superamenti consentiti in un anno civile: 35 gg/anno

Per le PM 2,5 il decreto non prevede dei limiti sulla concentrazione media giornaliera, come per le PM10, ma dal 2011 è scattato l'obbligo per monitoraggio di tali polveri, con l'obiettivo di raggiungere al 2015 un valore limite medio annuo fissato a 25 µg/m<sup>3</sup>.

In tutte le scuole monitorate nell'ambito del progetto InAirQ i valori medi di PM10 e di PM2,5 sono largamente al disotto dei valori limite stabiliti dalla normativa nazionale e non destano, quindi, particolare preoccupazione.

#### Quali sono i livelli della mia scuola?

Si riporta una tabella con i dati registrati durante le campagne indoor e outdoor. Essi sono una media dei valori ottenuti nell'orario di permanenza dei bambini nelle aule.

Scuola	PM 2.5 (µg/m <sup>3</sup> )		PM 10 (µg/m <sup>3</sup> )	
	IN	OUT	IN	OUT
IT01	16,49	20,10	35,91	36,45
IT02	11,11	5,67	24,83	13,84
IT03	11,10	20,96	19,91	36,10
IT04	10,74	15,25	20,84	33,36
IT05	10,42	17,55	20,69	29,00
IT06	8,56	14,64	16,95	22,22
IT07	8,22	14,29	16,33	34,18
IT08	8,46	21,25	17,03	41,76
IT09	11,51	37,80	22,08	66,57
IT10	10,33	4,49	21,90	10,15
IT11	9,19	4,91	18,35	10,68
IT12	10,06	4,80	28,69	15,68
<b>MEDIA</b>	<b>10,51</b>	<b>15,14</b>	<b>21,96</b>	<b>29,17</b>





Dai dati di dettaglio orario non sembra emergere alcun legame tra le concentrazioni di polveri nell'aria outdoor e nell'aria indoor mentre, al contrario, sembra esserci una diretta correlazione tra la diffusione del particolato nell'aria indoor e la presenza degli alunni nella classe di riferimento. Questo può essere dovuto al fatto che le persone presenti in classe “portano” con sé la polvere (polvere che rimane sotto le scarpe dopo aver camminato all'aperto, fibre dei tessuti indossati, risollevarsi della polvere dagli arredi o dalle suppellettili dovuto all'agitazione dell'aria provocata dal movimento delle persone). Lungi dall'essere un risultato preoccupante (poiché, come già detto, i valori delle polveri non superano i valori limite stabiliti dalla normativa), si tratta comunque di un'indicazione che può essere utile nel mettere in pratica azioni di contrasto della diffusione delle polveri nell'aria indoor.

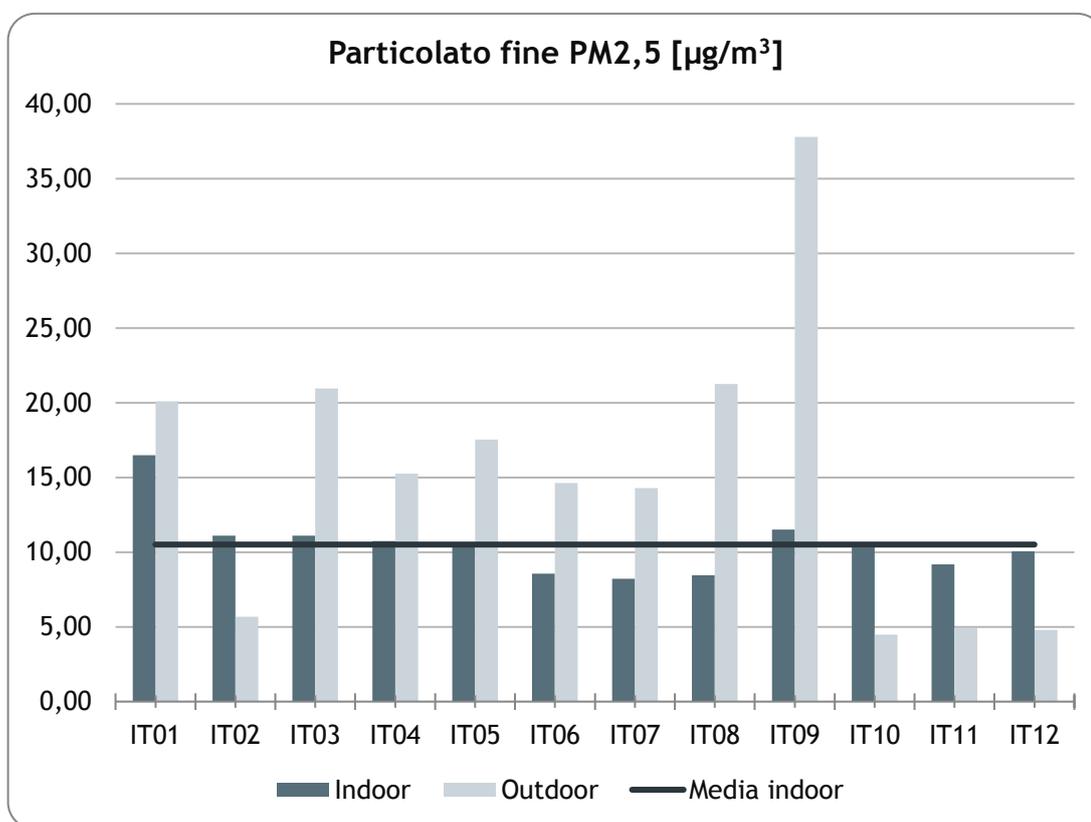


Figura 41. Concentrazione di particolato fine (PM2,5) indoor e outdoor in tutte le scuole. La linea orizzontale indica la media delle concentrazioni indoor in tutte le scuole.

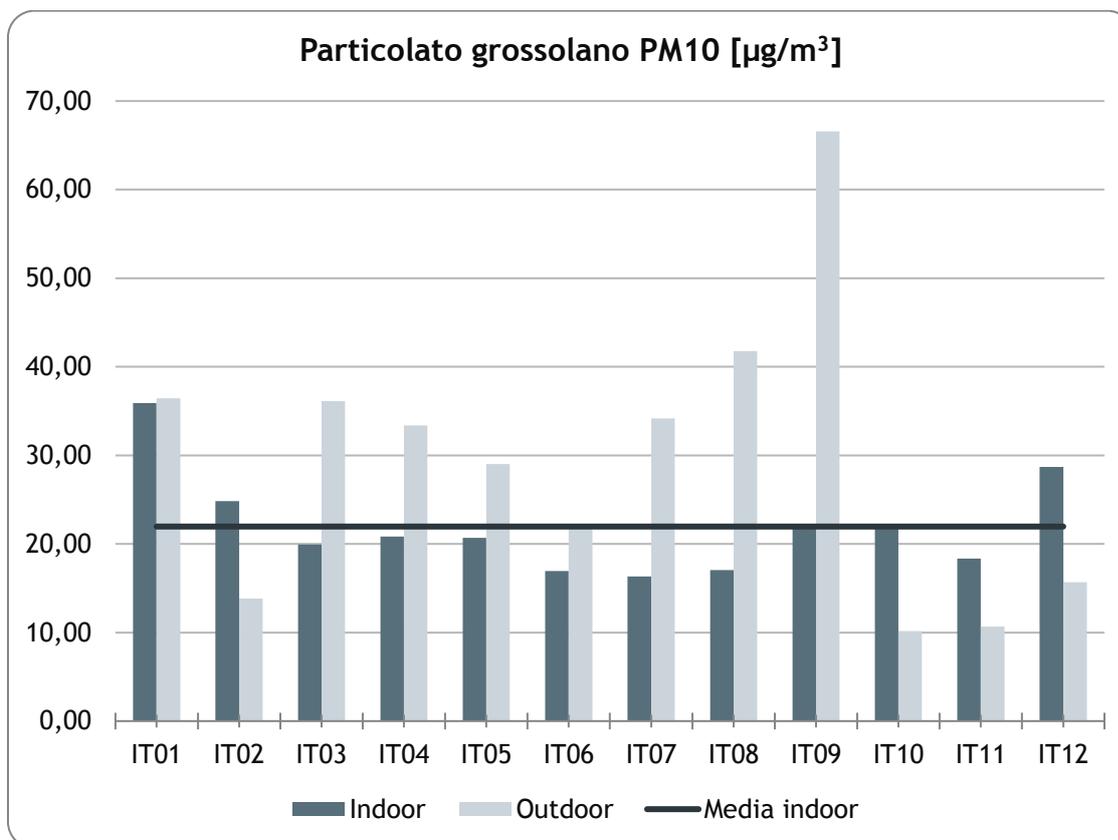


Figura 42. Concentrazione di particolato grossolano (PM10) indoor e outdoor in tutte le scuole. La linea orizzontale indica la media delle concentrazioni indoor in tutte le scuole.

### Cosa posso fare per ridurre la concentrazione di polveri nell'aria indoor??

Per evitare l'infiltrazione delle polveri sottili negli ambienti chiusi si suggerisce di chiudere gli interstizi fra muratura e cassonetti delle tapparelle, muratura e corsie delle tapparelle, muratura e casse dei telai delle finestre; di controllare le guarnizioni delle ante delle finestre e di sigillare i vetri ai telai delle finestre. Inoltre, si suggerisce di arieggiare con aria pulita le stanze degli edifici nelle prime ore della giornata, quando la concentrazione del PM all'esterno è più bassa. Se l'aria outdoor è comunque polverosa, si suggerisce di filtrarla attraverso un filtro HEPA con un ventilatore (noto anche come purificatore d'aria).

#### D.2.4. Diossido di Azoto

##### Come mai si trova nell'aria che respiriamo?

Il diossido di azoto è un gas dall'odore soffocante, irritante e caratteristico, che a temperatura ordinaria presenta una colorazione rosso-bruna. È più denso dell'aria, pertanto i suoi vapori tendono a stagnare a livello del suolo. Il suo uso primario è nella produzione di fertilizzanti. Le principali fonti di  $\text{NO}_2$  nell'aria ambiente sono i motori a combustione interna che bruciano combustibili fossili. All'aperto,  $\text{NO}_2$  può essere il risultato del traffico proveniente da veicoli a motore. Una delle principali fonti di esposizione interna a  $\text{NO}_2$  è data dall'uso di stufe a gas per cucinare o riscaldare.



### Quali sono i livelli considerati sicuri?

I valori di concentrazione di NO<sub>2</sub> nell'aria considerati soglia di sicurezza per la tutela della salute umana sono di 1,8 mg/m<sup>3</sup> (1 ppm/m<sup>3</sup>) per un'esposizione prolungata (pari ad almeno 8 ore al giorno).

### Quali sono i livelli della mia scuola?

Si riporta una tabella con i dati registrati durante le campagne indoor e outdoor. Essi sono una media dei valori ottenuti nell'orario di permanenza dei bambini nelle aule.

Scuola	NO2 (ppm)	
	IN	OUT
IT01	0,03	0,06
IT02	0,03	0,04
IT03	0,03	0,07
IT04	0,04	0,07
IT05	0,03	0,09
IT06	0,04	0,10
IT07	0,03	0,11
IT08	0,04	0,11
IT09	0,03	0,10
IT10	0,04	0,11
IT11	0,05	0,11
IT12	0,06	0,11
<b>MEDIA</b>	<b>0,04</b>	<b>0,09</b>

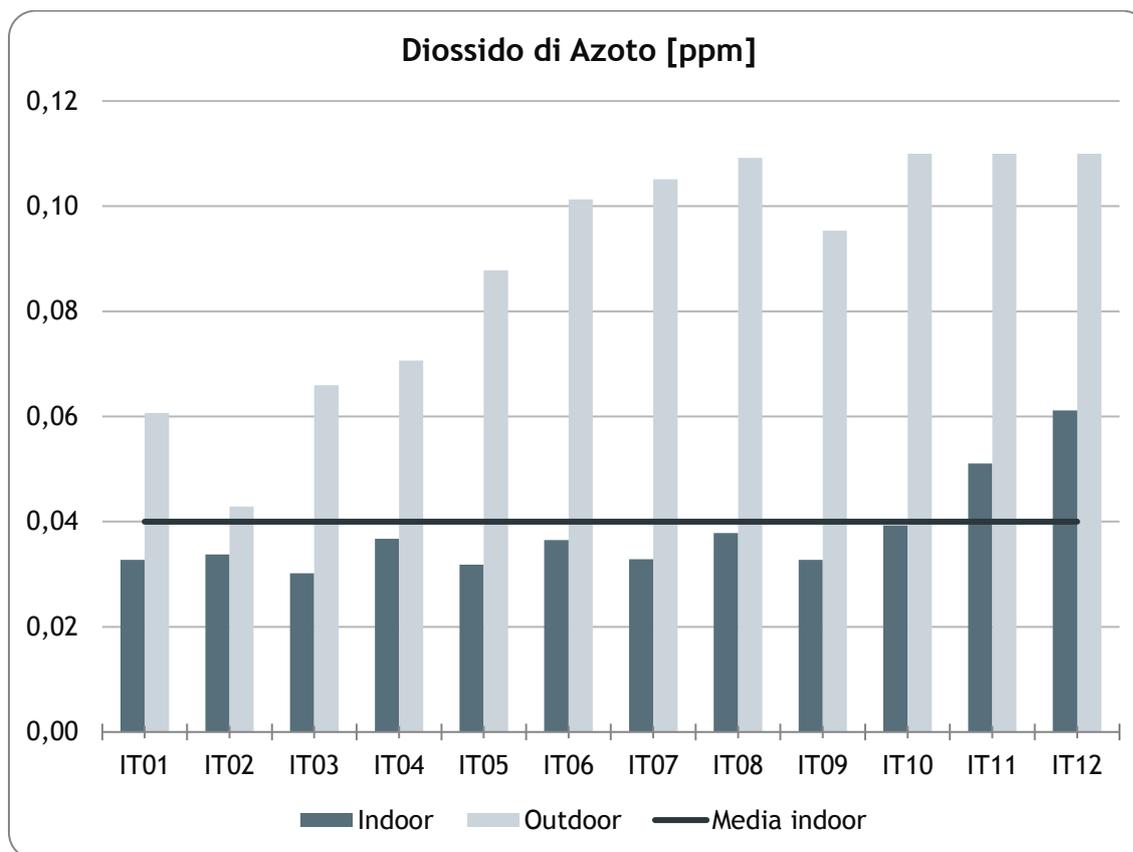


Figura 43. Concentrazione di diossido di azoto indoor e outdoor in tutte le scuole. La linea orizzontale indica la media delle concentrazioni indoor in tutte le scuole.

### Cosa posso fare per ridurre la concentrazione di NO<sub>2</sub> nell'aria indoor?

I livelli misurati indicano che la concentrazione media riscontrata nella scuola rientra nel range di normalità; non sono quindi necessarie contromisure da adottare.

### D.2.5. Monossido di Carbonio

#### Come mai si trova nell'aria che respiriamo?

Il monossido di carbonio è un gas velenoso particolarmente insidioso in quanto inodore e insapore. Il monossido di carbonio viene prodotto da reazioni di combustione in difetto di aria (cioè quando l'ossigeno presente nell'aria non è sufficiente a convertire tutto il carbonio in anidride carbonica), per esempio negli incendi di foreste e boschi, dove il prodotto principale della combustione rimane comunque l'anidride carbonica. Altre fonti naturali sono i vulcani, mentre la maggior parte si genera da reazioni fotochimiche che avvengono nella troposfera. Si sprigiona durante le combustioni in ambienti chiusi e dalle vecchie stufe a gas liquido, responsabili dell'alta frequenza di intossicazione da monossido di carbonio.



### **Quali sono i livelli considerati sicuri?**

I valori di concentrazione di anidride carbonica nell'aria considerati soglia di sicurezza per la tutela della salute umana sono di 35 ppm (40 mg/m<sup>3</sup>) per un'esposizione prolungata (pari ad almeno 8 ore al giorno).

### **Quali sono i livelli della mia scuola?**

1,2 ppm, limite inferiore registrabile dalla strumentazione.

### **Cosa posso fare per ridurre la concentrazione di anidride carbonica nell'aria indoor?**

I livelli misurati indicano che la concentrazione media riscontrata nella scuola rientra nel range di normalità; non sono quindi necessarie contromisure da adottare.

## **D.2.6. Ammoniaca**

### **Come mai si trova nell'aria che respiriamo?**

L'ammoniaca è un composto dell'azoto di formula chimica NH<sub>3</sub>. Si presenta come un gas incolore, tossico, dal caratteristico odore pungente. Viene anche utilizzata come base per fertilizzanti agricoli, come componente per vernici, per la produzione di nylon e fibre sintetiche, per la produzione di materie plastiche e polimeri, come solvente, nell'industria cartaria come sbiancante, nell'industria della gomma, negli ambienti domestici come detergente per vari usi che può essere utilizzato su molte superfici, nelle tinture per capelli, nella produzione di sigarette in quanto l'ammoniaca velocizza il processo di assunzione della nicotina da parte dei recettori del cervello, nella lavorazione di carne per hamburger per sterilizzarla dal batterio E. Coli.

### **Quali sono i livelli considerati sicuri?**

I valori di concentrazione di NH<sub>3</sub> nell'aria considerati soglia di sicurezza per la tutela della salute umana sono di 25 ppm (18 mg/m<sup>3</sup>) per un'esposizione prolungata (pari ad almeno 8 ore al giorno).

### **Quali sono i livelli della mia scuola?**

1 ppm, limite inferiore registrabile dalla strumentazione.

### **Cosa posso fare per ridurre la concentrazione di NH<sub>3</sub> nell'aria indoor?**

I livelli misurati indicano che la concentrazione media riscontrata nella scuola rientra nel range di normalità; non sono quindi necessarie contromisure da adottare.

## **D.2.7. Ozono**

### **Come mai si trova nell'aria che respiriamo?**

L'ozono è una sostanza gassosa dal caratteristico odore pungente, lo stesso che accompagna talvolta i temporali, dovuto proprio all'ozono prodotto dalle scariche



elettriche dei fulmini; il suo nome deriva dal verbo greco ὄζειν, “puzzare” ed è fortemente irritante per le mucose. È un energico ossidante e per gli esseri viventi è un gas altamente velenoso. È tuttavia un gas essenziale alla vita sulla Terra per via della sua capacità di assorbire la luce ultravioletta: lo strato di ozono presente nella stratosfera protegge infatti la Terra dall’azione nociva dei raggi ultravioletti UV-C provenienti dal Sole. L’ozono è presente negli strati alti dell’atmosfera e si concentra soprattutto a 25 km di altezza, strato per questo denominato “ozonosfera”. È considerato un gas serra ma, diversamente da altri gas serra che trattengono l’energia proveniente dalla superficie terrestre, l’ozono assorbe e trattiene parte dell’energia proveniente direttamente dal Sole. L’ozono è presente in piccola parte anche negli strati più bassi dell’atmosfera (è uno dei principali componenti dello smog prodotto dall’uomo nelle grandi città): diversamente dall’ozono che si trova nella stratosfera, quello troposferico risulta essere un inquinante molto velenoso se respirato a grandi dosi. Il bassissimo livello di fondo naturale dell’ozono a livello del suolo è comunque considerato sicuro.

L’ozono a livello del suolo proviene principalmente dall’azione dei raggi ultravioletti diurni su particolari gruppi di sostanze inquinanti, denominate precursori dell’ozono, che tipicamente sono quelle emesse durante la combustione dei combustibili fossili (ossidi di azoto, composti organici volatili, monossido di carbonio). Tra i precursori dell’ozono vi è anche il metano, che è un precursore naturale. Per il suo meccanismo di formazione, innescato dall’azione dell’irraggiamento solare sulle sostanze disperse in atmosfera, l’ozono è anche definito “inquinante fotochimico”. L’ozono può anche essere presente nell’inquinamento dell’aria interna, in parte a causa di apparecchiature elettroniche come fotocopiatrici, in parte in virtù dell’azione dei raggi ultravioletti sui precursori dell’ozono eventualmente presenti nell’aria indoor. Dato il suo potere ossidante, l’ozono viene impiegato per sbiancare e disinfettare, in maniera analoga al cloro.

### Quali sono i livelli considerati sicuri?

Nell’UE l’attuale valore obiettivo per le concentrazioni di ozono è di 120 µg/m<sup>3</sup> come media massima giornaliera calcolata su 8 ore.

### Quali sono i livelli della mia scuola?

Si riporta una tabella con i dati registrati durante le campagne indoor e outdoor. Essi sono una media dei valori ottenuti nell’orario di permanenza dei bambini nelle aule.

Scuola	O3 (µg/m <sup>3</sup> )	
	IN	OUT
<b>IT01</b>	95,86	65,16
<b>IT02</b>	77,10	26,08
<b>IT03</b>	38,39	35,81
<b>IT04</b>	189,42	55,12
<b>IT05</b>	34,54	33,86



<b>IT06</b>	174,90	82,87
<b>IT07</b>	35,37	54,51
<b>IT08</b>	29,91	32,15
<b>IT09</b>	158,25	48,92
<b>IT10</b>	63,63	113,56
<b>IT11</b>	285,18	85,08
<b>IT12</b>	266,04	123,75
<b>MEDIA</b>	120,72	63,07

Dalle analisi sui dati di dettaglio orari, non sembra emergere alcun legame tra la concentrazione di ozono nell'aria outdoor e nell'aria indoor né tra la concentrazione di ozono nell'aria indoor e la presenza degli alunni nelle classi di riferimento. Si notano dei picchi di concentrazione di ozono in 3 scuole e solo in alcuni momenti, probabilmente associati a un maggior irraggiamento solare che, agendo sui precursori, ha generato ozono indoor. L'ipotesi di un maggior irraggiamento solare sembrerebbe trovare riscontro anche nel monitoraggio outdoor, infatti i dati mostrano un aumento di concentrazione di ozono anche nell'aria outdoor negli stessi momenti in cui si nota il picco indoor.

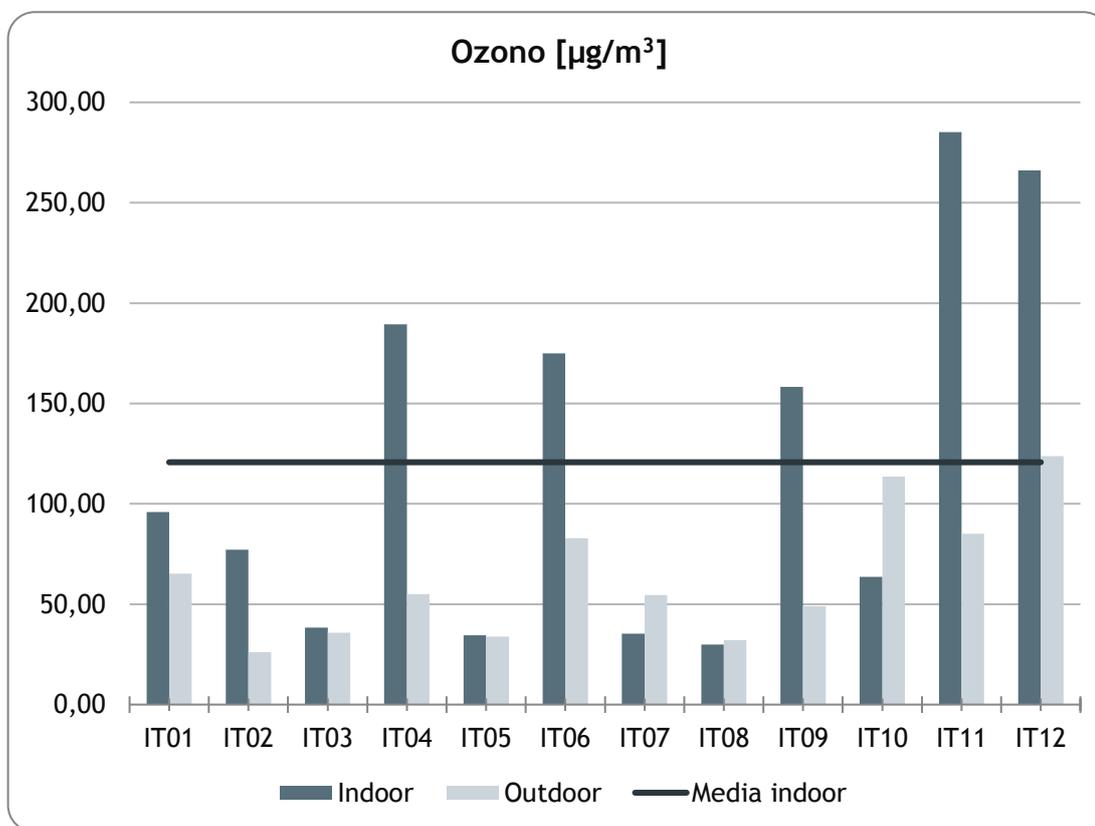


Figura 44. Concentrazione di ozono indoor e outdoor in tutte le scuole. La linea orizzontale indica la media delle concentrazioni indoor in tutte le scuole.



### **Cosa posso fare per ridurre la concentrazione di ozono nell'aria indoor?**

Per contenere la concentrazione di ozono nell'aria indoor entro i limiti considerati sicuri è necessario evitare l'eccessivo irraggiamento luminoso ultravioletto per limitarne la produzione indoor. Il valore riscontrato indoor nell'aula sottoposta a monitoraggio si attesta comunque entro il limite consentito per la salubrità dell'aria.





## E. Conclusioni

I risultati della campagna di monitoraggio della qualità dell'aria indoor realizzati nelle scuole italiane mostrano che la performance dei parametri monitorati è relativamente positiva, considerato il fatto che si trovano in una delle città più inquinate d'Italia (Torino). Infatti, i valori degli inquinanti rilevati sono al di sotto dei valori limite stabiliti dalla normativa e/o dagli organismi nazionali e internazionali che delineano le linee guida per la qualità dell'aria con l'obiettivo di tutela della salute umana.

Cogliamo nuovamente l'occasione per sottolineare una volta di più che il progetto InAirQ non ha l'obiettivo di misurare la qualità dell'aria caratterizzandola rispetto alla concentrazione di inquinanti ma, piuttosto, di individuare le cause della diffusione di tali inquinanti nell'aria indoor e, quindi, i possibili interventi finalizzati a ridurre la presenza. Le misurazioni effettuate, perciò, servono solo a dare un'idea complessiva della presenza degli inquinanti principali nell'aria indoor e outdoor, e non hanno quindi la pretesa di sostituirsi ai dati ufficiali pubblicati da ARPA Piemonte, i quali devono, in ogni caso, rappresentare il riferimento ufficiale e accreditato per qualsiasi considerazione relativa alla qualità dell'aria outdoor a livello urbano

Sebbene i valori medi che emergono dai risultati del monitoraggio non siano tali da destare preoccupazione per eventuali rischi sulla salute dei bambini, al fine di contenere le concentrazioni di tali inquinanti si suggeriscono le misure indicate in Tabella 4.

Tabella 4. Misure per contenere la diffusione degli inquinanti negli ambienti confinati

INQUINANTE	MISURE PER RIDURRE LA CONCENTRAZIONE
Particolato PM10 e PM2,5	<ul style="list-style-type: none"><li>• Chiudere gli interstizi fra muratura e cassonetti delle tapparelle, fra muratura e corsie delle tapparelle, fra muratura e casse dei telai delle finestre</li><li>• Controllare le guarnizioni delle ante delle finestre</li><li>• Sigillare i vetri ai telai delle finestre</li><li>• Arieggiare con aria pulita le stanze degli edifici nelle prime ore della giornata, quando la concentrazione del PM all'esterno è più bassa. Se l'aria outdoor è comunque polverosa, si suggerisce di filtrarla attraverso un filtro HEPA con un ventilatore (purificatore d'aria).</li></ul>
CO2	<ul style="list-style-type: none"><li>• Installare un impianto di ricircolo dell'aria e di ventilazione adeguato al numero di persone che condividono l'ambiente</li><li>• Ventilare correttamente e adeguatamente gli ambienti confinati</li></ul>
Ozono	<ul style="list-style-type: none"><li>• evitare l'eccessivo irraggiamento luminoso ultravioletto per limitarne la produzione indoor.</li></ul>
VOC	<ul style="list-style-type: none"><li>• ventilare i locali sia durante sia dopo l'uso di prodotti contenenti VOC;</li><li>• controllare le fonti e le etichette evitando l'uso di prodotti o materiali che contengano VOC e ripiegando su alternative più ecocompatibili;</li><li>• riporre i prodotti contenenti VOC in un luogo ben areato e lontano dalla portata di bambini;</li></ul>



INQUINANTE	MISURE PER RIDURRE LA CONCENTRAZIONE
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• evitare l'uso di deodoranti/profumatori per la casa;</li> <li>• evitare il fumo di tabacco</li> <li>• limitare l'utilizzo di prodotti contenenti cloruro di metilene (i prodotti che lo contengono possono essere sverniciatori, prodotti per la rimozione di adesivi e vernici spray);</li> <li>• limitare al minimo l'uso di prodotti contenente benzene (le principali sorgenti indoor sono il fumo di tabacco, prodotti per la verniciatura e lo stoccaggio di prodotti combustibili);</li> <li>• limitare al minimo l'esposizione al percloroetilene (tale sostanza viene utilizzata nel lavaggio a secco).</li> <li>• utilizzare materiali da costruzione ed edili a bassa emissione di aldeidi</li> <li>• limitare l'uso e lo stoccaggio di materiale plastico e imballaggi in plastica.</li> </ul>
NOx - CO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• controllare e pulire regolarmente da personale esperto di sistemi di riscaldamento caldaie, canne fumarie e camini.</li> <li>• non fumare negli ambienti chiusi.</li> <li>• far eseguire periodicamente da tecnici specializzati la manutenzione dei sistemi di ventilazione.</li> <li>• ventilare correttamente e adeguatamente gli ambienti confinati</li> </ul>
Ammoniaca	<ul style="list-style-type: none"> <li>• usare aceto/bicarbonato di sodio e candeggina per la pulizia solo se necessario e ricordare che il buon profumo non è indice di pulito.</li> <li>• non miscelare mai i detersivi e leggere attentamente le etichette dei prodotti.</li> <li>• ventilare correttamente e adeguatamente gli ambienti confinati, soprattutto durante la pulizia giornaliera.</li> </ul>



## F. Bibliografia essenziale

A. Lepore, V. Ubaldi, S. Brini - Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale - ISPRA - Inquinamento indoor: aspetti generali e casi studio in Italia - Rapporti 117/2010. ISPRA, Roma

World Health Organization, "Guidelines on studies in environmental epidemiology", 1983.

World Health Organization "Air Quality Guidelines for Europe", 2nd Edition, 2000.

World Health Organization, "Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide", 2006.

World Health Organization, "WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould", 2009.

World Health Organization, "WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants", 2010. [www.epa.gov](http://www.epa.gov)

ISS (2013) Rapporto ISTISAN 13/04 "Strategie di monitoraggio dei Composti Organici Volatili (COV) in ambiente indoor", a cura del Gruppo di Studio Nazionale sull'Inquinamento Indoor dell'ISS.

Settimo G. - Inquinamento dell'aria in ambienti confinati: orientamenti e valutazioni in campo nazionale e comunitario. In Rapporti ISTISAN 2013/39. Workshop. Problematiche relative all'inquinamento indoor: attuale situazione in Italia. Istituto Superiore di Sanità. Roma, 25 giugno 2012. Atti Fuselli S, Musmeci L, Pillozzi A, Santarsiero A, Settimo G per il Gruppo di Studio Nazionale sull'Inquinamento Indoor (Ed.). Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2013.

World Health Organization. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. WHO Regional Publications. Copenhagen: WHO; 2010. URL: [http://www.euro.who.int/data/assets/pdf\\_file/0009/128169/e94535.pdf](http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf).

Istituto Superiore di Sanità - Dipartimento Ambiente e Connessa Prevenzione Primaria; INAIL - Dipartimento Installazioni di Produzione e Insediamenti Antropici; AULSS 12 Veneziana - Dipartimento di Prevenzione; Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto - Protocollo per il monitoraggio dell'aria indoor/outdoor ai fini della valutazione dell'esposizione inalatoria nei siti contaminati. Sito di Venezia - Porto Marghera. Settembre 2014



## Indice delle figure

Figura 1. Proporzioni del particolato.....	27
Figura 2. Localizzazione della scuola G. Salvemini nella città di Torino .....	30
Figura 3. Localizzazione della scuola G. Salvemini nell’ambito del quartiere .....	31
Figura 4. La scuola Primaria G. Salvemini.....	31
Figura 5. Localizzazione della scuola Castello di Mirafiori nella città di Torino .....	33
Figura 6. Localizzazione della scuola Castello di Mirafiori nell’ambito del quartiere .....	34
Figura 7. La scuola secondaria Castello di Mirafiori .....	34
Figura 8. Localizzazione della scuola Duca degli Abruzzi nella città di Torino .....	36
Figura 9. Localizzazione della scuola Duca degli Abruzzi nell’ambito del quartiere .....	37
Figura 10. La scuola Primaria Duca degli Abruzzi .....	37
Figura 11. Localizzazione della scuola Giovanni Battista Vico nella città di Torino .....	39
Figura 12. Localizzazione della scuola Giovanni Battista Vico nell’ambito del quartiere .....	40
Figura 13. La scuola Secondaria Giovanni Battista Vico .....	40
Figura 14. Localizzazione della scuola Gianni Rodari nella città di Torino.....	43
Figura 15. Localizzazione della scuola Gianni Rodari nell’ambito del quartiere .....	43
Figura 16. La scuola Primaria Gianni Rodari .....	44
Figura 17. Localizzazione della scuola Secondaria Giovanni Battista Viotti nella città di Torino .....	46
Figura 18. Localizzazione della scuola Secondaria Giovanni Battista Viotti nell’ambito del quartiere .....	46
Figura 19. La scuola Secondaria Giovanni Battista Viotti.....	47
Figura 20. Localizzazione della scuola Primaria Alessandro Antonelli nella città di Torino .....	49
Figura 21. Localizzazione della scuola Primaria Alessandro Antonelli nell’ambito del quartiere .....	49
Figura 22. La scuola Primaria Alessandro Antonelli .....	50
Figura 23. Localizzazione della scuola primaria “Michele Lessona” nella città di Torino .....	52
Figura 24. Localizzazione della scuola primaria “Michele Lessona” nell’ambito del quartiere .....	53
Figura 25. La scuola primaria “Michele Lessona” .....	53
Figura 26. Localizzazione della scuola primaria “Aristide Gabelli” nella città di Torino .....	55
Figura 27. Localizzazione della scuola primaria “Aristide Gabelli” nell’ambito del quartiere .....	56
Figura 28. La scuola primaria “Aristide Gabelli”.....	56
Figura 29. Localizzazione della scuola primaria “Giuseppe Mazzini” nella città di Torino.....	58
Figura 30. Localizzazione della scuola primaria “Giuseppe Mazzini” nell’ambito del quartiere .....	59
Figura 31. La scuola primaria “Giuseppe Mazzini” .....	59
Figura 32. Localizzazione della scuola primaria “Silvio Pellico” nella città di Chieri .....	61
Figura 33. Localizzazione della scuola primaria “Silvio Pellico” nell’ambito del quartiere .....	62
Figura 34. La scuola primaria “Silvio Pellico” .....	62
Figura 35. Localizzazione della scuola secondaria “Chieri IV” nella città di Chieri .....	64
Figura 36. Localizzazione della scuola secondaria “Chieri IV” nell’ambito del quartiere .....	65
Figura 37. La scuola secondaria “Chieri IV” .....	65
Figura 38. Concentrazione di anidride carbonica indoor e outdoor in tutte le scuole. La linea orizzontale indica la media delle concentrazioni indoor in tutte le scuole. ....	81
Figura 39. Concentrazione di Composti Organici Volatili indoor e outdoor in tutte le scuole. La linea orizzontale indica la media delle concentrazioni indoor in tutte le scuole. ....	83
Figura 40. Penetrazione delle polveri nell’apparato respiratorio.....	87



---

Figura 41. Concentrazione di particolato fine (PM <sub>2,5</sub> ) indoor e outdoor in tutte le scuole. La linea orizzontale indica la media delle concentrazioni indoor in tutte le scuole. ....	89
Figura 42. Concentrazione di particolato grossolano (PM <sub>10</sub> ) indoor e outdoor in tutte le scuole. La linea orizzontale indica la media delle concentrazioni indoor in tutte le scuole. ....	90
Figura 43. Concentrazione di diossido di azoto indoor e outdoor in tutte le scuole. La linea orizzontale indica la media delle concentrazioni indoor in tutte le scuole. ....	92
Figura 44. Concentrazione di ozono indoor e outdoor in tutte le scuole. La linea orizzontale indica la media delle concentrazioni indoor in tutte le scuole. ....	95