



Ministero della Salute

DIREZIONE GENERALE DELLA PREVENZIONE SANITARIA

PIANO NAZIONALE PER GLI INVESTIMENTI
COMPLEMENTARI (PNC)

E.1 SALUTE, AMBIENTE, BIODIVERSITÀ E CLIMA

1.4: Promozione e finanziamento di ricerca
applicata con approcci multidisciplinari in
specifiche aree di intervento salute – ambiente –
biodiversità - clima

Progetto Monitoraggio abbattimento rischi Sanitari Inquinamento indoor – MISSION (2023-2026)

Codice progetto: PREV-A-2022-12377010



RAZIONALE

- L'**inquinamento dell'aria indoor** rappresenta un importante determinante di salute pubblica
- Le persone trascorrono la maggior parte del tempo in ambienti chiusi, dove possono accumularsi **inquinanti chimici, fisici e biologici** con **effetti sulla salute**, sul benessere e sulle performance cognitive
- Gli **ambienti scolastici** costituiscono contesti particolarmente sensibili per l'elevata densità di occupazione e la **vulnerabilità della popolazione infantile**
- Migliorare la qualità dell'aria indoor nelle scuole è quindi una **priorità per tutelare la salute**, favorire l'apprendimento e promuovere **ambienti educativi più salubri e sostenibili**

Monitoraggio abbattimento rischi Sanitari Inquinamento indoor (MISSION)

Codice progetto: PREV-A-2022-12377010



Obiettivo del progetto

Il progetto “Monitoraggio abbattimento rischi Sanitari Inquinamento indoor” (MISSION) mira a **promuovere una rete tecnico-scientifica** nazionale per implementare misure a lungo termine volte a **migliorare la qualità dell’aria nelle scuole** e **ridurre i rischi sanitari della popolazione scolastica** legati all’inquinamento indoor, integrando interventi di efficienza energetica negli edifici. Inoltre, il progetto intende supportare politiche e normative sull’efficientamento energetico nell’edilizia, elaborando linee guida e protocolli con particolare attenzione alla gestione sostenibile dei rischi sanitari correlati, trasferibili anche ad altri contesti.

Disegno dello studio

Lo studio MISSION è uno studio osservazionale longitudinale su un campione della popolazione scolastica (scuole elementari) investigato attraverso un **monitoraggio sanitario (questionari e valutazioni clinico - funzionali)** ed **ambientale** al basale e al follow-up

Monitoraggio abbattimento rischi Sanitari Inquinamento indoor (MISSION)

Codice progetto: PREV-A-2022-12377010



40 SCUOLE OGGETTO D'INDAGINE



CRITERI DI SELEZIONE

anno costruzione (1945 – 2005)
esposizione a traffico (<100 m da
strada trafficata)
ristrutturazioni (no negli ultimi 20 anni)
tipologia di orario (tempo pieno).

3 classi
selezionate per
ciascuna scuola

Ai fini del progetto sono state selezionate **8 scuole per ogni Regione Partecipante** (Lombardia, Sicilia, Toscana, Puglia, Marche), per un **totale di 40 scuole**.

Monitoraggio abbattimento rischi Sanitari Inquinamento indoor (MISSION)

Codice progetto: PREV-A-2022-12377010

U.O. 3 – IFT CNR Palermo



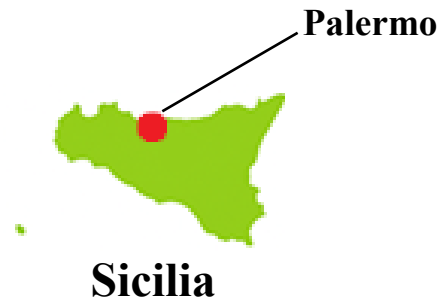
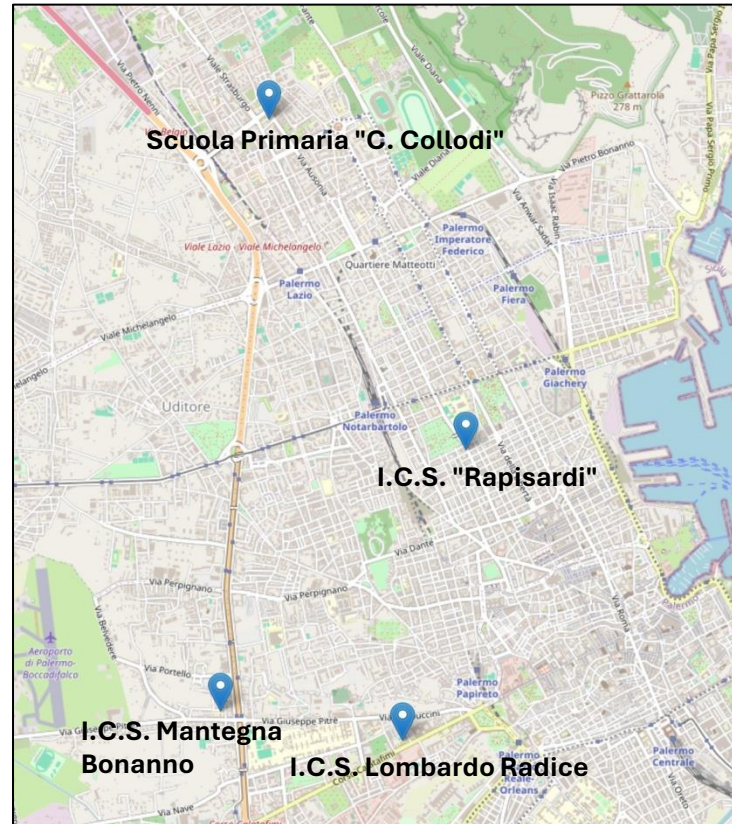
180
Aluni
(7-10 anni)



173
Genitori
partecipanti



23
Insegnanti
coinvolti



Palermo

Sicilia

Monitoraggio abbattimento rischi Sanitari Inquinamento indoor (MISSION)

Codice progetto: PREV-A-2022-12377010



Il progetto si propone di affrontare la problematica dell'inquinamento indoor nelle scuole italiane attraverso una serie di obiettivi chiave:

- **Monitoraggio Ambientale**: si prevede di condurre una campagna di monitoraggio approfondita per valutare la qualità dell'aria all'interno delle scuole in Italia, in particolare, saranno indagati **inquinanti chimici, fisici, microbiologici** e la presenza di **radon**;
- **Monitoraggio sanitario**: la campagna investigativa sanitaria mira a identificare eventuali correlazioni tra la qualità dell'aria indoor e sintomi/malattie respiratorie e allergiche, come per esempio l'asma, tramite la raccolta di dati dettagliati grazie all'utilizzo di questionari e test clinici (**spirometria** e il **FeNO**);
- **Intervento Migliorativo**: al fine di migliorare la qualità dell'aria nelle aule, nell'estate 2025 saranno installati dei **purificatori d'aria**: apparecchiature che riducono gli inquinanti tramite filtrazione meccanica con filtri HEPA (High Efficiency Particulate Air filter). Si ripeterà quindi la campagna d'indagine ambientale e sanitaria consentendo di valutare l'effetto diretto di tali interventi sulla qualità dell'aria e sulla salute respiratoria degli studenti

Monitoraggio abbattimento riSchi Sanitari InquinamentO iNdoor (MISSION)

Codice progetto: PREV-A-2022-12377010

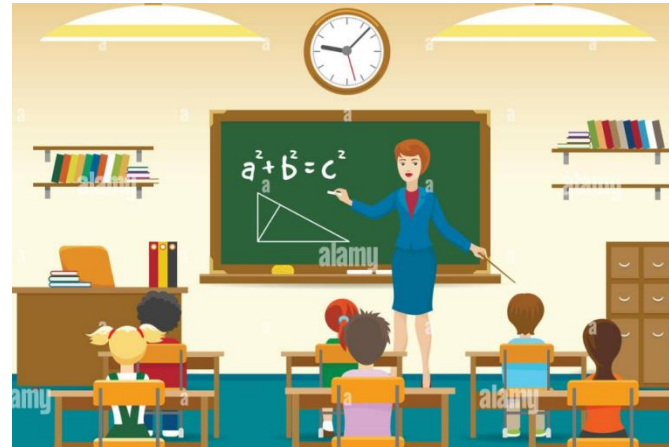


Monitoraggio Sanitario



Questionari

- Q - **alunni** (somministrato a scuola da operatore)
- Q - **genitori** (autosomministrato)
- Q - **insegnante** (autosomministrato)



Spirometria



Misurazione dell'ossido nitrico esalato (**FeNO**)

Monitoraggio abbattimento rischi Sanitari Inquinamento indoor (MISSION)

Codice progetto: PREV-A-2022-12377010



Monitoraggio ambientale

CAMPIONAMENTO
STRUMENTALE



DURATA
CAMPIONAMENTO:
24 ORE

CAMPIONAMENTO
MICROBIOLOGICO



DURATA
CAMPIONAMENTO:
1 minuto a Campionamento
(3 repliche) x 2 volte

CAMPIONAMENTO
PASSIVO



DURATA
CAMPIONAMENTO:
5 gg

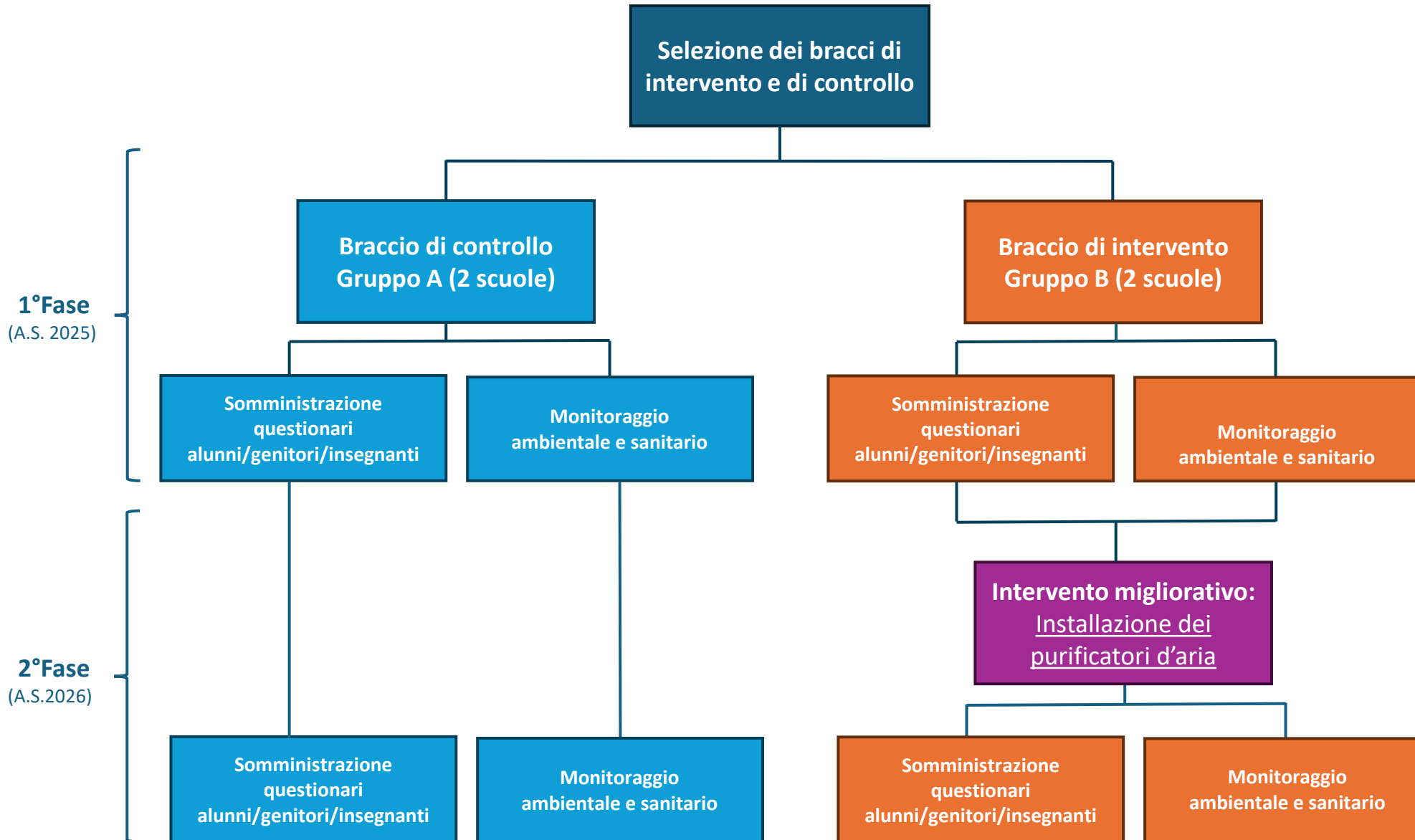
CAMPIONAMENTO
LONG-TERM



DURATA
CAMPIONAMENTO :
• 1 x 1 anno
• 2x 6 mesi

Monitoraggio abbattimento rischi Sanitari Inquinamento Indoor (MISSION)

Codice progetto: PREV-A-2022-12377010

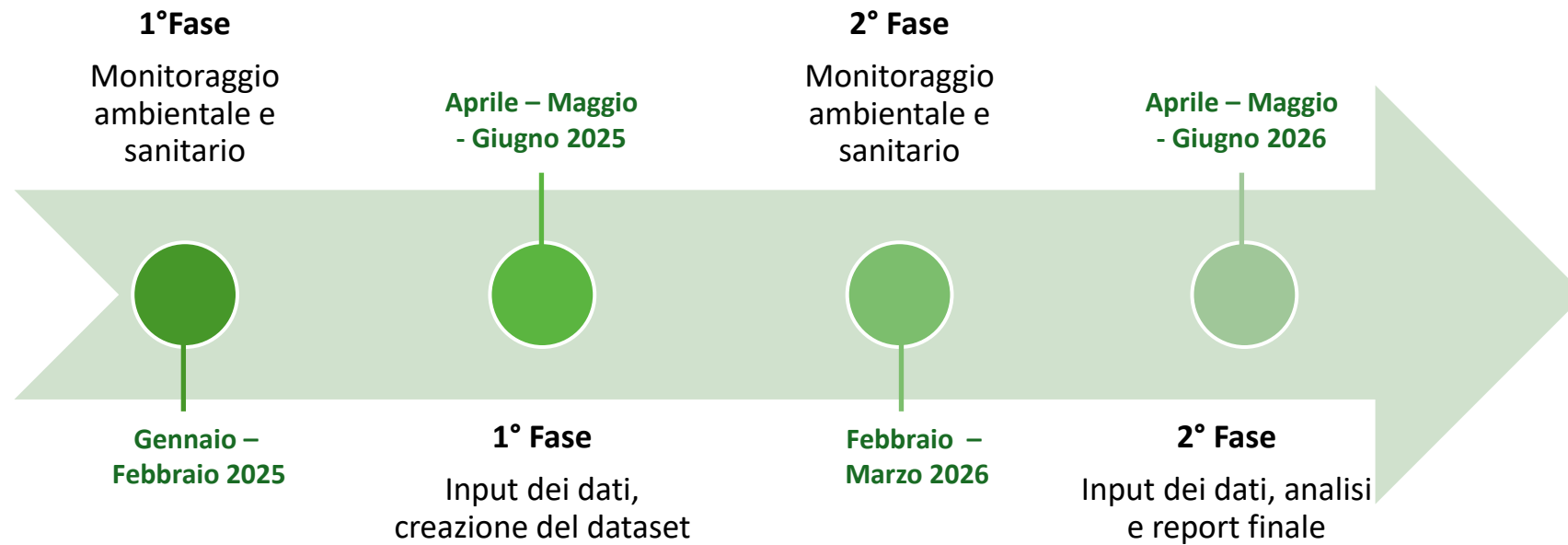


Monitoraggio abbattimento rischi Sanitari Inquinamento indoor (MISSION)

Codice progetto: PREV-A-2022-12377010



U.O. 3 – IFT CNR Palermo



Monitoraggio abbattimento rischi Sanitari Inquinamento indoor (MISSION)

Codice progetto: PREV-A-2022-12377010

U.O. 3 – IFT CNR Palermo



CATEGORIE DI DATI RACCOLTI

CATEGORIA DATO	ESEMPI DI VARIABILI	UNITÀ / NOTE
Parametri ambientali	CO ₂ , CO, PM, NO _x , TVOCs, Temperatura, Umidità relativa, Radon, Formaldeide	ppm, µg/m ³ , °C, %
Indicatori microbiologici	Batteri mesofili (pre/post), Batteri psicrofili, Miceti	UFC/m ³
Dati di occupazione e caratteristiche dell'aula	Numero di alunni, Volume dell'aula, Tipo di ventilazione	n, m ³ , qualitativo
Dati demografici e della popolazione	Età, Sesso, Altezza, Peso, Esposizione al fumo passivo	anni, M/F, cm, kg, sì/no
Dati sulla salute e percezione della qualità dell'aria	Questionari, Sintomi respiratori, Spirometria (FEV ₁ , FVC), FeNO, Qualità dell'aria percepita	scala 1–6, % del valore predetto
Informazioni temporali e contestuali	Tempo di campionamento (pre/post orario scolastico), ID scuola, ID classe, ID alunno	categorico



PERCEZIONE DELLA QUALITA' DELL'ARIA: ANALISI ESPLORATIVA

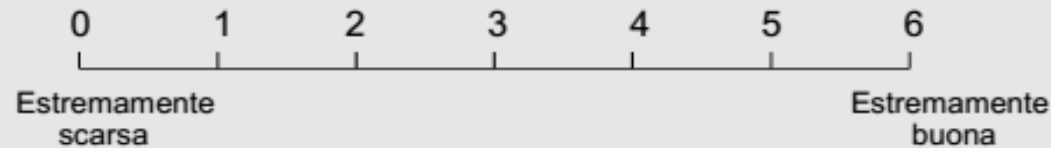




U.O. 3 – IFT CNR Palermo

PERCEZIONE DELLE VARIABILI FISICHE E DELLA IAQ IN UN SOTTOCAMPIONE DI RISPONDENTI C39.1

C39. Come ti sembra la qualità dell'aria all'interno della tua aula?
(Se la qualità dell'aria è variabile, prova a dare un punteggio medio)



Se ti sembra che la qualità dell'aria all'interno della tua aula sia scarsa, prova a spiegare perché:

C39.1..... *>Lorem ipsum.....*

Rispondenti = 59 bambini



Monitoraggio abbattimento rischi Sanitari Inquinamento Indoor (MISSION)

Codice progetto: PREV-A-2022-12377010



U.O. 3 – IFT CNR Palermo

C37. Come ti sembra la temperatura nella tua aula?
(se la temperatura è variabile, prova a dare un punteggio medio)

0 1 2 3 4 5 6

Estremamente scarsa Estremamente buona

C38. Come ti sembra l'umidità* nella tua aula?
(se l'umidità è variabile, prova a dare un punteggio medio)

0 1 2 3 4 5 6

Estremamente scarsa Estremamente buona

*quantità d'acqua o di vapore acqueo presente nell'aria

C39. Come ti sembra la qualità dell'aria all'interno della tua aula?
(Se la qualità dell'aria è variabile, prova a dare un punteggio medio)

0 1 2 3 4 5 6

Estremamente scarsa Estremamente buona

Se ti sembra che la qualità dell'aria all'interno della tua aula sia scarsa, prova a spiegare perché:

C39.1.....

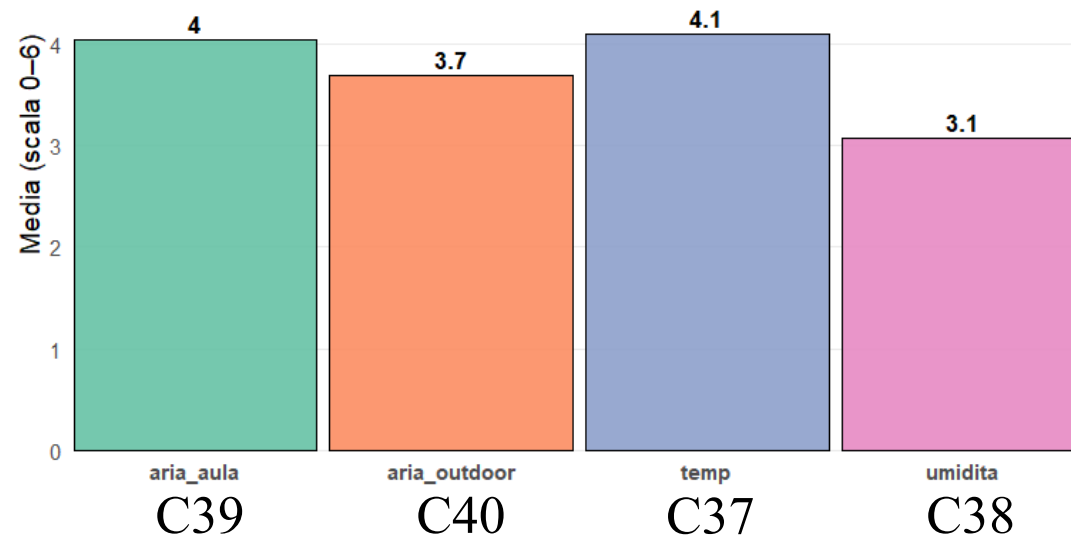
C40. Come ti sembra la qualità dell'aria all'esterno della tua scuola?
(se la qualità dell'aria è variabile, prova a dare un punteggio medio)

0 1 2 3 4 5 6

Estremamente scarsa Estremamente buona

PERCEZIONE DELLE VARIABILI FISICHE E DELLA IAQ

Rispondenti=180 bambini



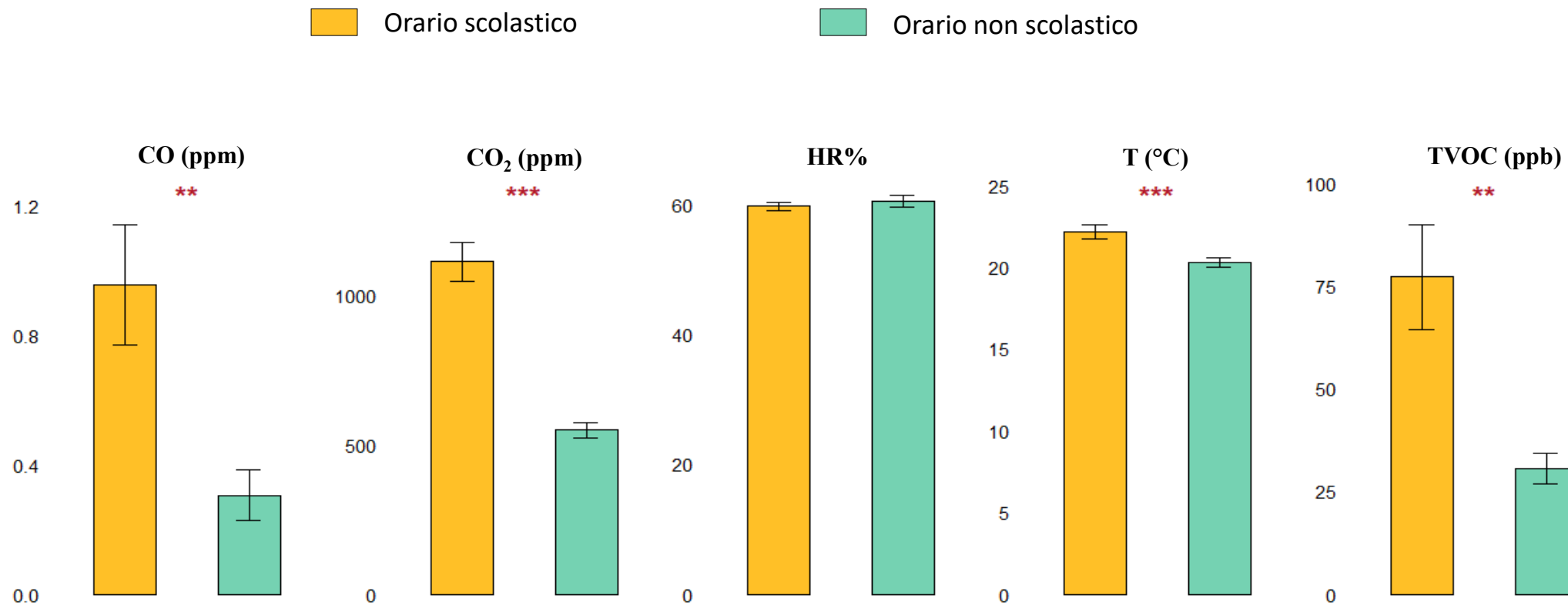
Monitoraggio abbattimento rischi Sanitari Inquinamento indoor (MISSION)

Codice progetto: PREV-A-2022-12377010



U.O. 3 – IFT CNR Palermo

DESCRIZIONE PARAMETRI AMBIENTALI (12 classi) – Primo monitoraggio



Confronto dei parametri ambientali durante l'orario scolastico e non.

Valori medi (\pm SE) di **CO** (monossido di carbonio), **CO₂** (anidride carbonica), **HR%** (umidità relativa), **T(°C)** (temperatura) e **TVOC** (composti organici volatili totali). Si osserva un **aumento significativo di CO, CO₂, T e TVOC** durante le ore scolastiche. (* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001).

Monitoraggio abbattimento rischi Sanitari Inquinamento indoor (MISSION)

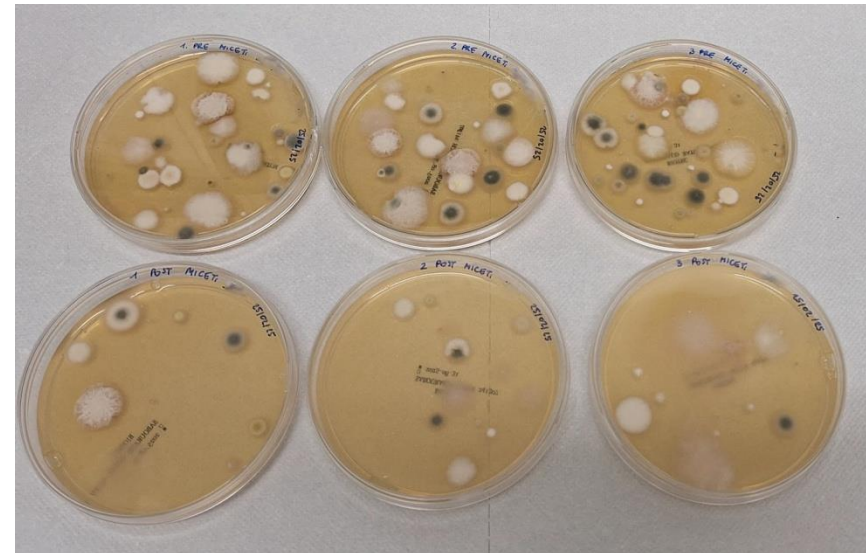
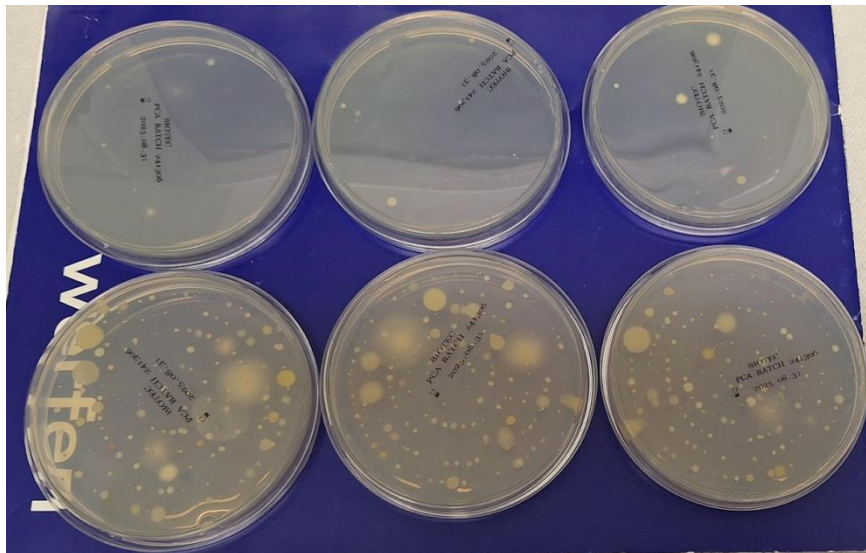
Codice progetto: PREV-A-2022-12377010



U.O. 3 – IFT CNR Palermo

DESCRIZIONE PARAMETRI MICROBIOLOGICI (12 classi) – Primo monitoraggio

Variabile	Test statistico	Statistica del test	<i>p-value</i>	Cohen's d (dimensione dell'effetto)	Interpretazione	Intervallo di confidenza 95% (Cohen's d)
Mesofili	Wilcoxon signed rank exact test	V = 1	0.00195	1.73	Ampio	0.26 – 3.20
Psicrofili	Wilcoxon signed rank exact test	V = 2	0.00293	1.12	Ampio	-0.07 – 2.31
Miceti	Paired t-test (log-transformed)	t = 2.22	0.0509	-1.16	Ampio	-2.57 – 0.25





Ministero della Salute

DIREZIONE GENERALE DELLA PREVENZIONE SANITARIA

PIANO NAZIONALE PER GLI INVESTIMENTI
COMPLEMENTARI (PNC)

E.1 SALUTE, AMBIENTE, BIODIVERSITÀ E CLIMA

1.4: Promozione e finanziamento di ricerca
applicata con approcci multidisciplinari in
specifiche aree di intervento salute – ambiente –
biodiversità - clima



Progetto Monitoraggio abbattimento rischi Sanitari Inquinamento indoor – MISSION (2023-2026)

Codice progetto: PREV-A-2022-12377010

Modellistica della qualità dell'aria per ambienti indoor



Overview



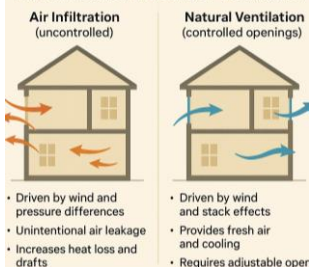
1- Objectives and the controlled experiment

2- Experimental campaign and DATA collection

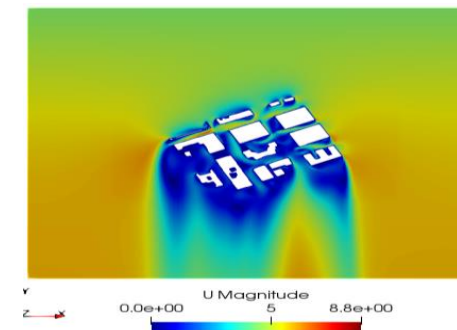
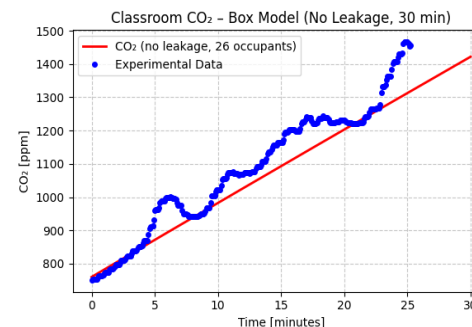
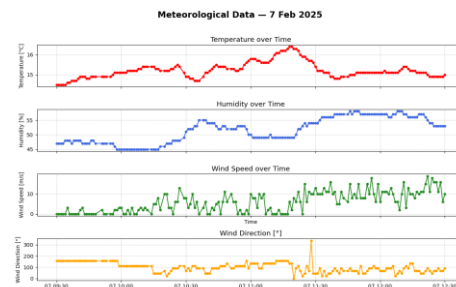
3- CFD and Validation

4- Brief results

Air Infiltration vs. Natural Ventilation



[1,2]



5- Ongoing research activities related MISSION

[1] Awbi, H. B. (2003). *Ventilation of buildings* (2nd ed.). Taylor & Francis. Ch.7

[2] OpenAI. (2025). *ChatGPT (GPT-5)* [Large language model]. Retrieved October 10, 2025, from <https://chat.openai.com/>, image used on text [1]





Objectives

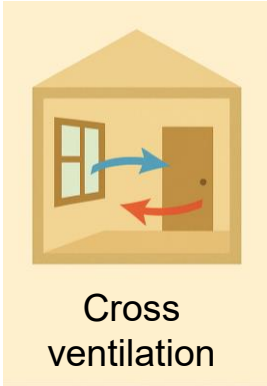
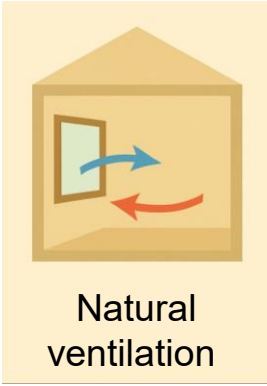
IEQ and digital replica



$$I_{IEQ} = W_{TC} \cdot I_{TC} + W_{IAQ} \cdot I_{IAQ} + W_{AC} \cdot I_{AC} + W_{IL} \cdot I_{IL} \dots\dots[1]$$

Thermal comfort
 Indoor air quality (ventilation rates)
 Indoor lighting quality
 Acoustic Quality

Controlled Experiment: Ventilation modes monitoring



[3] Igor Mujan, Dusan Licina, Miroslav Kljajić, Ana Čulić, Aleksandar S. Anđelković, Development of indoor environmental quality index using a low-cost monitoring platform, Journal of Cleaner Production, Volume 312, 2021, 127846, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127846>.

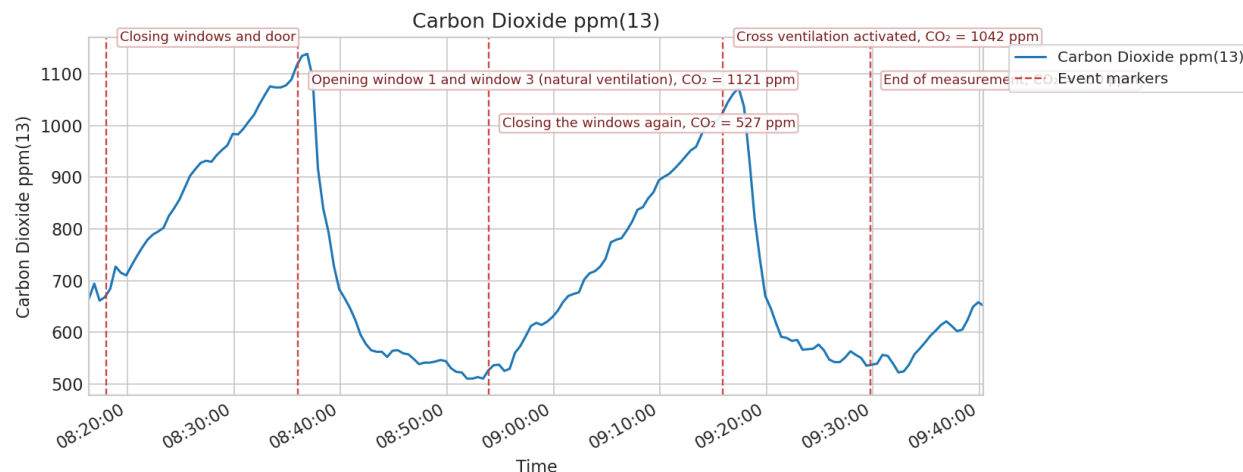
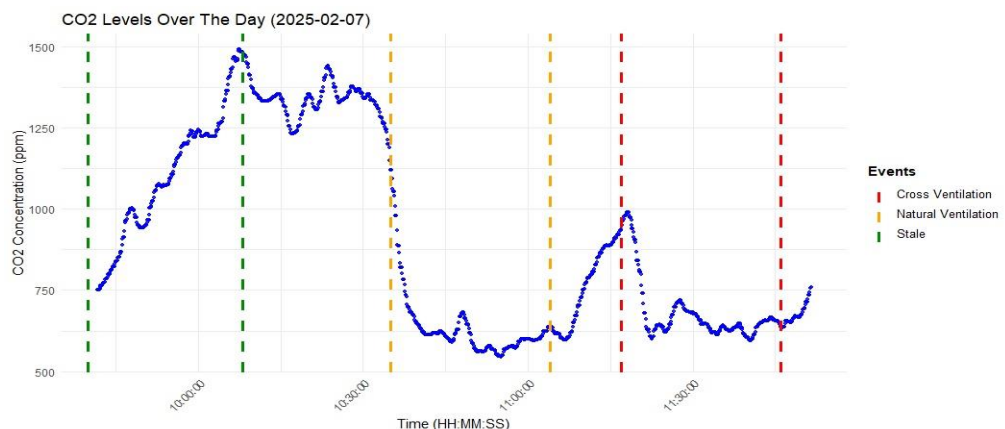




Experimental campaign and DATA collection



School #1



First experimental campaign 2025: CO2

Second experimental campaign 2026: CO2

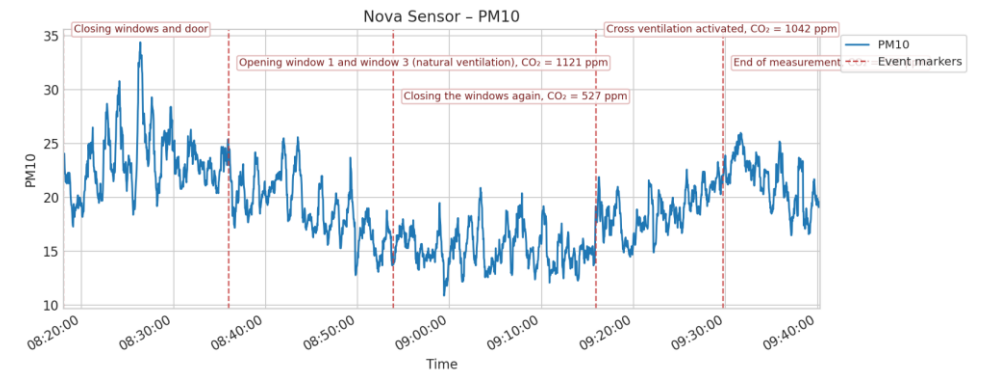
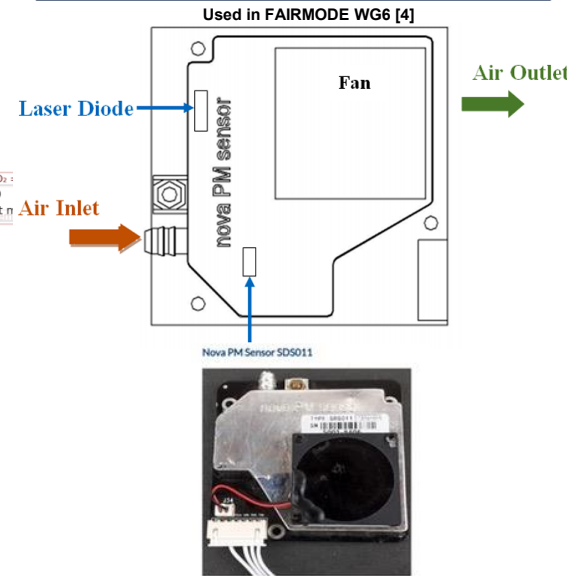
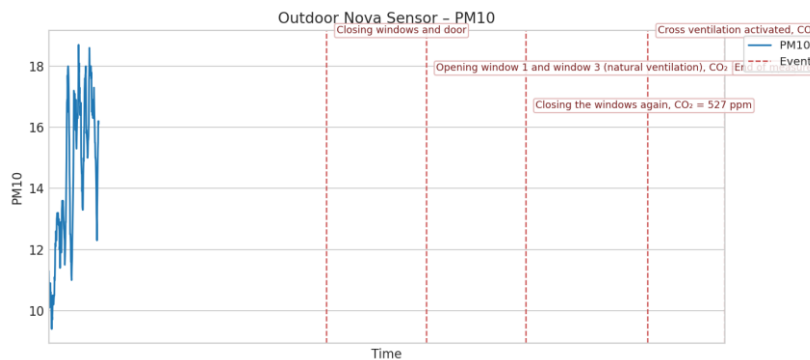
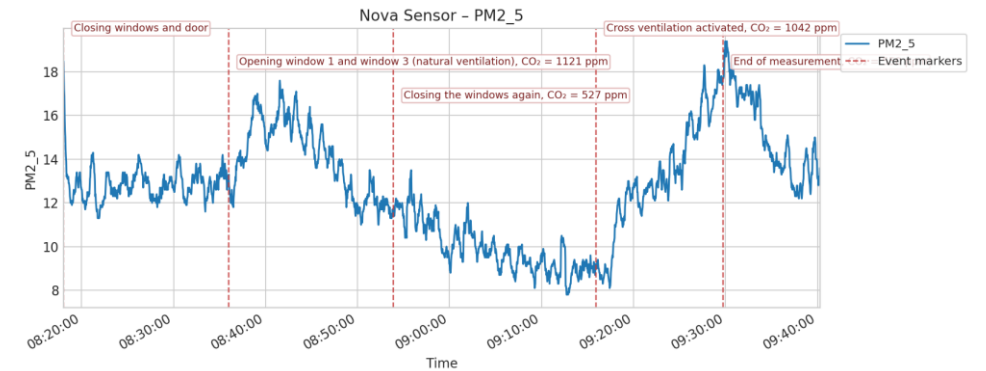
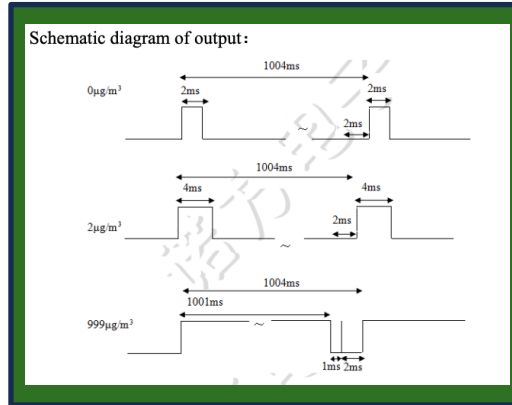
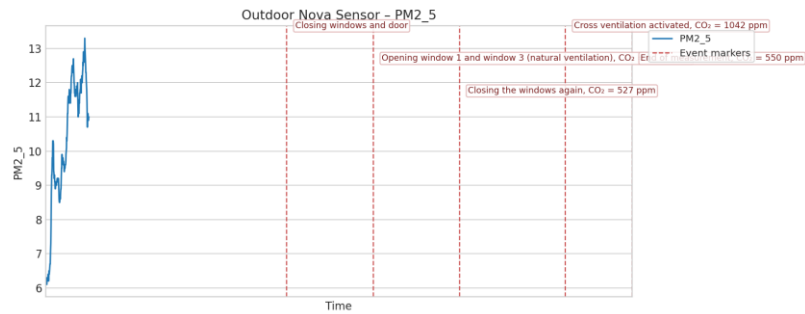


Ministero della Salute



Experimental campaign and DATA collection

School #1



School#1

Second experimental campaign 2026: PM2.5/PM10 OUTDOOR

School#1

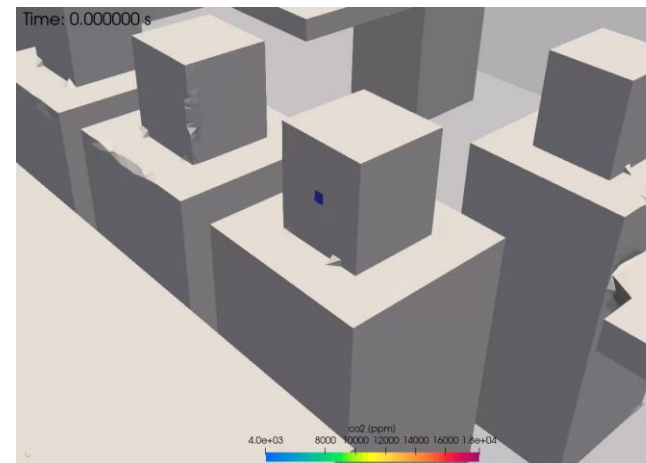
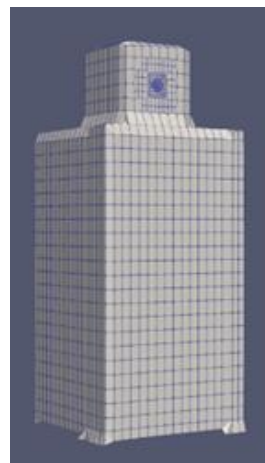
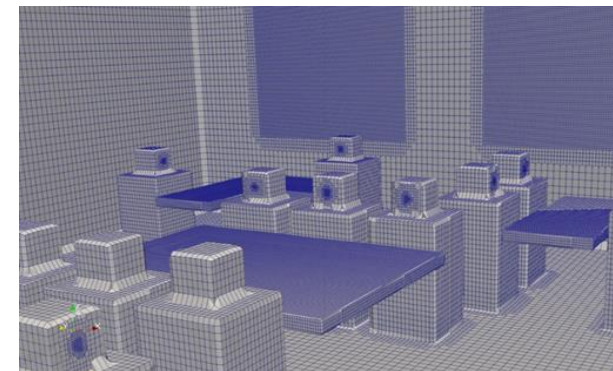
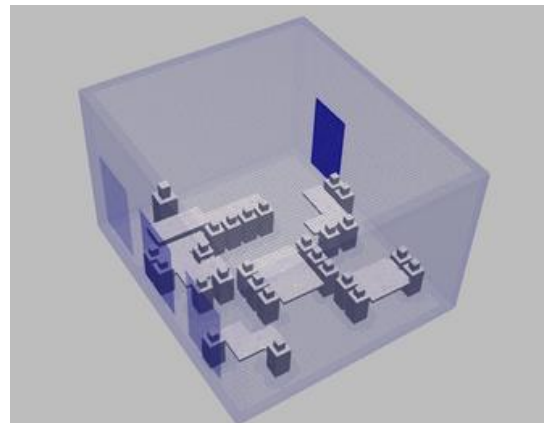
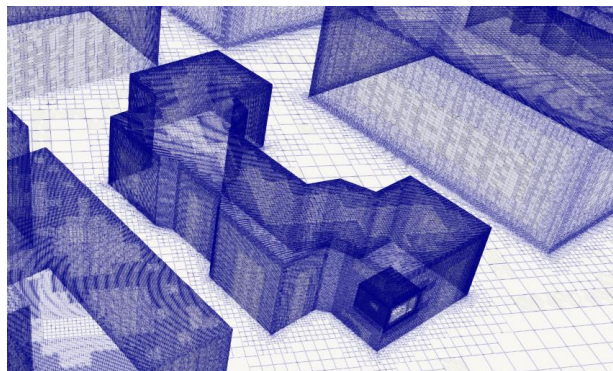
Second experimental campaign 2026: PM2.5/PM10 INDOOR

[4] Wesseling, J., Drukker, D., Gressent, A. et al. Using synthetic data to benchmark correction methods for low-cost air quality sensor networks. *Air Qual Atmos Health* 17, 979–996 (2024). <https://doi.org/10.1007/s11869-023-01493-z>





CFD and Validation





CFD and Validation

CFD approach:

RANS (Reynolds-Averaged Navier-Stokes)
Solver: OpenFOAM v2312

Main modelling assumptions:

Turbulence model: k- ϵ
Buoyancy effects included

Time dependence:

Transient



Ncores: 128 CPU
Time to run 1s physical time : 373 s
Simulated time : 700s
No# cells: 1.32 M cells

Processors: single socket 32-core Intel Xeon Platinum 8358 CPU, 2.60GHz (Ice Lake)

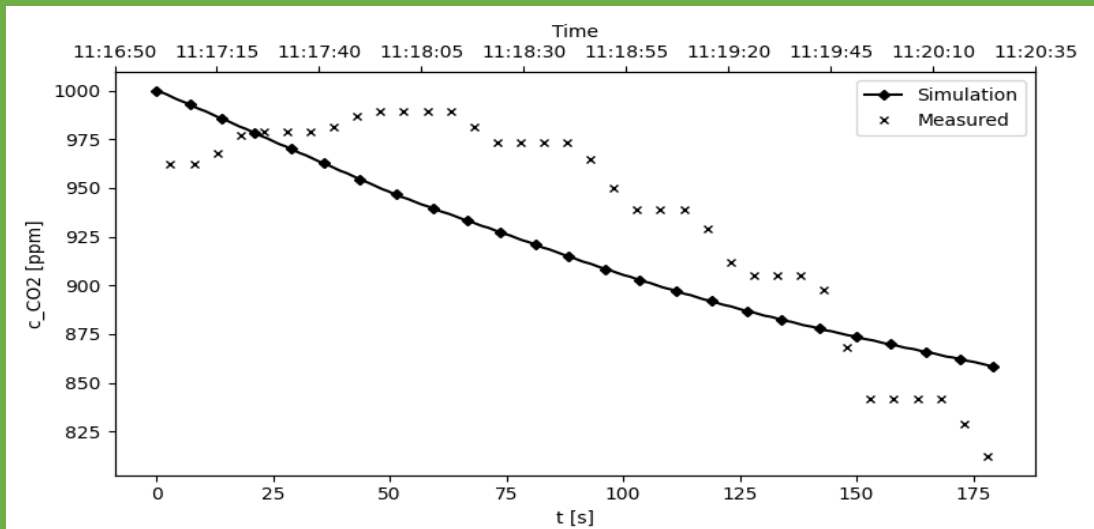




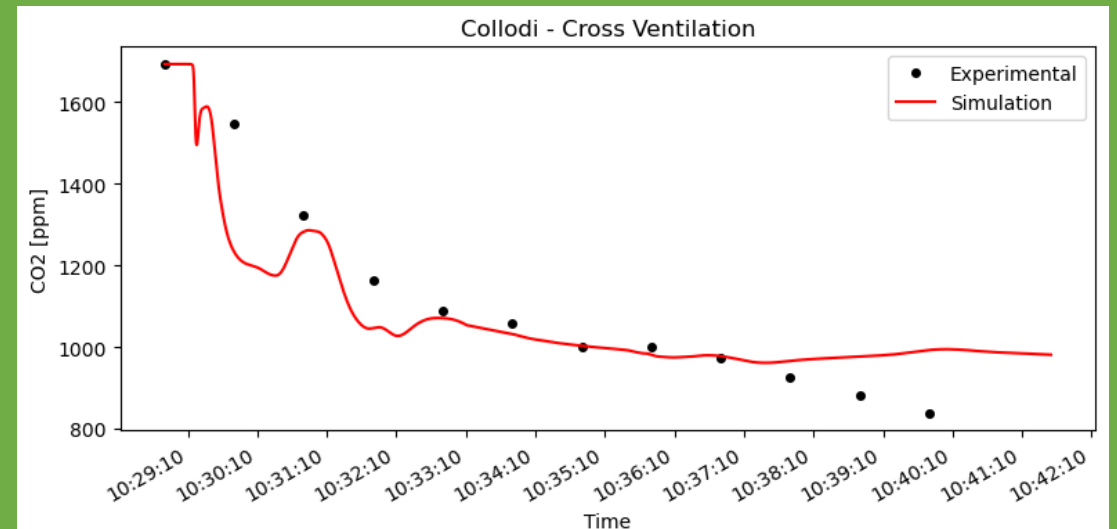
CFD and Validation

Validation: cross ventilation

School #1



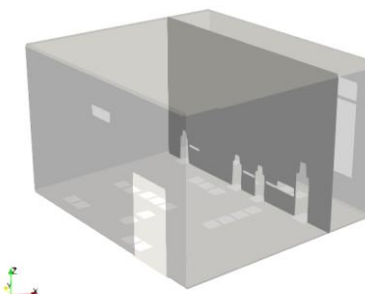
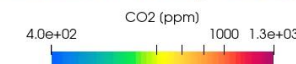
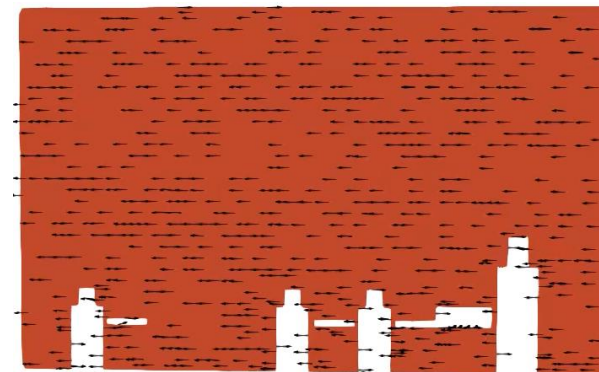
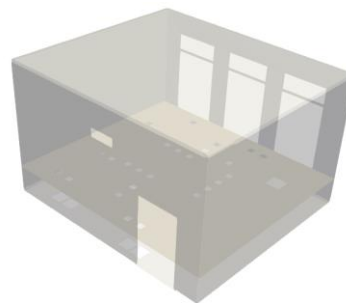
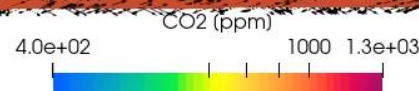
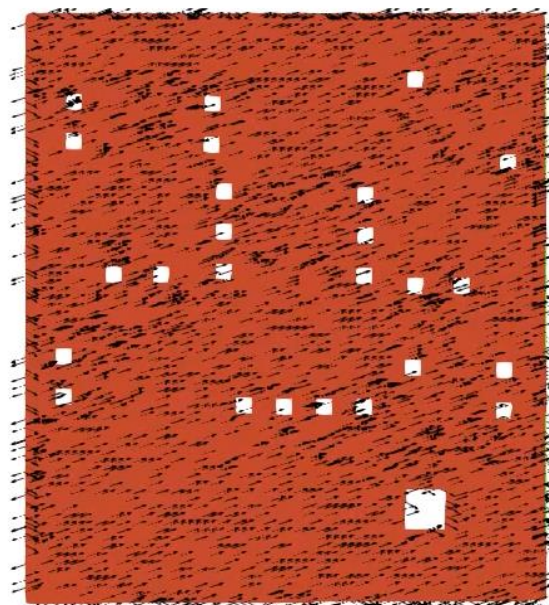
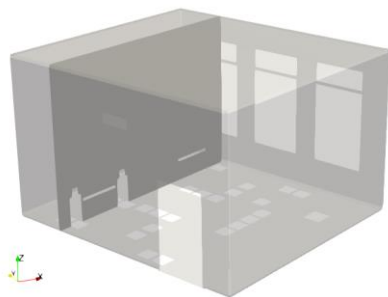
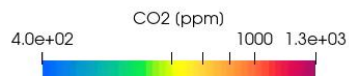
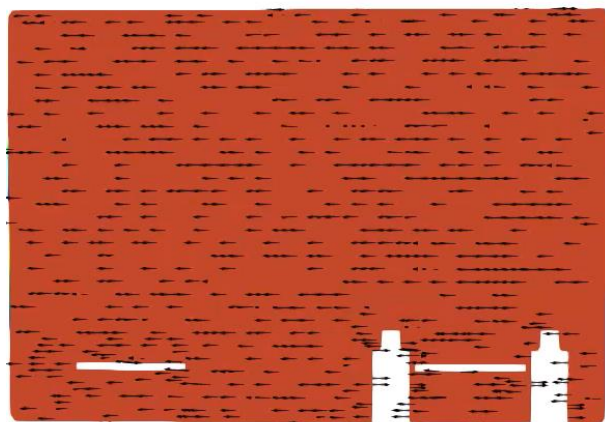
School #2





Results CO₂

School #1

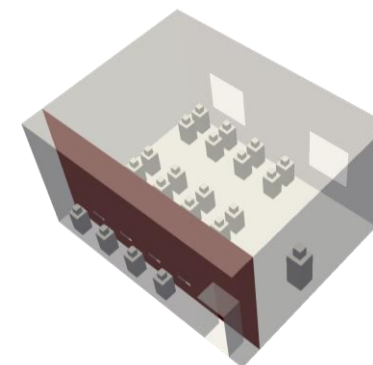
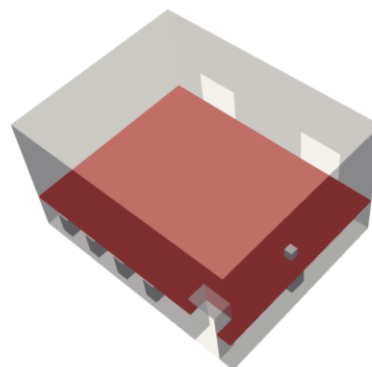
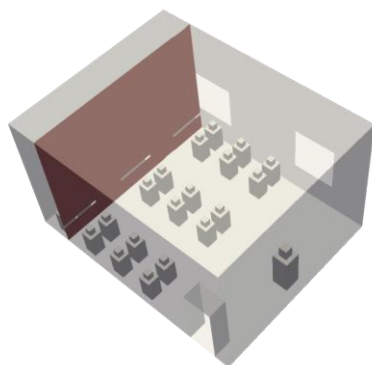
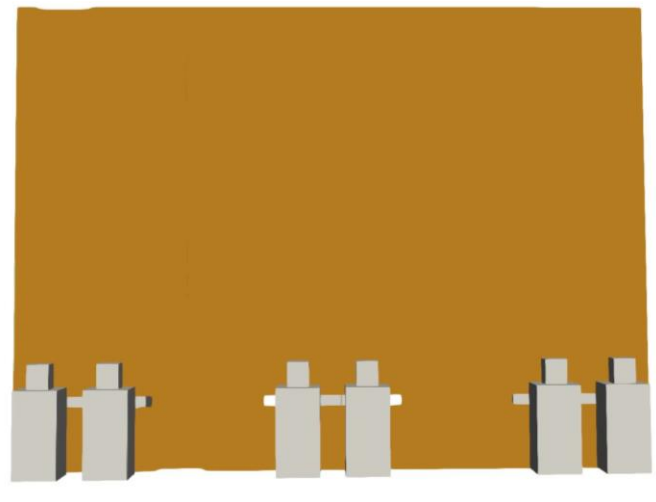


Ministero della Salute



Results CO₂

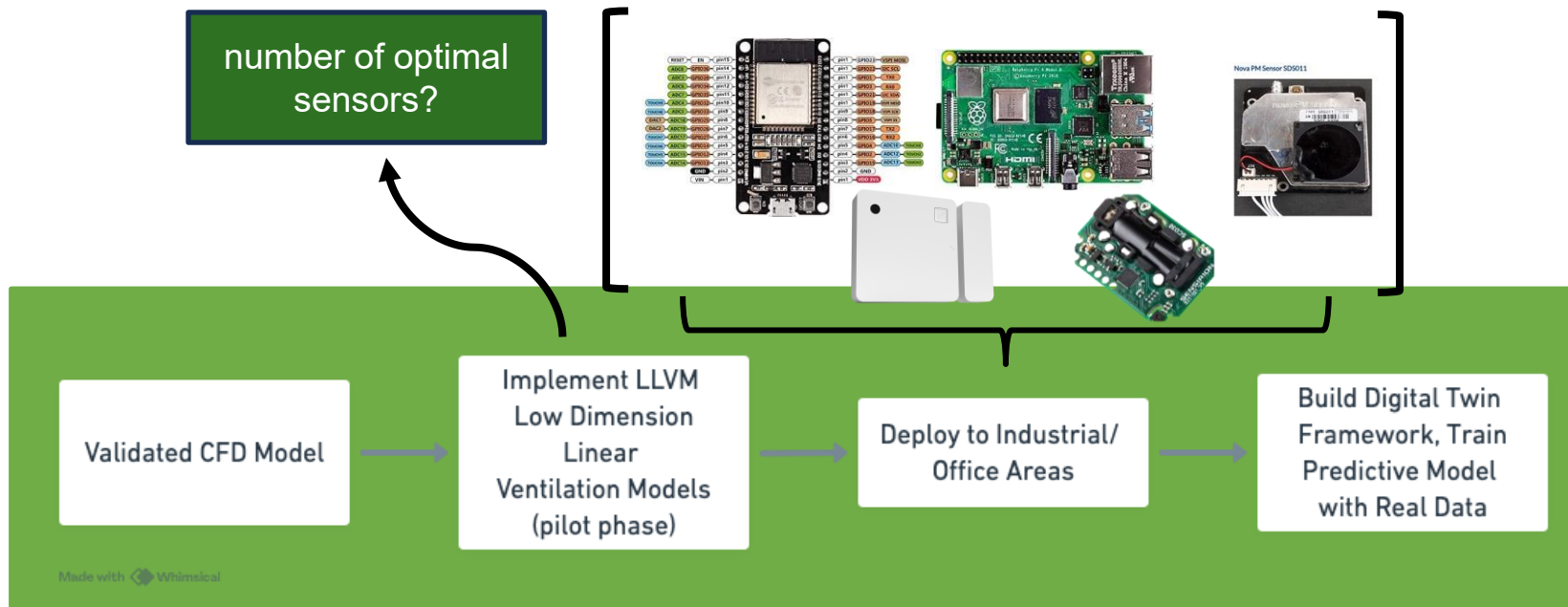
School #2



Ministero della Salute



Ongoing research activities related MISSION



Predictive Tool: real time prediction of ACH & Supply Temperature based on occupants, Optimize HVAC Performance Real-Time Prediction Based on Occupants Energy Efficiency & Comfort Achieved

