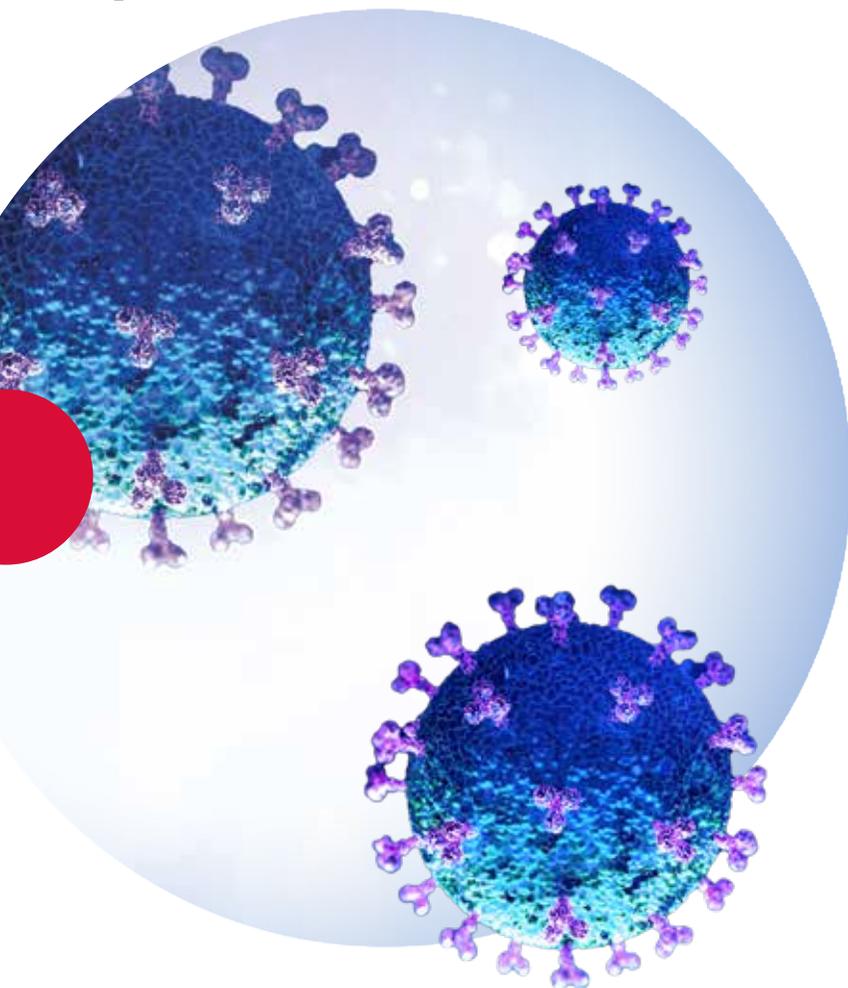


Qualità dell'aria interna ed emergenze pandemiche



Nuovi sistemi di filtrazione
dell'aria per la riduzione
del rischio pandemico

Sommario



1.

Introduzione

- COVID-19: impatto sugli impianti HVAC
- La criticità degli edifici scolastici
- Metodi di supporto al decisore

2.

Progetto di ricerca

- Obiettivo della ricerca
- Filtro Fotocatalitico
- Scenari di analisi
- La metodologia
- Valutazione dei costi
- Valutazione dei benefici
- Manifestazione clinica

3.

Conclusioni

- Riassumendo...
- Valutazione dei benefici: Performance
- Risultati: Salute e Produttività
- Risultati: Risparmio energetico

Gruppo di lavoro

Rhoss S.p.A
Politecnico di Torino – Gruppo TEBE @ IEEM

1.

Introduzione

Pandemia Covid-19

La pandemia COVID-19 ha messo a dura prova i sistemi HVAC, evidenziando le carenze delle tecnologie di trattamento dell'aria e della gestione dei sistemi esistenti.

Pro e contro della pandemia.



Ha aumentato l'attenzione sulle condizioni di salute degli occupanti negli edifici



Ha mostrato l'inefficacia dei sistemi HVAC a rispondere a questa sfida

Condizioni di partenza.



In condizioni normali i sistemi HVAC sono gestiti per garantire adeguate condizioni interne minimizzando gli impatti energetici e ambientali degli edifici.



In condizioni emergenziali l'attenzione è stata interamente dedicata a garantire condizioni interne adeguate per **non compromettere la salute degli occupanti.**

Raccomandazioni durante la pandemia

Durante la pandemia, sono state definite diverse **raccomandazioni per la gestione degli impianti ad aria** per limitare la diffusione del virus SARS-CoV-2 (e delle sue varianti) e per garantire il mantenimento di una buona qualità dell'aria negli ambienti confinati.

Azioni

Per il funzionamento delle unità di trattamento aria (UTA) si è ricorso a:

- **Funzionamento quasi continuativo dell'impianto** (fino a 24 ore al giorno);
- **Eliminazione della funzione di ricircolo dell'aria di ripresa** (per evitare il trasporto di agenti chimici/biologici);
- **Disattivazione dei recuperatori di calore** (per evitare la contaminazione tra i flussi di aria di ripresa e di aria esterna).



Migliore qualità dell'aria interna



Maggiore consumo energetico

Obiettivi della progettazione

Con l'obiettivo di tornare gradualmente al normale funzionamento dei sistemi HVAC, la progettazione delle configurazioni dell'UTA dipenderà da soluzioni e tecnologie innovative, la cui adozione potrà riportare la gestione dei sistemi alle operazioni standard, garantendo un buon compromesso tra **consumo energetico, qualità dell'aria interna e salute degli occupanti**.

Azioni

Per ridurre i costi energetici legati alla gestione degli impianti di trattamento dell'aria, è necessario:

- Re-introdurre il ricircolo dell'aria di ripresa;
- Re-introdurre l'utilizzo dei recuperatori di calore;
- Adottare **soluzioni tecnologiche innovative** per ridurre il trasporto di agenti chimici/biologici dell'aria di ripresa.



Migliore qualità
dell'aria interna



Minor consumo
energetico

Come valutare i progetti di investimento nel settore energetico?



Performance
energetica

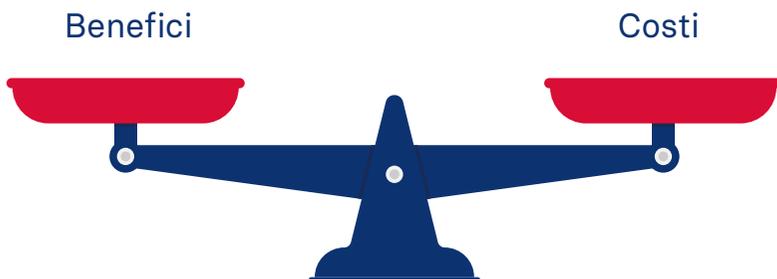


Valutazione
finanziaria



Impatti
socio-economici

Analisi costi benefici



Criticità delle aule scolastiche

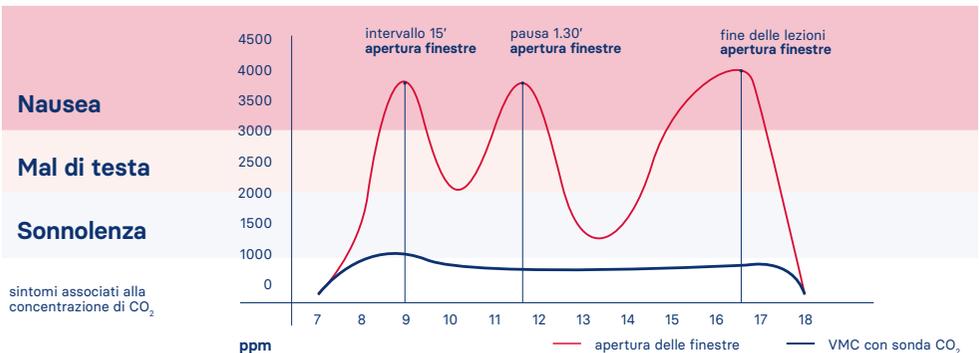
Le scuole sono riconosciute come punti critici per la trasmissione di virus e malattie infettive. Gli elementi che rendono le aule scolastiche particolarmente **critiche** per i rischi di contagio diretto sono:

- L'alta **densità** di occupazione;
- La **disposizione** dei posti a sedere all'interno delle aule;
- La prolungata **permanenza in aula** (richiesta dalle lezioni).



Tasso di CO₂ in una giornata scolastica

(Normative di riferimento per la qualità dell'aria EN 13 779)



2.

Progetto di ricerca

Obiettivo della ricerca

La ricerca si pone l'obiettivo di confrontare diverse configurazioni di UTA, tenendo conto delle differenze gestionali nelle fasi **pre-COVID**, **COVID** e **post-COVID**.



Configurazione **post-COVID**

Nelle configurazioni post-COVID, l'analisi confronta l'utilizzo di due sistemi filtranti: filtro assoluto H13 e filtro Fotocatalitico sulla ripresa.

Caso applicativo: **edificio scolastico**

ANNI ALUNNI	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
ANNO SCOLASTICO	I	II	III	I	II	III	IV	V	I	II	III	I	II	III	IV	V
TIPOLOGIE DI SCUOLE	Scuola dell'infanzia			Scuola primaria					Scuola secondaria di 1° grado			Scuola secondaria di 2° grado				

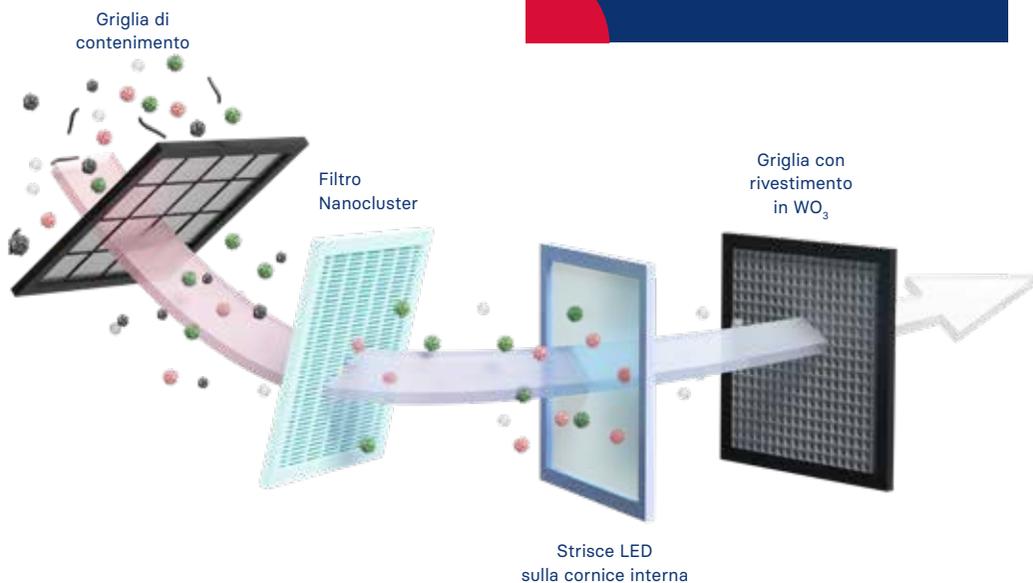
Numero aule scolastiche servite da una UTA	7
Numero alunni per aula (totali)	24 (168)
Numero docenti per aula (totali)	1 (7)
Portata di aria minima per aula (m ³ /h)	714,3
Portata di aria per persona (l/s per persona)	7,9

Filtro Fotocatalitico: il funzionamento

La maggior parte delle tecnologie impiegate per abbattere virus e batteri utilizzano fotocatalizzatori a base di biossido di titanio (TiO₂), sostanza che per attivarsi ha necessità di essere esposta alla luce UV.

New

Lo sviluppo di un **nuovo fotocatalizzatore a base di triossido di tungsteno (WO₃)** ha incrementato l'efficacia della fotocatalisi ed eliminato il problema della luce UV, attivandosi con lampade LED.



Sorgente luminosa a **luce visibile LED**



Attivazione del **fotocatalizzatore WO₃ Triossido di Tungsteno**



Distruzione e decomposizione dei microrganismi patogeni



Formazione di **vapore acqueo e anidride carbonica**

Scenari di analisi

Situazione pre-Covid

1. Impianto con ricircolo

con recuperatore di calore funzionante

1. Pre-filtro su aria esterna
2. Pre-filtro su ripresa
3. Filtro F7 STANDARD

Situazione Covid

2. Impianto a tutt'aria esterna

con recuperatore di calore NON funzionante

1. Pre-filtro su aria esterna
2. Pre-filtro su ripresa
3. Filtro F7 STANDARD

Situazione post-Covid

3. Impianto con ricircolo

con recuperatore di calore funzionante

1. Pre-filtro su aria esterna
2. Pre-filtro su ripresa
3. Filtro AIR'SUITE F7
4. Filtro Fotocatalitico

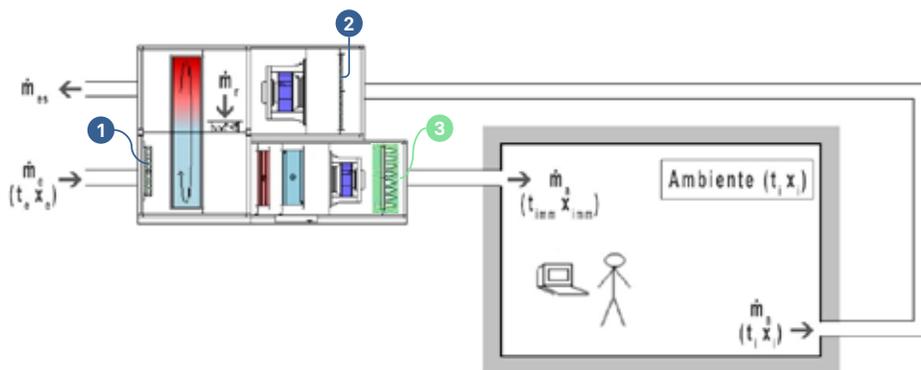
4. Impianto con ricircolo

con recuperatore di calore funzionante

1. Pre-filtro su aria esterna
2. Pre-filtro su ripresa
3. Filtro AIR'SUITE F7
4. Filtro ASSOLUTO

Situazione Pre-COVID

Impianto con ricircolo con recuperatore di calore funzionante.



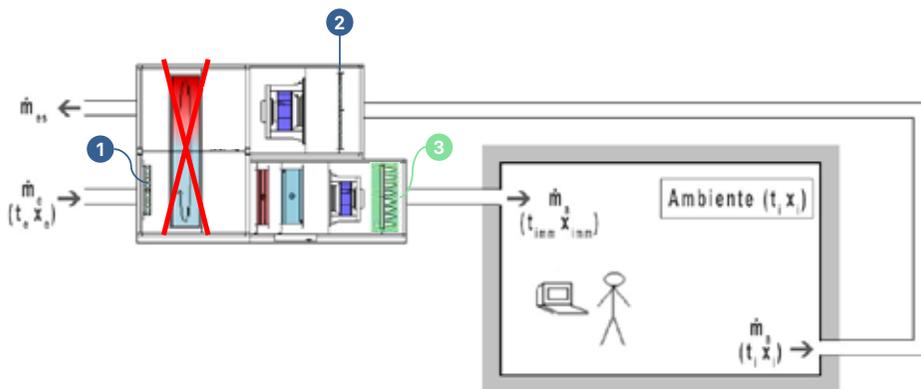
Legenda

- 1 PRE-FILTRO su aria esterna
- 2 PRE-FILTRO su ripresa
- 3 FILTRO F7 STANDARD

- \dot{m}_a Portata di aria in ambiente
- \dot{m}_e Portata di aria esterna
- \dot{m}_{es} Portata di aria espulsa
- \dot{m}_r Portata di aria di ricircolo

Situazione COVID

Impianto a tutt'aria esterna con recuperatore di calore non funzionante.



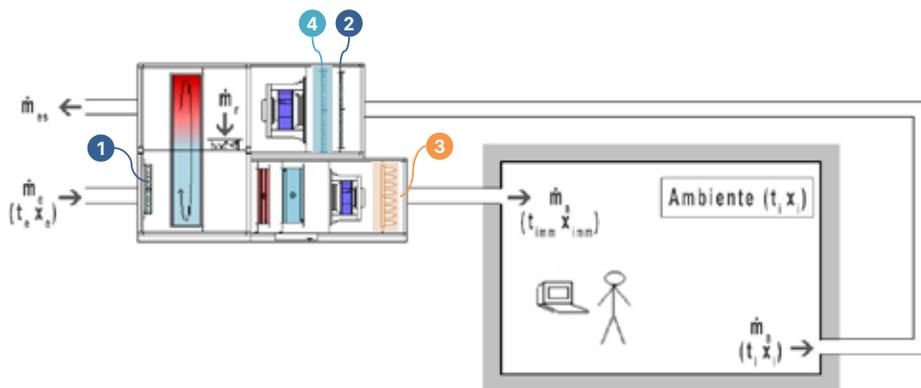
Legenda

- 1 PRE-FILTRO su aria esterna
- 2 PRE-FILTRO su ripresa
- 3 FILTRO F7 STANDARD

- \dot{m}_a Portata di aria in ambiente
- \dot{m}_e Portata di aria esterna
- \dot{m}_{es} Portata di aria espulsa

Situazione Post-COVID (1)

Impianto con ricircolo con recuperatore di calore funzionante con filtro Fotocatalitico.



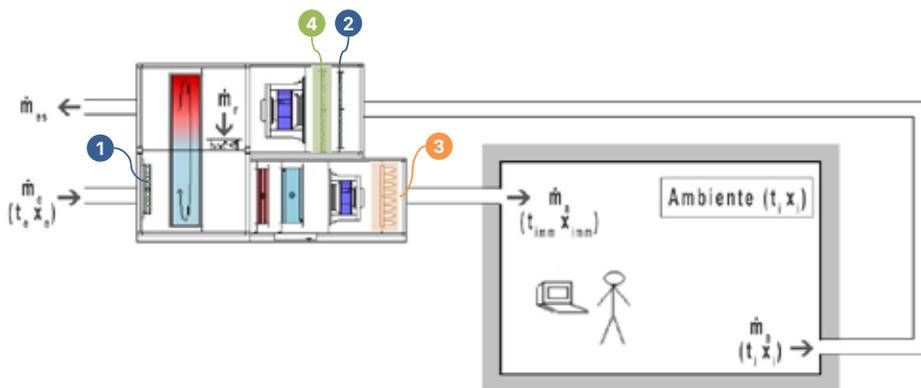
Legenda

- 1 PRE-FILTRO su aria esterna
- 2 PRE-FILTRO su ripresa
- 3 FILTRO AIR'SUITE F7
- 4 FILTRO FOTOCATALITICO

- \dot{m}_a Portata di aria in ambiente
- \dot{m}_e Portata di aria esterna
- \dot{m}_{es} Portata di aria espulsa
- \dot{m}_r Portata di aria di ricircolo

Situazione **Post-COVID (2)**

Impianto con ricircolo con recuperatore di calore funzionante con filtro assoluto H13.



Legenda

- 1 PRE-FILTRO su aria esterna
- 2 PRE-FILTRO su ripresa
- 3 FILTRO AIR'SUITE F7
- 4 FILTRO ASSOLUTO H13

- \dot{m}_a Portata di aria in ambiente
- \dot{m}_e Portata di aria esterna
- \dot{m}_{es} Portata di aria espulsa
- \dot{m}_r Portata di aria di ricircolo

Costi

Costi evitati = Benefici



Costi relativi alla
configurazione
dell'UTA



Salute alunni
e insegnanti



Performance
alunni

Cost-Benefit Analysis

Analisi Incrementale

$$\Delta BCR = \frac{\sum_i B(i)_{\text{PostCovid}} - \sum_i B(i)_{\text{PreCovid}}}{\sum_i C(i)_{\text{PostCovid}} - \sum_i C(i)_{\text{PreCovid}}}$$

$B(i)_{\text{PostCovid/PreCovid}}$ = Benefici

$C(i)_{\text{PostCovid/PreCovid}}$ = Costi

$\Delta BCR > 1$

Benefici_{PostCovid} > Benefici_{PreCovid}

Valutazione dei **costi**



Costi di
investimento



Costi di
esercizio



Costi di
manutenzione



Costi di
smaltimento

Valutazione dei benefici: **Salute**

Il metodo **Cost Of Illness** permette di valutare i **BENEFICI** del filtro come **COSTI EVITATI**: costi diretti e costi indiretti (tramite metodo **Human Capital Approach**).

Costi Diretti = **Costi delle Cure Mediche**



Gestione Domiciliare
Costo dei farmaci a carico del paziente



**Ospedalizzazione/
Terapia intensiva**
Costo della terapia a carico del Servizio Sanitario Nazionale

Costi Indiretti = **Costi risorsa educativa non utilizzata**



Perdita giorni di scuola
Quota di servizio educativo che rimane risorsa inutilizzata.
Si monetizza attraverso il reddito medio annuo pro-capite da lavoro dipendente nella Pubblica Amministrazione

COVID-19: Manifestazione clinica

Sintomi comuni

Febbre, tosse secca, Affaticamento.

Sintomi rari

Cefalea

Congestione nasale

Gola infiammata

Tosse con espettorato

Respiro corto

Dolore muscolare o articolare

Brividi

Nausea e/o vomito

Diarrea

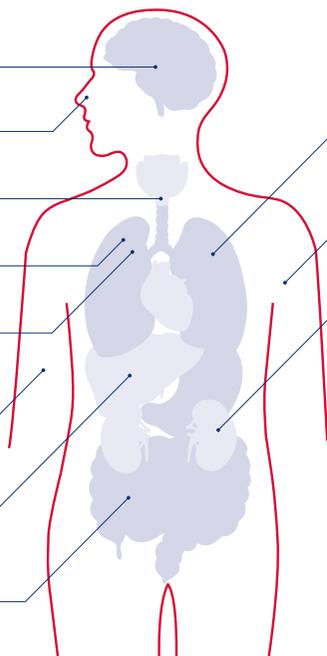
Nei casi gravi

Febbre alta

Emottisi

Leucopenia

Insufficienza renale



COVID-19: **Manifestazione clinica**

I sintomi variano sulla base della gravità della malattia:

1.

Assenza di sintomi

(asintomatici);

2.

Sintomi simili all'influenza

Come febbre (in oltre il 90% dei casi), tosse secca (oltre l'80% dei casi), stanchezza, respiro corto (circa 20% dei casi) e difficoltà di respiro (circa 15% dei casi);

3.

Sintomi gravi

I casi di infezione più grave possono causare polmonite, insufficienza renale acuta, fino ad arrivare al decesso. I pazienti presentano anche leucopenia (carenza di globuli bianchi) e linfocitopenia (carenza di linfociti).

Infezione asintomatica

Individui che risultano positivi al test virologico del SARS-CoV-2, ma che non hanno sintomi compatibili con il COVID-19.

Gestione domiciliare

Malattia lieve

Individui che hanno uno dei vari sintomi del COVID-19 (febbre, tosse, mal di testa, ...) ma che non hanno respiro corto, dispnea o immagini toraciche anormali. Possono essere gestiti in ambiente ambulatoriale o a casa. Nessuna diagnostica per immagini o specifiche valutazioni di laboratorio.

Malattia moderata

Individui che mostrano evidenza di malattia respiratoria inferiore durante la valutazione clinica e che hanno una saturazione di ossigeno ($SpO_2 > 94\%$). Dato che la malattia polmonare può progredire rapidamente, i pazienti con malattia moderata devono essere monitorati.

Ospedalizzazione

Malattia severa/grave

Individui che hanno $SpO_2 = 30$ respiri/min. Questi pazienti possono andare incontro a un rapido deterioramento clinico. L'ossigenoterapia deve essere somministrata immediatamente.

Ospedalizzazione (ICU)

Malattia critica

Individui che hanno insufficienza respiratoria, shock settico e disfunzioni d'organo multiple. Questi pazienti hanno bisogno di una terapia in unità di cura intensiva (ICU).

3. Riassumendo...

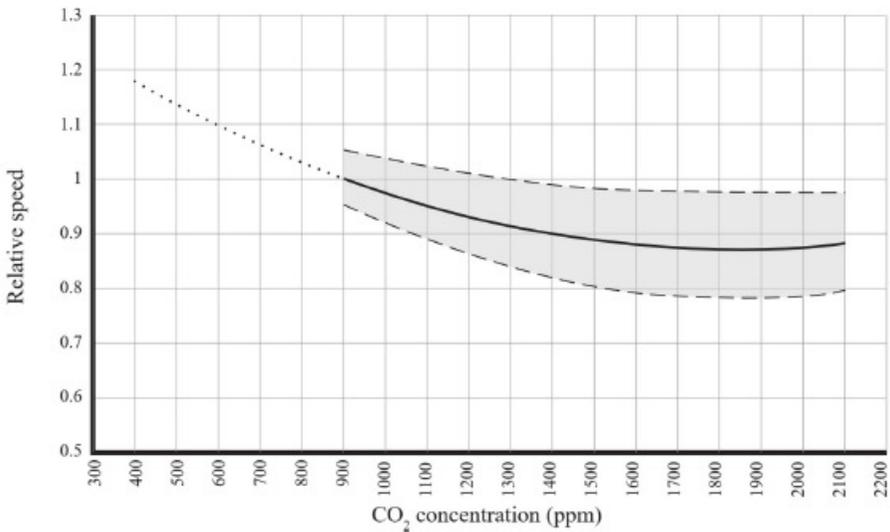
Malattia	Virus		Batterio	
	SARS-CoV-2	Adenovirus	Stafilococco Aureus	Escherichia Coli
COVID-19	•			
Polmonite		•	•	•
Meningite			•	•

Malattia	Filtro Air'Suite	Filtro Fotocatalitico	Filtro Assoluto H13
Capacità abbattimento del filtro (in 24h) SARS-CoV-2	-	100%	100%
Capacità abbattimento del filtro (in 8h) Adenovirus	-	33,3%	30%
Capacità abbattimento del filtro (in 24h) Stafilococco Aureus	98%	99%	99%
Capacità abbattimento del filtro (in 24h) Escherichia Coli	90%	99%	99%

Valutazione dei benefici: Performance

La performance degli studenti nelle aule è influenzata dalla **concentrazione di CO₂** (utilizzato quale **indicatore di qualità dell'aria**) in ambiente, a parità di portata di aria immessa dalle diverse configurazioni considerate.

La concentrazione di CO₂ in ambiente varia (diminuisce) grazie alla presenza di tecnologie filtranti diverse, con capacità di abbattimento differenti.



Confronto con configurazione **Pre-Covid**

Post-Covid (1) vs. Pre-Covid

(filtro Fotocatalitico + Air'Suite vs. filtro mercato F7)

	Δ Costi	Δ Benefici	$\Delta B/\Delta C$	
Scuola Infanzia (2-3 anni)	5.646,2	4.126,3	0,73	Salute
Scuola Infanzia (6-10 anni)	5.610,4	46.030,4	8,20	Salute + Produttività
Scuola Secondaria di I grado (11-13 anni)	5.643,6	48.038,5	8,53	
Scuola Secondaria di II grado (14-19 anni)	5.634,6	48.375,8	8,59	

Post-Covid (2) vs. Pre-Covid

(filtro Assoluto H13 + Air'Suite vs. filtro mercato F7)

	Δ Costi	Δ Benefici	$\Delta B/\Delta C$	
Scuola Infanzia (2-3 anni)	11.032,4	4.126,3	0,37	Salute
Scuola Infanzia (6-10 anni)	10.736,1	5.739,4	0,53	Salute + Produttività
Scuola Secondaria di I grado (11-13 anni)	10.936,5	7.747,5	0,71	
Scuola Secondaria di II grado (14-19 anni)	10.936,5	8.084,8	0,74	

Confronto con configurazione Covid

Post-Covid (1) vs. Covid

(filtro Fotocatalitico + Air'Suite vs. filtro mercato F7)

	Δ Costi	Δ Benefici	$\Delta B/\Delta C$
Scuola Infanzia (6-10 anni)	5.524,9	184.427,8	33,38
Scuola Secondaria di II grado (14-19 anni)	5.524,9	181.953,4	32,93

Questa analisi sottolinea l'insostenibilità delle contromisure dei sistemi HVAC ad alta intensità energetica intraprese durante l'emergenza pandemica e sostiene la necessità di individuare soluzioni in grado di garantire spazi interni salubri, riducendo al contempo l'impatto energetico del trattamento dell'aria.



New air for the future.

RHOSS S.P.A.

Via Oltre Ferrovia, 32
33033 Codroipo (UD) - Italy
tel. +39 0432 911611
rhoss@rhoss.com

RHOSS Deutschland GmbH

Hözlstraße 23, D
72336 Balingen, OT Engstlatt - Germany
tel. +49 (0)7433 260270
rhossde@rhoss.com

RHOSS S.P.A. - France

39 Chemin Des Peupliers
9570 Dardilly - France
tel. +33 (0)4 81 65 14 06
rhossfr@rhoss.com

RHOSS Iberica Climatizacion, S.L.

Frederic Mompou, 3 - Pta. 6a Dpcho. B 1
08960 Sant Just Desvern - Barcelona - Spain
tel. +34 691 498 827
rhossiberica@rhossiberica.com

RHOSS Nederland B.V.

Nijverheidsweg 9 - 3401 MC IJsselstein - NL
Nikola Teslastraat 1-14 - 7442 PC Nijverdal - NL
tel. +31 (0)85 8223 001
info@rhossnederland.nl

rhoss.com



La RHOSS S.P.A. non si assume alcuna responsabilità per eventuali errori del presente stampato e si ritiene libera di variare senza preavviso le caratteristiche dei propri prodotti.

K15588IT - 05.24