



## RIGENCAP: I FILTRI DA CUCINA RIGENERABILI

*Il progetto RigenCap propone una cappa innovativa con filtri a carbone attivo rigenerabili in situ tramite fotocatalisi, attivata da luce UV. Questa tecnologia degrada i composti organici volatili (VOC), adsorbiti durante l'aspirazione, nei momenti di inattività della cappa, prolungando la vita dei filtri e riducendo costi, impatti ambientali e durata. Promettente per applicazioni domestiche e industriali, offre una soluzione sostenibile contro l'inquinamento indoor.*

Negli ultimi decenni, l'inquinamento indoor è diventato un tema di crescente interesse nel campo della salute pubblica e ambientale. Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), le persone trascorrono circa il 90% del loro tempo in ambienti chiusi, come abitazioni, uffici o scuole, rendendo l'esposizione all'inquinamento indoor un problema cruciale per la salute pubblica. Tra i numerosi contaminanti presenti nell'aria interna, i composti organici volatili (VOC) svolgono un ruolo di primaria importanza a causa della loro diffusione e dei loro effetti negativi sulla salute umana.

I VOC sono emessi da una vasta gamma di materiali e processi, inclusi vernici, prodotti per la pulizia, materiali da costruzione ma anche dalla semplice cottura dei cibi. Durante quest'ultimo processo vengono infatti rilasciate nell'ambiente domestico diverse sostanze chimiche, come particolato, monossido di carbonio (CO), ossidi di azoto (NOx), formaldeide e i già citati VOC. Tra i VOC che si generano durante la cottura, alcune delle sostanze più nocive includono aldeidi, idrocarburi aromatici policiclici (PAH) e altri composti non salutari o comunque di odore sgradevole [1].

Le cappe da cucina rappresentano la principale soluzione contro l'accumulo di questi inquinanti nell'aria domestica, poiché permettono la cattura di una buona parte delle sostanze organiche rilasciate durante la cottura. Esistono due principali tipologie: cappe a espulsione esterna e a ricircolo. Le prime, più efficaci nell'eliminare l'aria inquinata, non sono sempre installabili in appartamenti o edifici con limitazioni strutturali e possono risultare svantaggiose dal punto di vista energetico, eliminando aria già riscaldata o raffrescata. Le cappe a ricircolo, invece, purificano l'aria facendola passare attraverso filtri e reimmettendola nell'ambiente. Tale principio è applicato anche in cucine commerciali, laboratori e sistemi di purificazione di autoveicoli, treni e aerei.

I filtri più utilizzati nelle cappe a ricircolo sono basati su carboni attivi, materiali composti principalmente da carbonio che si

presentano in forma di polvere o pellet di colore nero e sono caratterizzati da una struttura altamente porosa e da un'elevatissima area superficiale, che può raggiungere valori fino a 3000 m<sup>2</sup>/g. Tale caratteristica li rende eccellenti adsorbenti per una vasta gamma di sostanze chimiche. Tuttavia, la loro efficacia è limitata nel tempo: man mano che il carbone attivo adsorbe i VOC, i suoi pori si saturano riducendone così la capacità di trattenere ulteriori inquinanti. In media, un filtro a carbone attivo può funzionare efficacemente per un periodo che va dai 3 ai 4 mesi, a seconda dell'uso della cappa e della quantità di inquinanti presenti nell'aria della cucina [2]. Dopo questo periodo, il filtro deve essere sostituito, e questo implica non solo un costo economico per l'acquisto di nuovi filtri, ma anche un problema di smaltimento, in quanto i filtri esauriti contengono sostanze tossiche adsorbite durante l'uso e devono quindi essere smaltiti secondo protocolli e norme definiti, per evitare ulteriori impatti ambientali. Il processo di produzione e smaltimento dei filtri a carbone attivo rappresenta una fonte significativa di inquinamento ambientale, soprattutto considerando l'elevato numero di cappe prodotte e vendute ogni anno sia per applicazioni domestiche che ambientali.

In risposta a queste problematiche, la tecnologia delle cappe da cucina sta evolvendo verso soluzioni più sostenibili ed efficienti. Tra le soluzioni più interessanti vi sono cappe che integrano sistemi di rigenerazione dei filtri a carbone attivo, una tecnologia che consente di estendere la vita utile del filtro attraverso procedure di manutenzione periodica. Alcuni produttori propongono sistemi di rigenerazione che prevedono il lavaggio del filtro in lavastoviglie a 60 °C e la successiva asciugatura in forno a 50 °C. Queste operazioni devono essere effettuate ogni 3-4 mesi per mantenere l'efficienza del filtro e la sostituzione deve essere eseguita ogni 3 anni [3]. Un'altra opzione suggerisce la rigenerazione tramite un trattamento termico del filtro in forno a 200 °C per 2 ore. In questi casi, la sostituzione completa del filtro è consigliata solo ogni 10 anni [4].

Tuttavia, sebbene queste soluzioni allungino la vita utile dei filtri, il mercato per tali cappe sembra rimanere limitato. La ragione principale è la complessità delle operazioni di manutenzione, che includono lo smontaggio e il rimontaggio del filtro, non sempre agevoli per l'utente medio. Inoltre, durante i processi di rigenerazione, esiste il rischio che alcuni composti tossici, adsorbiti dal filtro, vengano rilasciati nell'ambiente tal quali. Questi aspetti rappresentano un significativo ostacolo alla diffusione su larga scala di tali tecnologie.

Oltre ai sistemi di rigenerazione dei filtri a carbone attivo, negli ultimi anni sono emersi prototipi di cappe da cucina basate esclusivamente sulla fotocatalisi, che rappresentano, dunque, una potenziale alternativa ai tradizionali filtri a carbone. In questo tipo di cappe la depurazione dell'aria avviene grazie a un materiale fotocatalitico applicato direttamente su una griglia metallica a nido d'ape. La funzione fotocatalitica è attivata dalla luce ultravioletta (UV-C), che, combinata con la superficie del catalizzatore, permette di ossidare i composti organici volatili, semivolatili e gli ossidi di azoto (Fig. 1) [5].

L'ossidazione fotocatalitica rappresenta una tecnologia potenzialmente promettente poiché garantisce un'efficienza costante nel tempo, senza richiedere la sostituzione di filtri o la rigenerazione periodica. Questo sistema impedisce l'accumulo di sostanze tossiche nel filtro, poiché distrugge gli inquinanti invece di immagazzinarli, come avviene nei filtri a carbone attivo. Tuttavia, le cappe fotocatalitiche non sono ancora diffuse sul mercato: mancano dati chiari sull'efficacia in ambienti domestici reali, dove il breve tempo di residenza degli inquinanti potrebbe non permettere una sufficiente interazione con la superficie

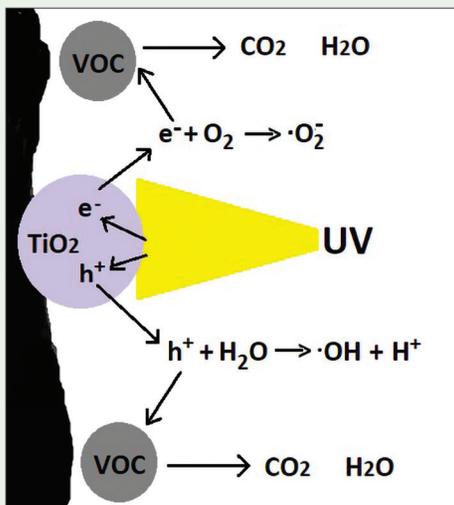


Fig. 1 - Degradazione dei VOC tramite fotocatalisi

catalitica e la luce UV, essenziali per la fotocatalisi.

Una soluzione alternativa è proposta dal progetto RINGENCAP, vincitore del concorso Seed4Innovation, iniziativa per valorizzare idee innovative sviluppate all'Università di Milano, con l'obiettivo di favorire progetti con potenziale di sviluppo industriale o commerciale.

Tale tecnologia, sviluppata dal gruppo di ricerca SUSCHEOPE (<https://sites.unimi.it/pirolacarlo/>) (Fig. 2), si basa su una cappa che utilizza i carboni attivi come componente centrale del processo di rimozione degli inquinanti per adsorbimento, ma introduce un meccanismo

di rigenerazione *in situ* tramite processi fotocatalitici.

La tecnologia prevede la deposizione di un fotocatalizzatore sui carboni attivi commerciali in quantità tale da non compromettere le loro capacità adsorbenti. Ciò consente alla cappa di mantenere un'elevata efficienza di funzionamento nelle normali condizioni di lavoro, come richiesto in applicazioni domestiche e industriali, garantendo al contempo un processo di rigenerazione dopo ogni ciclo di lavoro della cappa.

La rigenerazione *in situ* del carbone attivo viene svolta durante i periodi di inattività della cappa, ad esempio durante la notte o tra un utilizzo e l'altro. Questo processo avviene attraverso una lampada UV a basso consumo energetico, che attiva il fotocatalizzatore depositato sul carbone. Mentre la cappa non è in uso, il sistema fotocatalitico degrada le molecole di sostanze odorose e inquinanti precedentemente adsorbite sui carboni attivi, convertendole in composti innocui come acqua e anidride carbonica.

La rigenerazione può essere svolta nei tempi di inattività della cappa evitando così che i lunghi tempi richiesti delle cinetiche



Fig. 2 - Foto del gruppo di ricerca del dipartimento di Chimica SUSCHEOPE

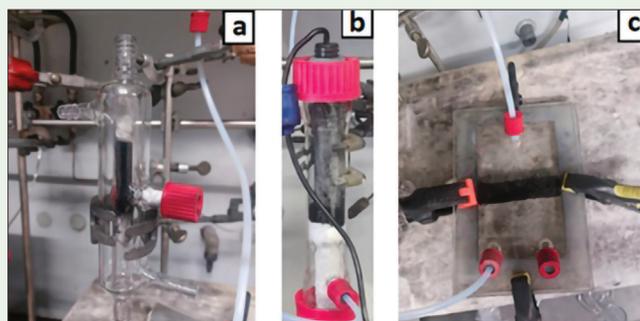


Fig. 3 - Prototipi Ringencap testati: a) a letto fisso di carboni; b) a letto fisso con sezione anulare e lampada interna; c) a letto fisso con ottimizzazione dell'irraggiamento UV per l'applicazione finale

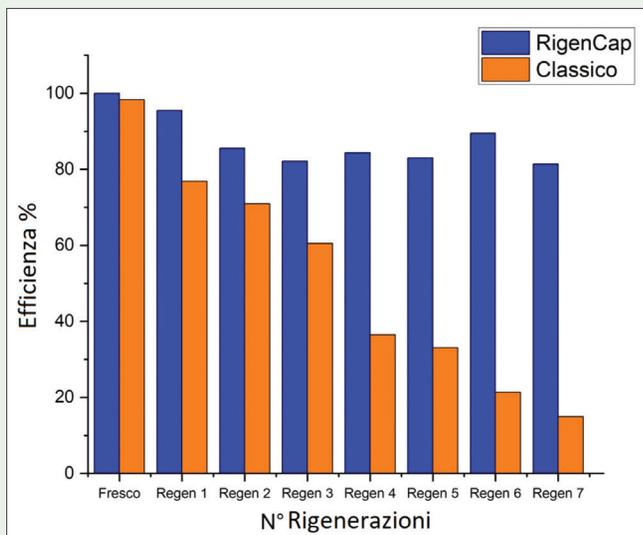


Fig. 4 - Confronto tra l'approccio classico e quello fotocatalitico sull'efficienza dei carboni attivi nel tempo

delle reazioni fotocatalitiche incidano sull'efficienza operativa. Inoltre una programmazione notturna potrebbe ridurre i costi energetici della lampada, comunque limitati essendo questa a bassa potenza di emissione. La tecnologia unisce così l'efficienza dei carboni attivi nell'adsorbimento di VOC e inquinanti con la rigenerazione fotocatalitica *in situ*, eliminando la necessità di sostituzioni periodiche dei filtri. Il risultato è un sistema di purificazione dell'aria più sostenibile, efficiente e a basso impatto energetico, che potrebbe rappresentare una potenziale alternativa nel settore delle cappe da cucina e della purificazione dell'aria in generale.

La versatilità di questa tecnologia la rende particolarmente adatta a una vasta gamma di applicazioni in cui è essenziale mantenere elevati standard di purificazione dell'aria. Ciò include non solo ambienti domestici, ma anche contesti industriali e di ricerca, dove il controllo degli inquinanti atmosferici è cruciale per garantire la sicurezza e l'efficienza dei processi produttivi. Presso il Dipartimento di Chimica dell'Università degli Studi di Milano sono stati condotti esperimenti per valutare l'efficienza di adsorbimento dei composti organici volatili (VOC) e la sua evoluzione nel tempo. I dati sono stati ottenuti facendo passare aria arricchita con metiletilchetone (MEK), utilizzato

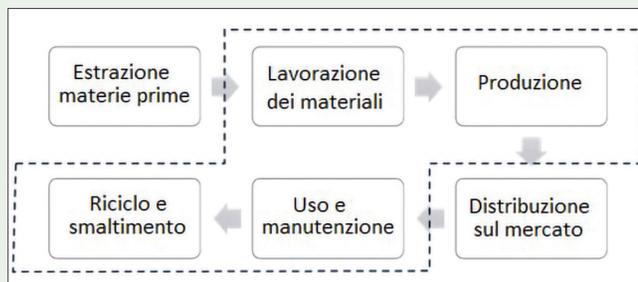


Fig. 5 - Confini di sistema dello studio LCA

come VOC di riferimento in conformità alle normative vigenti (CEI EN 61591), attraverso un letto di carbone attivo. Il flusso d'aria in uscita è stato analizzato in continuo per determinare la quantità di MEK adsorbito, fino al raggiungimento della saturazione del carbone attivo. Sono stati testati diversi prototipi di reattore (Fig. 3), al fine di riprodurre il più fedelmente possibile le condizioni operative reali di una cappa da cucina.

Al termine di ogni ciclo di adsorbimento, a carbone attivo esaurito, è stata eseguita la rigenerazione mediante l'uso di una lampada UV. Dopo la rigenerazione, il test di adsorbimento è stato ripetuto per verificare nuovamente l'efficienza del sistema.

Un'analisi comparativa tra l'approccio tradizionale, basato su filtri a carbone attivo classico e quello fotocatalitico, sviluppato nel progetto RIGENCAP, ha evidenziato notevoli vantaggi a favore di quest'ultimo. In particolare, il sistema fotocatalitico consente di mantenere un'elevata efficienza di abbattimento degli inquinanti per periodi molto più lunghi rispetto ai filtri tradizionali (Fig. 4).

Inoltre, l'aspetto ambientale della tecnologia è stato valutato mediante analisi del ciclo di vita (LCA, Life Cycle Asses-

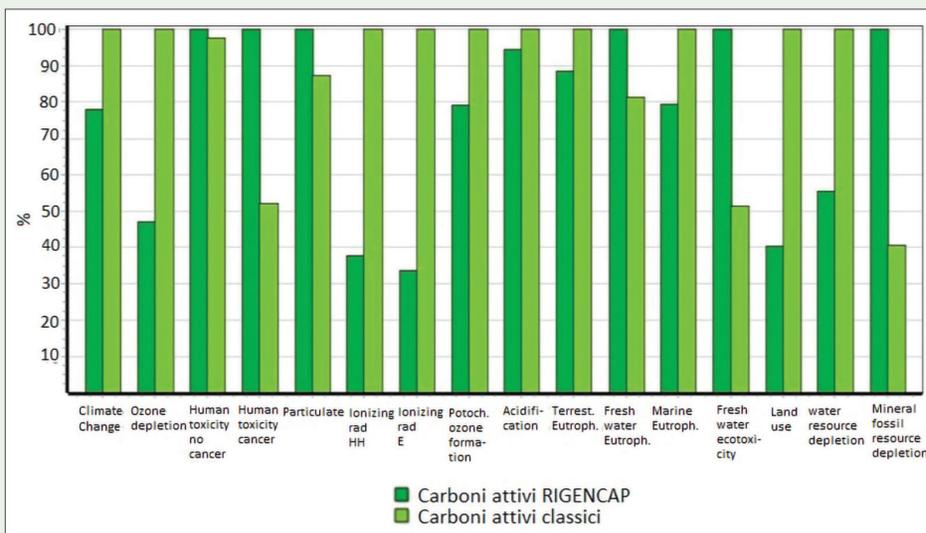


Fig. 6 - Confronto delle diverse categorie d'impatto considerate nello studio LCA tra carboni attivi classici (verde chiaro) e carboni attivi RIGENCAP (verde scuro)

sment). In particolare, abbiamo confrontato la produzione di carboni attivi tradizionali e carboni attivi fotocatalitici, tenendo conto di tutti i processi coinvolti, dalla lavorazione iniziale dei materiali fino al riciclaggio e allo smaltimento finali (Fig. 5).

Poiché l'obiettivo dell'analisi LCA era confrontare i carboni attivi comuni con quelli fotocatalitici, che differiscono per durata e altre caratteristiche, si è scelto di utilizzare come unità funzionale un metro cubo di aria satura di MEK (composto organico volatile di riferimento) a 0 °C. Successivamente, è stata calcolata la quantità di carbonio necessaria per rimuovere il MEK contenuto in quest'unità, normalizzando i risultati rispetto alla capacità complessiva di purificare l'aria.

L'analisi è stata realizzata con il software SimaPro 9.5.0, utilizzando i dati del database Ecoinvent 3 - Cut Off. Per valutare l'impronta di carbonio del sistema, è stato applicato il metodo IPCC 2013 GWP 20°. L'impronta idrica è stata valutata tramite il metodo AWARE, mentre per parametri come la tossicità umana e l'ecotossicità si è impiegato il metodo ILCD 2011 Midpoint+.

I principali risultati dello studio comparativo sono presentati in Fig. 6. Come si può osservare, il sistema fotocatalitico basato sulla tecnologia RIGENCAP si dimostra migliore rispetto ai carboni attivi tradizionali in molte delle categorie d'impatto analizzate. Di conseguenza, questa tecnologia può essere con-

siderata una valida alternativa ai carboni attivi convenzionali attualmente utilizzati nelle cappe di filtrazione dell'aria.

In conclusione, il progetto RIGENCAP rappresenta quindi un'interessante e potenziale alternativa sostenibile nelle tecnologie per la purificazione dell'aria. I risultati ottenuti per ora in scala di laboratorio possono essere una base concreta per il passaggio di scala di questa tecnologia dalle molteplici applicazioni per il trattamento dell'aria domestica, di laboratori o di processi industriali.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] S.K. Brown, M.R. Sim *et al.*, *Indoor Air*, 1994, **4**, 123.
- [2] 1 ottobre 2024. [Online]. Available: <https://www.faberspa.com/blogs/it/filtro-a-carboni-attivi-della-cappa-filtrante-pulizia-e-manutenzione>.
- [3] [Online]. Available: <https://www.faberspa.com/blogs/it/filtro-a-carboni-e-cappa-aspirante-da-cucina-caratteristiche-pulizia-e-manutenzioni> accessed: 25/09/2024 [accessed 1 ottobre 2024].
- [4] [Online]. Available: <https://www.neff-home.com/it/the-ingredient/tips-tricks/come-funziona-filtro-carboni-attivi> [accessed 1 ottobre 2024].
- [5] S. Kim, S. Kim, S. Lee, *Chempluschem*, 2022, **87**(1), e202100486.



**NUOVA  
ENERGIA PER LA  
TUA AZIENDA**

**AGICOM** S.r.l.

CONCESSIONARIA DI PUBBLICITÀ PER QUESTA RIVISTA  
[www.agicom.it](http://www.agicom.it)