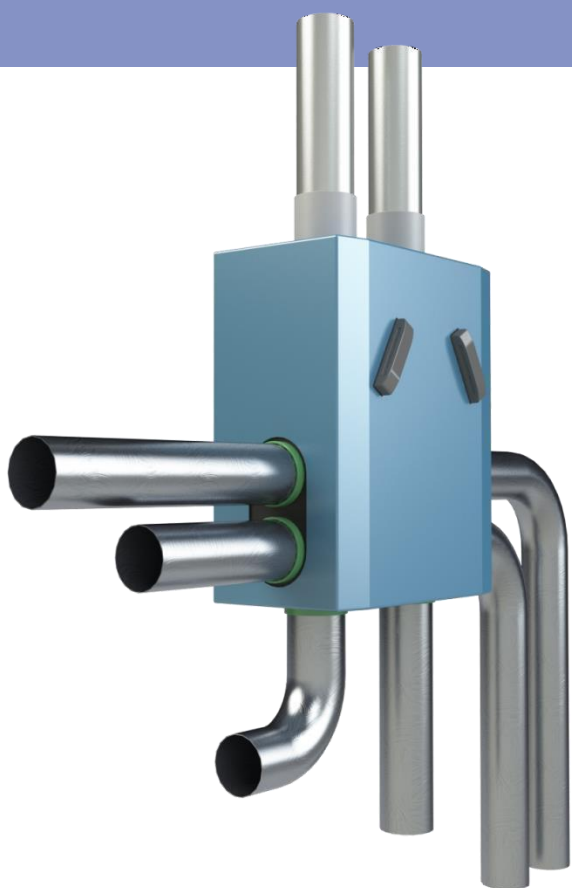


Unità di ventilazione

Design Ecocompatibile ed
Etichettatura Energetica



Studio

**Fase 1.1 e Fase 1.2 Analisi
Tecnica e Aggiornamento Studi
Preliminari**

Relazione intermedia

PARTE 4. Tecnologie

Studio basato sulle norme EU 1253/2014 (Requisiti di progettazione ecocompatibile per le unità di ventilazione) e EU 1254/2014 (Etichettatura energetica delle unità di ventilazione residenziali)

Preparato da
VHK, Delft (NL), per la Commissione Europea, DG GROW

Gennaio 2020

Le informazioni e i punti di vista riportati in questo studio sono quelli degli autori e non necessariamente riflettono l'opinione ufficiale della Commissione Europea.

1. Tecnologie di filtrazione

5.1 Introduzione

Sebbene la ventilazione svolga un ruolo cruciale nel mantenere un ambiente interno pulito, in alcuni casi i sistemi di ventilazione possono anche essere una fonte di inquinanti atmosferici a causa di aria esterna inquinata, design inadeguato del sistema, perdite interne e contaminazione incrociata, ecc. Pertanto, la tecnologia di filtrazione dell'aria svolge un ruolo chiave nella protezione della salute umana rimuovendo gli inquinanti dell'aria interna ed esterna.

La ventilazione meccanica (scambiando aria interna con aria esterna usando uno o più ventilatori), consuma sia l'energia di riscaldamento che l'elettricità. L'uso di filtri aumenterà il consumo di elettricità per la ventilazione poiché i filtri aumentano la resistenza nel percorso del flusso dell'aria di mandata e di scarico. È quindi importante provare a ridurre la pressione aggiuntiva indotta dai filtri. Per dare un'indicazione approssimativa: un aumento di 50 pascal per filtro nel flusso d'aria di ventilazione in media di 110 m³/h in tutte le abitazioni EU28 comporterebbe un consumo annuo totale di energia aggiuntivo di circa 6,5 TWh¹⁴ (26 kWh/anno/hh).

E se parti dell'aria interna possono anche essere pulite mediante filtrazione e ricircolo (cioè senza scambiare aria interna con aria esterna) ciò potrebbe anche contribuire a ulteriori risparmi energetici senza compromettere qualità dell'aria interna, perché l'energia di riscaldamento non è più necessaria per riscaldare l'aria fresca esterna. Gli sviluppi tecnici relativi a questi due argomenti saranno ulteriormente discussi qui.

5.2 Filtrazione e perdite di carico

I filtri possono essere utilizzati per la filtrazione del particolato (PM) e degli inquinanti gassosi (VOC, odori, ecc.) presenti nell'aria esterna o interna. Questa sezione "sui filtri e sulle perdite di carico" si riferisce solo ai filtri utilizzati per la rimozione di PM, poiché non esistono (ancora) test di prova per gli inquinanti gassosi e la loro applicazione per l'aria interna negli edifici è ancora limitata (vedere ulteriori spiegazioni sotto sezione 5.3.2). Il consumo di energia rappresenta la quota maggiore del costo totale del ciclo di vita dei filtri, circa l'80%. Il restante 20% riguarda investimenti iniziali e smaltimento (fonte: <https://filterservices.com/pressure-drop-considerations-in-air-filtration/>). Le perdite di carico del filtro sono alla base del consumo di energia.

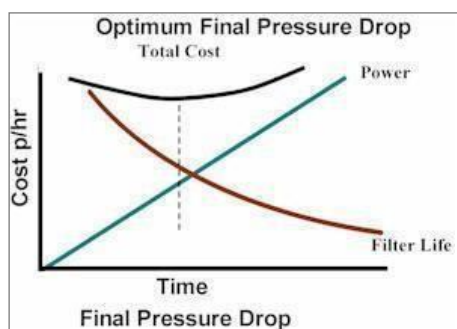


Figure 53. Costi ottimali dei filtri

¹⁴ $TWh_{\Delta P} = (q_v \cdot \Delta P \cdot \text{hours} \cdot \text{No EU28 dwellings}) / (\eta_{fan} \cdot 1000) = 0,03 \cdot 50 \cdot 8760 \cdot 250 \cdot 10^6 / (0,5 \cdot 1000) = 6,57$

La Figura 53 illustra il punto di sostituzione ottimale di un filtro dell'aria - quel punto in cui le perdite di carico aumentano il consumo elettrico superando il costo iniziale del filtro. Ovviamente, le perdite di carico del filtro non sono le stesse per tutti i tipi di filtro esistenti e per tutte le marche di filtri. Lo stesso vale per le perdite di carico del filtro a fine vita. Per rendere note le differenze tra i filtri, Eurovent ha sviluppato le linee guida 4 / 21-2019 relativa alla valutazione dell'efficienza energetica dei filtri dell'aria per la ventilazione generale (vedere anche la sezione 1.8.1 della relazione sul Task 3).

5.2.1 Linee guida EUROVENT sull'efficienza energetica dei filtri

Le linee guida Eurovent sono state aggiornate a Novembre 2019:

- Applicazione classificazione e metodi di analisi EN ISO 16890
- Definizione metodi di valutazione dell'efficienza energetica
- Definizione efficienza energetica dei filtri dell'aria per scopi di ventilazione generale

Lo scopo di queste linee guida è di stimare il consumo energetico annuo basandosi su una procedura di test in laboratorio che può essere la base per una classificazione dell'efficienza energetica, al fine di fornire al consumatore una guida ai filtri dell'aria per la selezione del filtro.

Due note importanti riguardo quanto sopra riportato:

- Al fine di ridurre effettivamente il consumo energetico utilizzando filtri più efficienti dal punto di vista energetico, è anche necessario che la velocità del ventilatore possa essere regolata di conseguenza per fornire l'aria richiesta (se il ventilatore viene azionato a una velocità fissa, abbassando la (media) delle perdite di carico dei filtri dell'aria comporterà un aumento della portata del volume d'aria; nel peggiore dei casi, ciò potrebbe anche provocare una situazione in cui il ventilatore viene utilizzato in una regione con efficienza inferiore con conseguente aumento complessivo)
- Il metodo fornito in questo documento è basato su dati di test di laboratorio con condizioni di prova standardizzate, che possono differire in modo significativo dalla singola applicazione in un'unità di ventilazione dell'edificio. Pertanto, il consumo energetico annuo calcolato secondo queste linee guida può essere utilizzato solo come parametro per il sistema di classificazione e si riferisce solo al contributo dei filtri dell'aria coinvolti. Il consumo energetico annuo in una singola applicazione può differire significativamente da questo.

Il principio di calcolo utilizzato è il seguente:

Il consumo energetico di un ventilatore in un'unità di trattamento dell'aria può essere valutato in funzione della portata in volume fornita dal ventilatore, dell'efficienza del ventilatore, del tempo di funzionamento e della differenza della pressione totale (pressione statica più pressione dinamica) dopo il ventilatore e la pressione statica dell'aria ambiente (supponendo che il ventilatore aspira aria da un serbatoio statico). Generalmente, la portata in volume fornita dal ventilatore e la differenza di pressione che il ventilatore deve superare sono correlate tra loro dalla curva propria del ventilatore. L'efficienza del ventilatore è una funzione della velocità del ventilatore. L'effettiva efficienza dipende anche fortemente dal design e dal layout della ventilatore e può essere nel migliore dei casi fino a 0,80 o anche superiore, e nel peggiore dei casi fino a 0,25 o anche inferiore.

La parte del consumo totale annuo di energia che è correlata alla caduta di pressione dei filtri può essere calcolata usando la seguente equazione:

$$W = \frac{q_v \cdot \overline{\Delta p} \cdot t}{\eta \cdot 1000}$$

Dove definiamo: $q_v = 0.944 \text{ m}^3/\text{s}$, $t = 6000 \text{ h/a}$ and $\eta = 0.5$

Per una descrizione dettagliata del test e del sistema di classificazione, consultare l'ultima versione della linea guida Eurovent 4 / 21-2019 relativa alla valutazione dell'efficienza energetica dei filtri dell'aria per scopi generali di ventilazione.

Il programma di certificazione si applica agli elementi del filtro dell'aria classificati come ISO PM1, PM2.5 e PM10 (secondo EN ISO 16890) con riferimento a dimensioni frontali di 592 x 592 mm e portate nominali dell'aria comprese tra 0,24 e 1,5 m³ / s. I filtri devono essere dichiarati secondo uno dei seguenti gruppi di filtri (vedere le tabelle seguenti).

Tabella 8. Classi energetiche Eurovent gruppi di filtri (con $M_x = \text{max. carico di polvere}$, AEC = consumo energetico annuo)

$M_x = 200 \text{ g (AC Fine)}$	AEC in kWh/y FOR ePM1					
	ePM ₁ and ePM _{1, min} ≥ 50%					
	A+	A	B	C	D	E
50% & 55%	800	900	1050	1400	2000	>2000
60% & 65%	850	950	1100	1450	2050	>2050
70% & 75%	950	1100	1250	1550	2150	>2150
80% & 85%	1050	1250	1450	1800	2400	>2400
> 90%	1200	1400	1550	1900	2500	>2500

$M_x = 250 \text{ g (AC Fine)}$	AEC in kWh/y FOR ePM2.5					
	ePM _{2.5} and ePM _{2.5, min} ≥ 50%					
	A+	A	B	C	D	E
50% & 55%	700	800	950	1300	1900	>1900
60% & 65%	750	850	1000	1350	1950	>1950
70% & 75%	800	900	1050	1400	2000	>2000
80% & 85%	900	1000	1200	1500	2100	>2100
> 90%	1000	1100	1300	1600	2200	>2200

$M_x = 400 \text{ g (AC Fine)}$	AEC in kWh/y FOR ePM10					
	ePM ₁₀ ≥ 50%					
	A+	A	B	C	D	E
50% & 55%	450	550	650	750	1100	>1100
60% & 65%	500	600	700	850	1200	>1200
70% & 75%	600	700	800	900	1300	>1300
80% & 85%	700	800	900	1000	1400	>1400
> 90%	800	900	1050	1400	1500	>1500

Rispetto all'edizione precedente, la versione di novembre 2019 include ora un allegato 1 in cui viene fornito un metodo per il ricalcolo del consumo energetico ad una portata d'aria diversa da quella nominale (testato). Questa semplice formula è stata sviluppata sulla base di numerosi test

eseguiti da vari produttori. La formula funziona bene all'interno dell'intervallo di classificazione Eurovent. Più bassa è la deviazione della portata d'aria effettiva da quella nominale, maggiore è la sua precisione.

Nel loro studio¹⁵ "Status on Air Filter Characteristics and Energy Efficiency", gli autori hanno analizzato un campione di 1800 risultati di test di filtri certificati. I risultati (vedere il grafico seguente) dimostrano che solo una parte minore dei filtri dell'aria certificati ha prestazioni energetiche adeguate e il resto è certificato come classi C, D ed E. Gli autori concludono che il tema filtri ha bisogno di più sforzi e attenzione da parte dei produttori al fine di migliorare i loro prodotti.

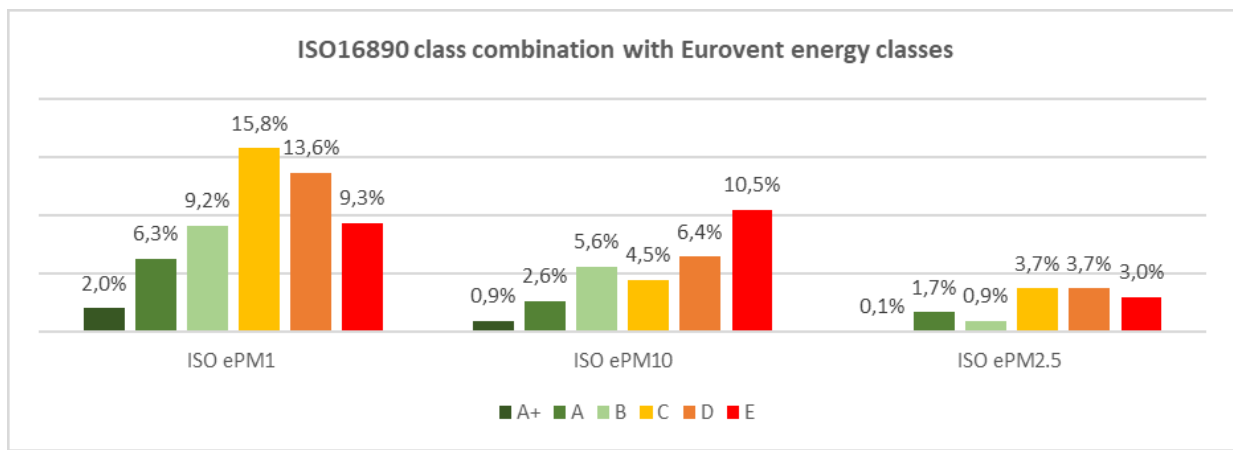


Figure 54. ISO Classi (ISO 16890) ed efficienza energetica in classi percentuali Eurovent Fonte: Vadoudi, K., Kelijian, G., Marinhas, S. (vedi nota a piè di pagina)

5.2.2 Sviluppo filtri PM e perdite di carico

Come si può dedurre dalla sezione precedente, c'è ancora molto da fare per quanto riguarda le prestazioni energetiche dei filtri. Uno schema di etichettatura sviluppato da Eurovent e dai suoi membri può diventare uno strumento importante per dare importanza ridotte perdite di carico nella tecnologia dei filtri.

Una tecnologia che vale la pena menzionare in questo contesto è l'uso di filtri elettrostatici. La norma EN ISO 16890 consente il test e la valutazione dei filtri elettrostatici. Il vantaggio dei filtri elettrostatici rispetto ai tradizionali filtri in fibra può essere che:

- In base al principio di funzionamento, le perdite di carico possono in linea di principio essere più basse (inferiori) rispetto ai filtri in fibra.
- Le perdite di carico rimangono costanti o aumentano solo leggermente con l'aumento della quantità di polvere catturata dal filtro, questo implica che il controllo del flusso allo scopo di compensare le maggiori perdite di carico non è necessario.
- Di conseguenza, il consumo energetico dovuto al filtro è costante e non aumenta durante l'uso.

¹⁵Vadoudi, K., Kelijian, G., Marinhas, S., Status on Air Filter Characteristics and Energy Efficiency, 40th AIVC Conference, October 2019, Ghent, Belgium.



Figura 55. Esempio di filtro elettrostatico attivo

Fonte: Expansion Electronic



Figura 56. Esempio di filtro a tasche

Immagine casuale filtro a tasche

Per fare un confronto, viene fatto un calcolo del consumo energetico annuo per un filtro elettrostatico ePM1:70% con ΔP medie di 62 Pa e un filtro a tasche ePM1:70% con ΔP medie di 215 Pa.

Filtro elettrostatico FE600 ePM1:70%

$$E = 0.944 * 62 * 6000 / (0.5 * 1000) = 351168 / 500 = 702 \text{ kWh/anno}$$

Filtro a tasche medio ePM1:70%

$$E = 0.944 * 215 * 6000 / (0.5 * 1000) = 1217760 / 500 = 2435 \text{ kWh/anno}$$

Tipi di filtri elettrostatici

Possono essere distinti due tipi di filtri elettrostatici: filtri elettrostatici attivi e passivi.

Il principio generale nella tecnologia dei sistemi di filtrazione elettrostatica si riferisce all'effetto elettrostatico che si verifica quando una particella inquinante (polvere, fumo, fibre, ecc ...) ha, sulla sua superficie, una carica elettrica (positiva e / o negativa) che la fa aderire ad un'altra superficie (fibre filtranti, pareti, tende, schermi delle TV e dei computer, ecc.) con carica uguale ma opposta. Se la massa della particella è sufficientemente piccola, la carica elettrica presente sulla sua superficie la fa aderire ad un'altra carica elettrica opposta, presente sulla superficie. Applicando questo effetto elettrostatico, è possibile ottenere elevate efficienze di filtrazione, anche per particelle di dimensioni inferiori.

Filtri elettrostatici passivi

Quando questo fenomeno viene potenziato artificialmente, caricando elettrostaticamente le fibre di un filtro, si ottiene un cosiddetto "filtro elettrostatico passivo", che per funzionare bene deve essere realizzato con fibre di resistività elettrica molto elevate, come ad esempio le fibre a plastica rettangolare. Il suo aspetto negativo è che solo il deposito di particelle inquinanti sulle fibre del filtro ne fa immediatamente diminuire la capacità di abbattimento dell'inquinante. Inoltre, se l'ambiente è particolarmente umido, l'acqua contenuta nell'aria si condensa

sulla superficie delle fibre ed elimina in pochissimo tempo ogni carica elettrica, trasformando il prodotto in un semplice filtro a setaccio meccanico. Per ovviare a questo problema sono stati creati i cosiddetti sistemi di filtraggio "buffer", in cui i media filtranti sono immersi in un campo elettrico che mantiene il potere di attrazione e il trattenimento degli inquinanti. Il lato negativo è nell'operazione, a partire dal fatto che dipende da un filtro buffer che, anche se caricato elettrostaticamente, presenta gli stessi svantaggi dei filtri meccanici.

Filtri elettrostatici attivi

La filtrazione con un sistema elettrostatico attivo consiste in un sistema a due fasi grazie al quale è possibile ottenere la precipitazione di particelle solide o liquide contenute nel flusso d'aria attraverso l'azione di un campo elettrico.

L'azienda "Expansion Electronic" utilizza la seguente illustrazione e il seguente testo di accompagnamento per spiegare il principio dei filtri elettrostatici attivi:

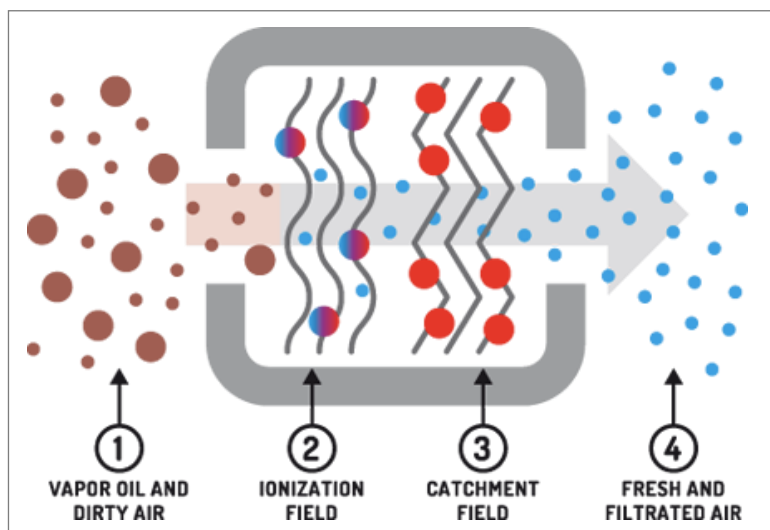


Immagine 57. Principio dei filtri elettrostatici attivi

Fonte: <https://www.expansion-electronic.eu/index.php/en/what-we-do/operating-principle>

In una prima fase, l'aria che passa attraverso il filtro elettrostatico FE System è soggetta all'azione di un campo elettrico a ionizzazione positiva, generato da un filo alimentato con alta tensione elettrica posto tra due piastre collegate a terra: quel campo provoca la liberazione di ioni positivi, generando un fenomeno noto come "effetto corona". Le cariche elettriche che migrano tra l'elettrodo e le superfici messe a terra si scontrano con le particelle d'aria presenti nel flusso d'aria, dando loro parte della loro carica elettrica positiva.

Nella seconda fase, il flusso gassoso precedentemente caricato attraversa il campo elettrico di captazione: questo è costituito da piastre caricate positivamente e da piastre collegate a terra, disposte alternativamente.

Grazie a quella forma del filtro elettrostatico FE System e alla partecipazione della forza elettrostatica, le particelle solide contenute nell'aria vengono attratte dalle piastre di captazione caricate positivamente, poiché sono caricate negativamente.

Periodicamente, a seconda della concentrazione degli inquinanti, è necessario lavare il filtro con un detergente particolare, al fine di garantire una migliore prestazione e un ciclo di vita più lungo del prodotto.

In tal senso, l'applicazione di filtri elettrostatici attivi può anche aiutare a ridurre i flussi di rifiuti dei tradizionali filtri a base di fibra che devono essere sostituiti regolarmente e non possono sempre essere puliti.

5.3 Pulizia e ricircolo dell'aria interna

I requisiti per la ventilazione nella maggior parte delle norme e delle linee guida si basano sul presupposto che la qualità dell'aria esterna (pulita) sia accettabile. In varie località del mondo, tuttavia, la qualità dell'aria esterna può essere molto scarsa. In tali casi, una strategia alternativa potrebbe essere quella di sostituire la ventilazione con aria esterna, almeno in parte, con la pulizia e il ricircolo dell'aria. In questo modo è possibile risparmiare energia per il riscaldamento o il raffreddamento dell'aria di ventilazione e per il trasporto dell'aria (energia del ventilatore). Per i luoghi in cui l'aria esterna è sufficientemente pulita, questa strategia di pulizia dell'aria può anche essere una strategia aggiuntiva alternativa, a condizione che possa aumentare la qualità dell'aria interna senza compromettere il rendimento energetico.

5.3.1 La pulizia dell'aria interna dal particolato è importante

I livelli di PM interni dipendono da diversi fattori tra cui:

- livelli di PM all'aperto,
- ingresso,
- tipi di sistemi di ventilazione e filtrazione utilizzati,
- fonti interne,
- attività degli abitanti.

Le principali fonti interne di PM sono la cottura, le attività di combustione (tra cui la combustione di candele, l'uso di caminetti, l'uso di stufe non ventilate o stufe a cherosene), il fumo di sigaretta e alcuni hobby.

Nelle case senza fumo o altre forti fonti di particelle, il PM interno dovrebbe essere uguale o inferiore ai livelli esterni (fonte: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/indoor-particolato-materia>).

La strategia primaria e preferenziale per ridurre il PM generato in ambienti chiusi è ovviamente il controllo della fonte: utilizzare cappe da cucina efficienti, evitare caminetti o stufe non ventilati, vietare il fumo in ambienti chiusi.

Questa strategia prevale sempre su qualsiasi uso della circolazione dell'aria combinato con filtri PM.

5.3.2 Pulizia dell'aria interna da inquinanti gassosi

La sezione precedente indica sostanzialmente che il ricircolo e la pulizia dell'aria interna riguardano più la rimozione o la riduzione di inquinanti gassosi (provenienti da materiali da costruzione, mobili e prodotti decorativi, apparecchiature per ufficio, apparecchiature di combustione, occupanti e le loro attività) che la riduzione delle concentrazioni di PM.

Rispetto alla filtrazione del particolato (PM) (per la quale sono già disponibili standard e test), la tecnologia della depurazione dell'aria in fase gassosa non è supportata da alcuno standard su come valutarne l'efficienza e l'efficacia nella rimozione del gas inquinanti.

Per colmare questa lacuna nelle conoscenze, the Energy in Buildings and Communities Programme (EBC) dell'AIE ha iniziato un nuovo EBC Annex 78, intitolato "Integrazione della ventilazione con pulizia dell'aria dai gas, attuazione e implicazioni energetiche". La durata di questo progetto di ricerca va dal 2018 al 2020, e gli agenti operativi sono il Prof. Bjarne Olesen e il Dott. Pawel Wargocki, entrambi dell'Università Tecnica della Danimarca. I paesi partecipanti sono Canada, Repubblica Ceca, Cina, Danimarca, Finlandia, Italia, Giappone, Singapore, Stati Uniti.

Gli obiettivi principali di questo progetto sono:

- quantificare le prestazioni energetiche dell'uso della purificazione dell'aria nell'ambito dei requisiti di ventilazione,
- analizzare come la pulizia dell'aria può sostituire parzialmente la ventilazione,
- avanzare le procedure di test standard per i depuratori d'aria,
- svolgere studi nel campo delle prestazioni energetiche e della qualità dell'aria interna negli edifici utilizzando la depurazione dell'aria in fase gassosa

(Vedi anche <https://iea-ebc.org/projects/project?AnnexID=78>)

Principi tecnici per la rimozione degli inquinanti gassosi

Tecnologia	Meccanismo	Vantaggi	Svantaggi
Ionizzazione	Una scarica del filo carica le particelle e i COV in entrata, che si accumulano su piastre a carica opposta	<ul style="list-style-type: none"> – Silenzioso – Poca manutenzione – Basse perdite di carico 	<ul style="list-style-type: none"> – Produce ozono
Adsorbimento	I gas vengono adsorbiti da un'ampia superficie che fa da media filtrante (carbone attivo)	<ul style="list-style-type: none"> – Potenziale per un'elevata efficienza di rimozione di molti inquinanti gassosi – Non si formano sottoprodotti 	<ul style="list-style-type: none"> – Sostituzione periodica necessaria – Efficacia sconosciuta – Alte perdite di carico – Diversa efficienza di rimozione per diversi gas – Test limitati o mancanti
Chemiadsorbimento	I gas vengono adsorbiti chimicamente da media filtranti rivestiti o impregnati di composti reattivi	<ul style="list-style-type: none"> – Potenziale per un'elevata efficienza di rimozione di molti inquinanti gassosi – Il chemiadsorbimento è un processo irreversibile (gli inquinanti vengono catturati in modo permanente) 	<ul style="list-style-type: none"> – Sostituzione periodica necessaria – Efficacia sconosciuta – Alte perdite di carico – Diversa efficienza di rimozione per diversi gas – Test limitati o mancanti

Ossidazione catalitica	(Foto) ossidazione catalitica (PCO) in cui un media filtrante dalla superficie ampia è rivestito con biossido di titanio che funge da catalizzatore; i gas si assorbono sul materiale e le lampade UV attivano l'ossido di titanio che reagisce con i gas adsorbiti e li trasforma	<ul style="list-style-type: none"> - Può decomporre una vasta gamma di inquinanti gassosi (ad es. Aldeidi, aromatici, alcani, olefine, idrocarburi alogenati) - Può essere combinato con fluidi adsorbenti per migliorare l'efficacia 	<ul style="list-style-type: none"> - Può generare sottoprodotti dannosi (formaldeide, acetaldeide, ozono) - No test - Efficienza di rimozione relativamente bassa - Mancanza di studi per convalidare le prestazioni - Il catalizzatore ha una durata limitata
Plasma	Viene applicata la corrente elettrica per creare un arco elettrico; i gas in entrata vengono ionizzati e i legami vengono spezzati per trasformare chimicamente gli inquinanti gassosi	<ul style="list-style-type: none"> - Può avere un'elevata efficienza di rimozione - Può essere combinato con altre tecnologie di depurazione dell'aria per migliorare le prestazioni 	<ul style="list-style-type: none"> - Ampia varietà di rendimenti dei tipi di generazione del plasma - confusione su come funziona effettivamente un prodotto - Si formano sottoprodotti (inclusi particelle e inquinanti gassosi)
Ozono	Generazione intenzionale di ozono mediante scarica a corona, UV o altro metodo per ossidare composti odorosi e altri gas	<ul style="list-style-type: none"> - Reagisce con molti gas interni - Può essere combinato con mezzi adsorbenti per migliorare l'efficacia 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevati tassi di generazione dell'ozono - Elevate quantità di formazione di sottoprodotti - Può causare deteriorazione dei materiali interni
Ultravioletti	La luce UV uccide o rende inattivi i microbi presenti nell'aria	<ul style="list-style-type: none"> - Può essere efficace ad alta intensità e con un tempo di contatto sufficiente - Può essere utilizzato per rendere inattivi i microbi sulle batterie di raffreddamento e altre superfici 	<ul style="list-style-type: none"> - Può generare ozono - Può provocare lesioni agli occhi - Requisiti di assorbimento di energia elettrica elevati - Rende inattivi ma non rimuove i microbi

Fonte: www.epa.gov/iaq