



Deumidificazione



Ventilazione con
recupero di calore

Guida alla Ventilazione

Gentile Cliente,

grazie per aver scelto GEAttherm.

Questa pubblicazione vuole essere il breve riassunto di anni di ricerca e studio che hanno portato GEAttherm alle attuali conoscenze, condivise ogni giorno con i propri collaboratori e clienti.

Per qualsiasi domanda o richiesta su soluzioni e/o prodotti GEAttherm, può contattarci a

telefono 045 86 00 402

email info@geatherm.it

Oppure visiti il nostro sito internet

www.geatherm.it



Guida alla ventilazione informativa



Sommario

Benessere ambientale.....	4
Perchè ventilare?.....	4
Aerazione e Ventilazione.....	5
Normative di riferimento.....	6
Ventilazione meccanica controllata.....	7
Ventilazione semplice flusso.....	7
Ventilazione doppio flusso.....	8
Recuperatore di calore.....	8
Tipologie di recuperatori.....	10
Integrazioni.....	12
Installazione.....	13
Detrazioni fiscali.....	14
Confronto energia dispersa.....	15
Progettazione vmc.....	16
Utenti ed aspettative.....	16
Portata d'aria.....	17
Esempio di calcolo.....	18
Distribuzione dell'aria.....	19
Presa d'aria esterna.....	20

Componenti.....	21
Bocchette di mandata.....	22
Griglie di ripresa.....	22
Canali aria.....	23
Filtri aria.....	23
Filtri aria.....	24
Pillole di ventilazione.....	26
IL Comfort.....	26
Temperatura di comfort.....	27
Umidità relativa.....	28
Anidride carbonica.....	29
Spifferi e tenuta aria.....	30
Muffa?.....	31
Effetti sul corpo umano.....	32



Benessere ambientale

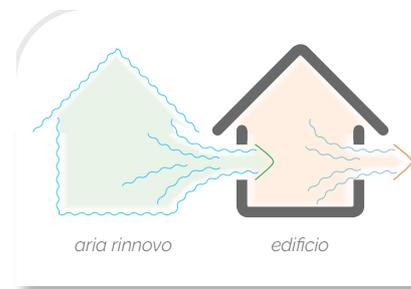
COMFORT E BENESSERE

Per ventilazione di un edificio si intende un processo che garantisca il rinnovo dell'aria interna con aria fresca e con minor tasso d'inquinamento.

>>> Aria fresca di **rinnovo** viene immessa negli ambienti abitati, quali soggiorni, camere, studi, uffici

<<< Aria **esausta** espulsa dagli ambienti di servizio, quali cucine, bagni e spogliatoi, evitando la diffusione di odori ed inquinanti.

Per un ottimale risultato le due operazioni devono avvenire in contemporanea, per un tempo sufficiente a rinnovare l'interno volume d'aria.



Perchè ventilare?

La maggior parte della popolazione trascorre più dell' **80%** del tempo in ambienti confinati (indoor), considerando il predominante schema di vita:



La percentuale di tempo passato all'aperto si è fortemente ridotto con il passare degli anni, portando sempre più ad occupare spazi chiusi, in edifici sempre più **isolati** per ottimizzare l'efficienza energetica.

Come rilevato anche dall'Istituto Superiore di Sanità, il tasso d'**inquinamento** all'interno dell'edificio è fino a 7 volte maggiore rispetto all'inquinamento esterno, comportando problematiche sul corpo umano già riconosciuti nel 1983 dal OMS (Organizzazione Mondiale di Sanità) e denominato "**Sindrome da Edificio Malato**".

La **qualità** del **microclima** degli ambienti confinati interessa quindi la quasi totalità della popolazione, comprendendo gruppi maggiormente suscettibili (bambini, anziani, ...) cui possono con maggior facilità insorgere allergie e/o patologie croniche.

Gli effetti degli inquinanti interni possono rapidamente portare ad un degrado dell'edificio con lo sviluppo di antiestetiche macchie e muffe, che a loro volta intaccano la salubrità dei locali.

La **ventilazione**, assieme agli altri parametri che governano il microclima interno, può apportare forti migliorie sul **comfort**, aiutando a migliorare la qualità dell'aria.

I principali parametri su cui può agire la ventilazione sono:

 temperatura

 inquinamento

 umidità

 correnti d'aria



Aerazione e Ventilazione

Il **"cambio aria"** nei locali è quindi un tema molto importante su cui sono stati fatti importanti studi ed approfondimenti negli ultimi decenni, anche legati ad una maggiore attenzione nella progettazione sostenibile ed al risparmio energetico, cercando sempre un maggior comfort interno riducendo le dispersioni.

La scoperta dei pericoli derivanti dagli inquinanti **indoor** ha acceso un riflettore sull'importanza della ventilazione, alla ricerca di soluzioni per migliorare e semplificare l'utilizzo degli spazi confinati.

L'aerazione dei locali può essere assolta in due modalità: (UNI EN 12792:2005)



Aerazione: ventilazione naturale con l'apertura delle finestre, sfruttando lo scambio d'aria tra interno ed esterno grazie a differenze di temperatura e pressione.



Ventilazione: sistema dimensionato d'immissione ed estrazione dell'aria da un'ambiente. La ventilazione può essere naturale o meccanica controllata.

L'aerazione è quindi arbitraria, lasciata alla decisione e valutazione dell'utente utilizzatore del locale, con apertura e chiusura dalle finestre per un tempo di ricambio non costante e non definito.

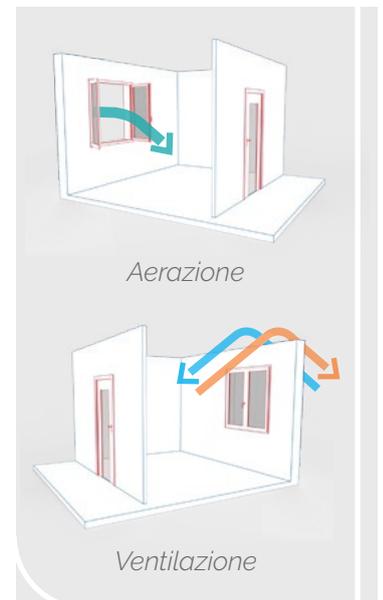
Ulteriori pecche dell'aerazione rispetto alla ventilazione sono il potenziale spreco d'energia, sia in stagione invernale che estiva (con eccessivo ingresso/uscita di aria fredda o calda), fastidi dovuti alle correnti d'aria, aumento della rumorosità ambiente ed il possibile ingresso di agenti inquinanti.

La **ventilazione** deve d'altro canto essere **studiata** e dimensionata, richiedendo quindi una valutazione **tecnica** professionistica con l'ausilio dell'aiuto di numerose normative e direttive.

Della ventilazione fanno parte anche le **infiltrazioni**, ovvero il

"passaggio lento e continuo, consentito dalla permeabilità o dalla scarsa capacità di tenuta" di porzioni dell'edificio, quali:

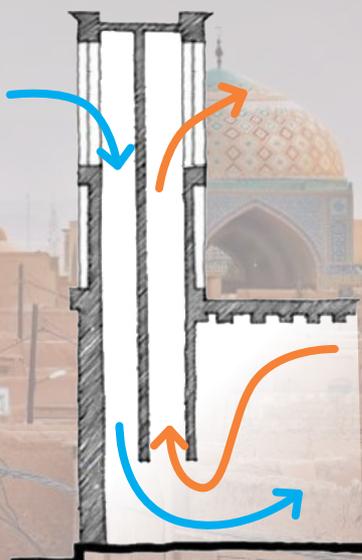
- giunzioni pavimento-parete
- fenditure tra tubazioni e pavimenti
- fori passaggio impianti
- passaggi tubazioni di sfiumo
- botole/sportelli a scarsa tenuta
- fessure tra finestre e pareti
- fori di drenaggio
- porte e finestre a scarsa tenuta



Torre del Vento: Badgir

I Badgir sono degli elementi architettonici tradizionali dell'antica Persia (attuale Iran) nel X° secolo A.C., in grado di sfruttare la ventilazione naturale per raffrescare passivamente nelle torride giornate desertiche.

La torre è suddivisa in sezioni verticali per permettere flussi d'aria ascendenti (aria calda) e discendenti (aria fresca) sfruttando l'azione del vento e la differenza di temperatura dell'aria (quindi la sua densità) per sostituire il volume d'aria dell'edificio.



Durante la notte la struttura muraria della torre si raffredda e garantisce il raffreddamento dell'aria che ne entra in contatto attraversandola. L'elevato spessore delle pareti aumenta il volano termico, permettendo la durata dell'effetto per l'intera giornata.

La pressione dell'aria fredda in ingresso, spinge all'esterno, tramite le finestre, l'aria calda accumulatasi all'interno dell'edificio.

L'effetto del vento, quando soffia, velocizza il processo creando zone di pressione su un lato della torre e depressione sul lato opposto: tale differenziale di pressione migliora l'effetto camino della torre del vento.

La costruzione di questi edifici sopra canali d'acqua o condotti interrati, che mantengono una temperatura fresca tutto l'anno, ne aumenta ulteriormente l'efficienza.

Nell'architettura contemporanea, sistemi di raffrescamento passivo sono reinterpretati dal punto di vista architettonico ed introdotti efficacemente ai fini di fornire un valido contributo alla riduzione della dipendenza dai sistemi impiantistici tradizionali per il raffrescamento ed il condizionamento dello spazio abitativo.

Normative di riferimento

Le principali direttive e normative parlano di "ventilazione" e non di "aerazione", riportando anche specifici tassi di ricambi d'aria suddivisi per destinazione d'uso dei locali.

Viene inoltre chiarito che il ricambio dell'aria deve avvenire in maniera continuativa, sia in caso di ventilazione naturale che meccanica.

Non è quindi ritenuto sufficiente ed efficace il solo trafilamento abbinato all'aerazione per mantenere la qualità dell'aria entro limiti accettabili.

Le ultime normative puntano al dimensionamento dell'impianto di ventilazione specificando fin dal titolo che deve essere progettato.

Le modalità di calcolo si distinguono secondo:

-  tasso di ricambio per persona
-  tasso di ricambio per superficie unitaria

Entrambi i metodi si categorizzano in base al livello di qualità dell'aria attesa:

Categoria	Livello di aspettativa	% persone insoddisfatte
I	Alto	15%
II	Medio	20%
III	Moderato	30%
IV	Basso	40%

prospetto da ISO 17772-1

Principali normative e direttive

UNI EN 10339:1995

Normativa contenente i parametri per la classificazione e la progettazione di impianti aerulici al fine di mantenere il benessere.

UNI EN 15251:2008

Normativa con i criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica

UNI TS 11300:2014

Normativa di riferimento per la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici.

ISO 17772-1:2017

Valori per la qualità dell'aria all'interno dell'edificio e performance energetiche.

CEN/TR 16798:2018

Prestazione energetica degli edifici, con una parte dedicata alla ventilazione.

2018/844/UE

Direttiva con indicazione dei requisiti di prestazione energetica degli edifici.

Ventilazione meccanica controllata

VENTILAZIONE

Ventilazione naturale

Ventilazione studiata in fase di progettazione dell'edificio tramite specifiche e calibrate aperture nell'involucro, realizzando camini, finestre, aperture sul tetto e/o pareti.

Sfrutta l'effetto camino, l'effetto Venturi e la ventilazione indotta dal vento, oltre a differenze di temperatura, irraggiamento solare, pozzi e/o torri del vento.

Negli edifici più vecchi era garantita già dalle infiltrazioni attraverso gli infissi, penalizzando l'efficienza energetica.



- ✓ non richiede energia per il funzionamento,
- ✓ costo operativo pari a zero,
- ✗ nessun controllo della portata d'aria,
- ✗ nessun controllo qualità dell'aria di rinnovo,

- ✗ possibile aumento della rumorosità ambiente,
- ✗ necessita di fine progettazione,
- ✗ poco versatile,
- ✗ elevata perdita di energia in inverno,
- ✗ ingresso aria calda in estate

Ventilazione semplice flusso

L'introduzione di componenti che forzano il flusso dell'aria, permette di garantire il flusso d'aria richiesto per il mantenimento delle condizioni di salubrità e comfort interno.

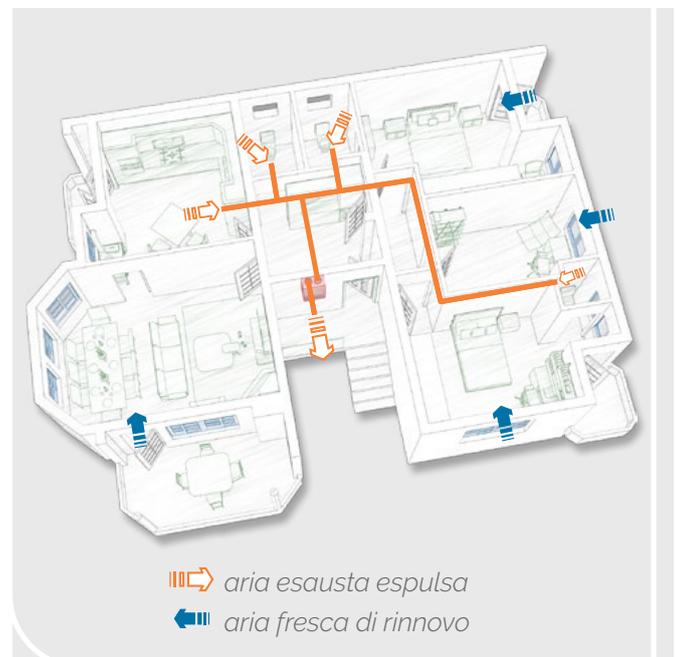
Il sistema può essere canalizzato, con tubazioni che corrono per l'edificio, o puntuale con la sola installazione di ventilatori a parete.

Il sistema a semplice flusso si basa su feritori poste nei locali "umidi" (bagni, cucine, lavanderie, ...) da cui viene aspirata aria esausta per espellerla all'esterno dell'edificio.

L'aria di rinnovo è pescata per depressione da infiltrazioni e/o bocchette appositamente posizionate nei locali abitati (soggiorni, camere, uffici, ...) che comunicano direttamente con l'esterno.

L'utilizzo di canalizzazioni permette di aver più punti di ripresa e di dislocare il ventilatore in zone tecniche.

Anche per questa soluzione è richiesto lo studio di un tecnico per definire portate e del posizionamento dei componenti.



- ✓ controllo della portata dell'aria,
- ✓ possibile integrazione con ventilazione naturale,
- ✓ riduzione della rumorosità ambiente
- ✓ controllo della velocità dell'aria in ambiente

- ✗ nessun ritorno del costo dell'impianto,
- ✗ nessun controllo qualità dell'aria di rinnovo,
- ✗ elevata perdita di energia in inverno,
- ✗ ingresso aria calda in estate

Ventilazione doppio flusso

La forzatura del flusso d'aria viene ampliata all'aria in ingresso, permettendo quindi di gestire l'aria esausta (da espellere) e l'aria di rinnovo (da introdurre).

Il sistema viene canalizzato per permettere la diffusione dell'aria tramite apposite bocchette nei locali abitati (soggiorni, camere, uffici, ...) e la ripresa tramite griglie poste nei locali "umidi" (bagni, cucine, ...).

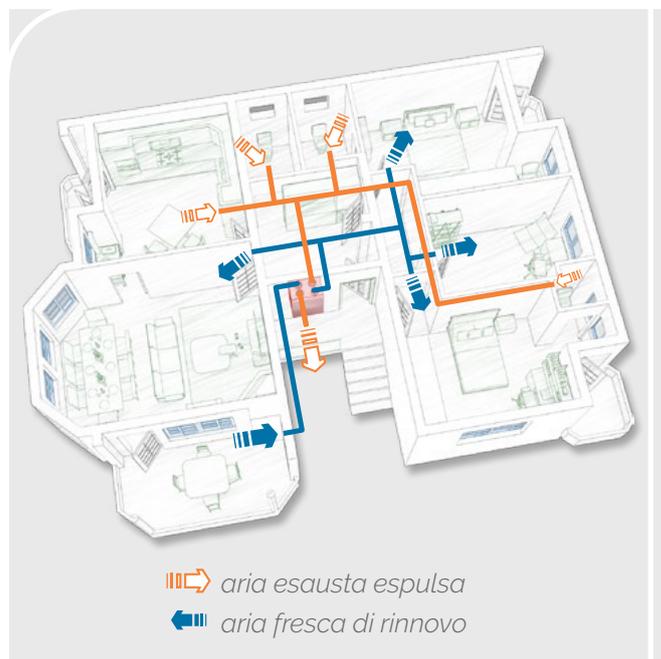
I due flussi d'aria sono canalizzati separatamente e sono regolati da un ventilatore posizionato nell'unità: è quindi possibile regolare la portata d'aria dei due flussi in modo indipendente, agendo sulla velocità dei ventilatori.

In sistemi più avanzati è presente un sistema di filtrazione dell'aria di rinnovo prima dell'immissione in ambiente, migliorandone la qualità.

È inoltre possibile pretrattare l'aria in ingresso con sistemi di riscaldamento, raffreddamento e/o deumidifica.

Lo studio di un tecnico permette di definire portate ed ottimale posizionamento dei componenti.

Al sistema a doppio flusso è possibile applicare il recuperatore di calore, per incrementare il risparmio energetico.



- ✓ controllo della portata dell'aria ambiente,
- ✓ controllo della velocità dell'aria in ambiente
- ✓ riduzione della rumorosità ambiente
- ✓ elevato risparmio energetico (con recuperatore)
- ✗ nessun ritorno del costo dell'impianto (senza recuperatore),
- ✗ costo iniziale d'impianto
- ✗ necessita di manutenzione ordinaria

Recuperatore di calore

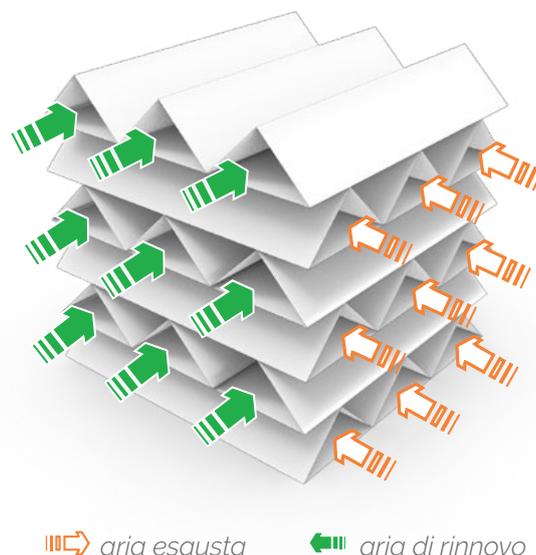
Il recuperatore di calore è una macchina di ventilazione a doppio flusso in grado di passare il calore dell'aria espulsa all'aria di rinnovo.

Nella configurazione base, il recuperatore di calore non ha funzione di generatore di calore (o refrigeratore), quindi deve essere integrato ad un impianto di riscaldamento e/o raffreddamento.

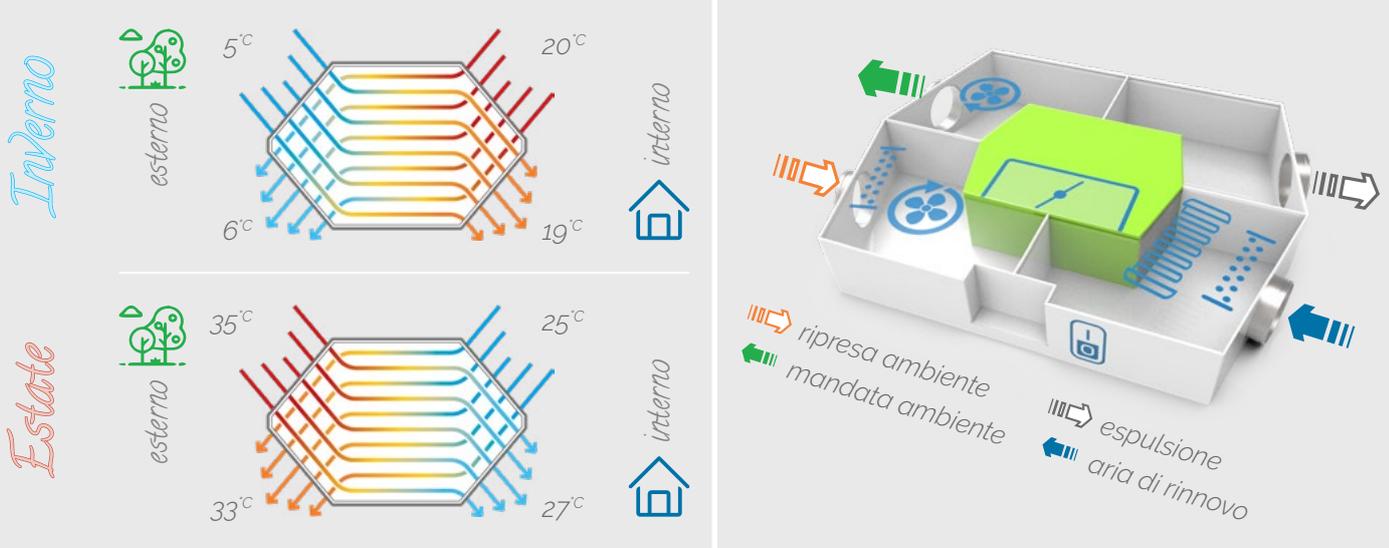
La logica di funzionamento dell'unità è:

➤➤➤ l'aria esausta, carica inquinanti ed odori, a temperatura più elevata ed umida, viene prelevata dall'unità tramite le canalizzazioni e spinta prima attraverso un filtro di protezione dell'unità e successivamente attraverso lo scambiatore di calore.

➤➤➤ contemporaneamente, aria esterna con un ridotto carico di inquinanti, umidità e temperatura più basse, viene aspirata da un'apposita griglia posta sul perimetro dell'edificio e forzata ad attraversare un filtro aria e lo scambiatore di calore.



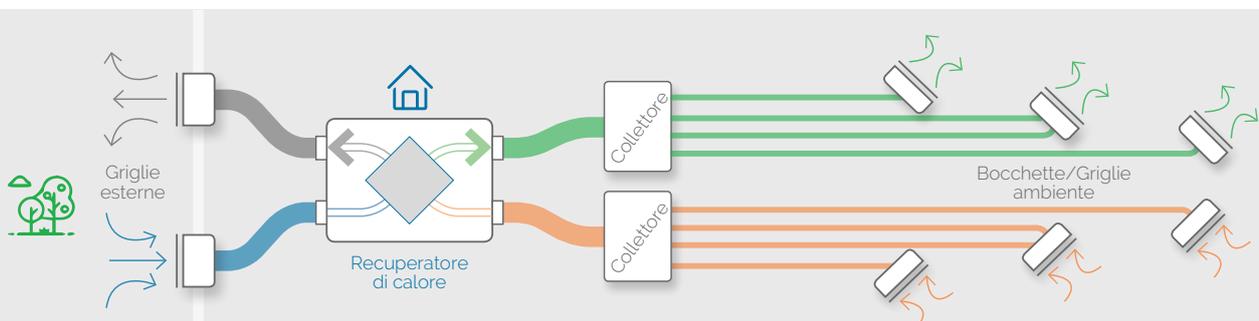
ventilazione meccanica controllata



I principali componenti sono:

- **involucro:** funge da contenitore per tutti i componenti e garantisce la tenuta a perdite di calore e trafilementi d'aria che possono ridurre l'efficienza energetica. Ha un'importante funzione di isolamento acustico, riducendo la rumorosità irraggiata e trasmessa ai canali.
- **pacco di recupero:** permette la cessione del calore dall'aria esausta all'aria di rinnovo, senza miscelazione tra i due flussi. Permette quindi l'espulsione degli inquinanti interni, preservando all'interno dell'involucro dell'edificio il calore.
- **filtri aria:** atti a garantire la pulizia dell'aria che attraversa ventilatori e pacco di scambio, oltre alla salubrità dell'ambiente trattato. La tipologia di media filtrante aumenta il grado di qualità dell'aria. I filtri sono facilmente accessibili per la loro pulizia ordinaria.
- **ventilatori,** uno lato aria esausta ed uno lato aria di rinnovo. Forzano il movimento dell'aria all'interno dei canali e dell'edificio. La possibilità di regolarne la velocità permette di adeguare le portate d'aria in base alle condizioni ambientali ed al momento della giornata, prediligendo la massima portata in caso di affollamento e riducendo la rumorosità durante le ore di riposo.
- serranda di **bypass,** che permette di escludere il passaggio del flusso d'aria di rinnovo attraverso lo scambiatore quando non richiesto (free-cooling / free-heating).
- **elettronica:** cervello dell'unità, tramite i sensori posti all'interno dell'unità ed in ambiente (se previsti) regola il funzionamento dell'unità per ottimizzare la qualità dell'aria ed l'efficienza di recupero.

- ✔ controllo della portata dell'aria ambiente,
- ✔ controllo della velocità dell'aria in ambiente,
- ✔ riduzione della rumorosità ambiente,
- ✔ elevato risparmio energetico,
- ✔ possibile integrazione di riscaldamento, raffreddamento e/o deumidifica,
- ✔ completa filtrazione dell'aria
- ✔ controllo 24h/24 tramite apposita elettronica



Tipologie di recuperatori

Allo scambiatore di calore aria-aria è affidato il compito di ottimizzare il risparmio energetico, ottenendo la miglior prestazione in ogni condizione. Per questo sono state applicate diverse tecnologie e soluzioni in grado di risolvere i problemi di ogni singolo impianto.

Le principali tecnologie, ampiamente diffuse ed applicate da anni soprattutto nelle grandi Unità Trattamento Aria, spaziano dai recuperatori statici a piastre, recuperatori rotativi, recuperatore a doppia batteria e recuperatori heat-pipe. A questi possono essere abbinati sistemi adiabatici, geotermici o termodinamici per aumentarne l'efficienza.

La classificazione, secondo le norme Eurovent, suddivide gli scambiatori in:

- **I.a:** scambiatore statico a scambio diretto con parete di separazione
- **I.b:** scambiatore statico a scambio diretto con parete porosa di separazione
- **II.a:** scambiatore statico a scambio indiretto senza cambiamento di fase
- **II.b:** scambiatore statico a scambio indiretto con cambiamento di fase
- **III.a:** scambiatore rotante a scambio diretto non igroscopico
- **III.b:** scambiatore rotante a scambio diretto igroscopico

I.a | Recuperatore statico a piastre con parete di separazione

Scambiatore di calore aria-aria in grado di recuperare il calore sensibile e latente da un flusso d'aria, per cederlo al secondo flusso d'aria. Il calore latente può essere recuperato quanto la temperatura di un flusso d'aria scende sotto il limite della temperatura di rugiada, avviando la condensazione all'interno dello scambiatore.

I flussi d'aria sono normalmente in controcorrente, per aumentare l'efficienza di scambio termico, elevandolo oltre l'80%.

A seconda delle dimensioni, portate d'aria, perdite di carico ed applicazione, lo scambiatore può essere costruito in materiale plastico (unità residenziali e piccole commerciali), alluminio (unità commerciali), vetro o leghe d'acciaio (unità industriali).



I.b | Recuperatore statico a piastre con parete porosa

Questa tipologia di scambiatore ricalca interamente quanto già visto per i precedenti scambiatori a piastre con parete di separazione, differenziandosi per il materiale costruttivo del sistema di scambio.

Il materiale impermeabile, lascia il posto a speciali strati sovrapposti di carta speciale ondulata, permeabile all'umidità che consente lo scambio simultaneo di calore sensibile e latente.

Data la porosità del diaframma in carta, l'elevata efficienza di scambio termico viene in parte inficiata da perdite per trafilamento del flusso d'aria viziata verso quello di ventilazione.

In applicazioni domestiche, dato che non è richiesto il totale recupero dell'umidità ambiente, sono stati messi a punto recuperatori ibridi I.a ed I.b:

a piastre di scambio impermeabili (I.a) sono affiancate ad una parte iniziale di piastre in carta, per il recupero limitato al 10-15% dell'umidità, atta a mantenere il limiti di comfort previsti.



ventilazione meccanica controllata

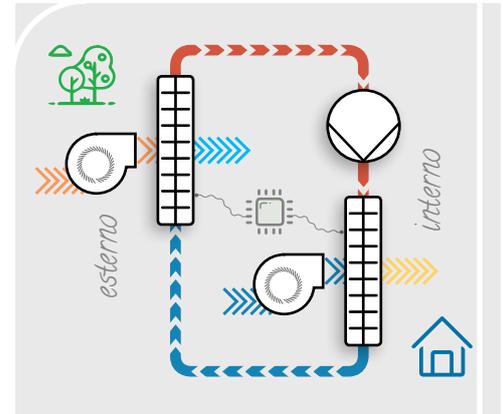
II.a | Recuperatore statico a scambio indiretto senza cambiamento di fase

Lo scambio termico avviene in un circuito ad anello chiuso tramite un fluido intermedio forzato da una pompa ad attraversare due o più scambiatori statici a batterie di tubi alettati.

Come per altri sistemi, il calore di recupero è principalmente il sensibile: il calore latente può essere scambiato con temperature dell'aria inferiori della temperatura di rugiada.

In questo sistema non è possibile il recupero dell'umidità.

Data la completa separazione dei due flussi d'aria, senza alcuna possibilità di contaminazione, è un sistema particolarmente impiegato in ospedali, sale operatorie, camere bianche, laboratori ed in particolari applicazioni industriali.

**II.b | Recuperatore statico a scambio indiretto con cambiamento di fase**

Il recupero termico avviene tramite uno scambiatore a tubi alettati diviso in due sezioni di scambio: la prima attraversata dall'aria esausta e la seconda dall'aria di rinnovo.

Le tubazioni sono riempite in parte con un fluido allo stato liquido e la rimanente parte dal medesimo fluido allo stato gassoso.

Il calore a cui è esposta una sezione causa l'evaporazione del liquido all'interno dei tubi che si sposta nella sezione fredda ove condensa cedendo calore.

L'inversione del ciclo richiede l'inversione dei due flussi, in quanto il flusso più caldo deve sempre attraversare la sezione più in basso. In questo sistema non è possibile il recupero dell'umidità.

**III.a | Recuperatore rotante a scambio diretto non igroscopico**

Sono scambiatori composti da un rotore cilindrico permeabile all'aria. Si differenzia dalle altre tipologie per l'elevata superficie di scambio.

L'aria esausta, attraversando una metà dello scambiatore, cede calore accumulandolo nello scambiatore che nel frattempo ruota ad una velocità prestabilita.

L'aria di rinnovo attraversa controcorrente lo scambiatore, assorbendo il calore accumulato.

Il processo funziona sia in stagione invernale che in stagione estiva. Grazie alla variazione della velocità del rotore cilindrico, è possibile variare il rendimento dello scambio termico.

Per mantenere la pulizia del pacco di scambio e per tecnica costruttiva, una minima parte dell'aria di rinnovo viene by-passata nel flusso d'aria esausta.

**III.b | Recuperatore rotante a scambio diretto non igroscopico**

Viene applicata a questa tipologia la medesima differenza già vista per **I.b**. Il materiale di composizione dello scambiatore è carta speciale ondulata, che permette il passaggio dell'umidità.

ventilazione meccanica controllata

Riepilogo recuperatori:

	Scambiatore	Tipologia	Recupero	Stagione	Pro / Contro
I.a	a piastre	statico		 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ assenza di contaminazione, ✓ nessuna parte in movimento, ✓ ridotta perdita di pressione, ✓ facile pulizia, ✓ smorzamento rumori
I.b	a piastre in carta	statico	 	 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ nessuna contaminazione, ✓ possibili fonti di calore distanziate ✗ rendimento ridotto, ✗ carica fluido, ✗ parti in movimento
II.a	a batterie e pompa (run around)	statico		 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ nessuna contaminazione, ✓ nessuna parte in movimento ✗ poca flessibilità, ✗ regolazione complicata, ✗ carica fluido
II.b	a tubi di calore (heat pipe)	statico		 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ elevata superficie di scambio, ✓ elevata possibilità di recupero dell'umidità, ✗ contaminazione tra i due flussi, ✗ pulizia non facile, ✗ organi in movimento
III.a	rotativo	dinamico		 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ elevata superficie di scambio, ✓ elevata possibilità di recupero dell'umidità, ✗ contaminazione tra i due flussi, ✗ pulizia non facile, ✗ organi in movimento
III.b	rotativo in carta	dinamico	 	 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ elevata superficie di scambio, ✓ elevata possibilità di recupero dell'umidità, ✗ contaminazione tra i due flussi, ✗ pulizia non facile, ✗ organi in movimento

Integrazioni

Al sistema di scambio termico vengono sempre più integrati sistemi di trattamento dell'aria, distribuita nell'edificio con la canalizzazione già richiesta.

L'involucro del recuperatore viene allargato per far spazio a sistemi di riscaldamento, raffreddamento e deumidifica, in grado di garantire ancor più le condizioni di comfort durante l'anno ed limitare gli sprechi durante le mezze stagioni.

Riscaldamento

Batterie composte da resistenze elettriche o alimentate ad acqua calda, vengono integrate sul condotto di mandata per aumentare la temperatura dell'aria.

La soluzione aiuta il mantenimento delle condizioni di comfort in particolare nelle mezze stagioni, quando l'impianto principale di riscaldamento non è ancora attivo o non ha raggiunto le condizioni operative.

Deumidifica

Nell'unità è integrato un circuito frigorifero in grado di ridurre il tasso d'umidità dell'aria in ingresso.

Per aumentare il potere di deumidificazione, è consigliato aumentare la portata d'aria con l'inserimento di griglie aggiuntive per il ricircolo dell'aria ambiente.

La temperatura dell'aria in uscita è prossima alla temperatura dell'aria in ambiente.

Unità abitualmente abbinata a sistemi di raffrescamento radianti.

Raffrescamento

Le unità più avanzate di deumidifica sono dotate di un circuito frigorifero in grado di smaltire l'intero calore su un circuito idraulico secondario. In tale modo l'aria immessa in ambiente risulta essere più fredda, aiutando la climatizzazione estiva dei locali.

Unità abitualmente abbinata a sistemi di raffrescamento radianti.

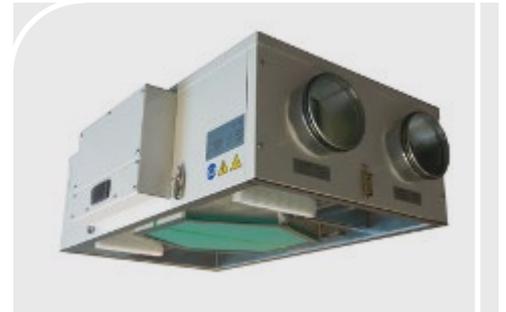
ventilazione meccanica controllata

Installazione

Le unità di ventilazione dotate di recuperatore del calore sono pensate per essere installate negli spazi tecnici, non visibili all'occhio dell'utente. L'installazione delle unità residenziali si può suddividere in:

Soffitto

Unità con spessore limitato per poter essere installate in controsoffitti, preservando l'altezza minima del locale come imposta da legge. Tutte le manutenzioni (accesso ai filtri aria, accesso allo scambiatore, quadro elettrico) sono accessibili dal basso. Distribuzione ai canali sul piano orizzontale, con differenti configurazioni in base all'unità. Scarico condensa orizzontale nel lato basso dell'unità.



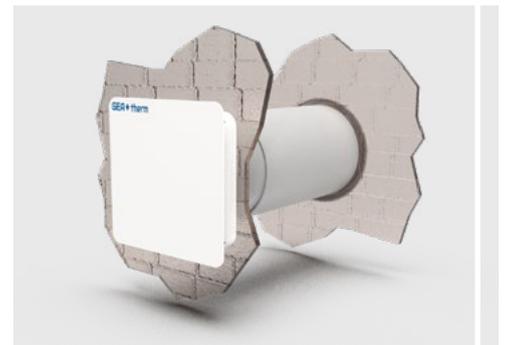
Parete / Basamento

Unità con ridotta dimensione in pianta, con sviluppo in altezza. Manutenzioni (accesso ai filtri aria, accesso allo scambiatore, quadro elettrico) eseguibili dal pannello frontale removibile. In base alla taglia, le unità possono essere posizionate a terra con appositi piedini o appese a parete. Distribuzioni ai canali sul lato superiore per distribuzione verso l'alto, in differenti configurazioni in base all'unità. Scarico condensa nella parte inferiore dell'unità.



Foro di aerazione

Unità puntuale che non richiede canalizzazione: è sufficiente un foro di dimensione variabile in base alla taglia. La portata d'aria permette il trattamento di un unico locale. Dotata di scambiatore di calore ceramico ad accumulo di calore, e ventilatore ad inversione di flusso. Filtro aria ambiente e scambiatore di calore accessibile da lato frontale dell'unità. Scarico condensa non necessario.



Parete perimetrale esterna

Unità pensata per condomini ed edifici con dimensioni ridotte, con ridotto o assente spazio tecnico. L'unità è installata in un cassone metallico di protezione dagli agenti atmosferici, da porsi all'esterno del perimetro dell'edificio. Distribuzione e ripresa verso il basso. Griglie frontali per aria di rinnovo ed espulsione. Manutenzioni (accesso ai filtri aria, accesso allo scambiatore, quadro elettrico) eseguibili dal pannello frontale removibile. Scarico condensa nella parte inferiore dell'unità.



ventilazione meccanica controllata

Confronto energia dispersa

Ma quanta energia termica disperdo aprendo? E con un impianto dotato di recuperatore?

Considerando un edificio di **100 m²** (volume 270 m³) sito a Verona, si può stimare:

finestra
A_{finestra}: Superficie finestra: **0,5 m²** (0,5 x 1,0 m)
ΔT: Differenza di temperatura (interno/esterno): **15°C**
 Tasso rinnovo finestra: **0,3 vol/h** (volume = 81 m³/h)

VMC
 Tasso rinnovo VMC: **0,5 vol/h** (volume = 135 m³/h)
 Efficienza scambiatore inverno: **86%** (valore medio)
 Efficienza scambiatore estate: **78%** (valore medio)

Il volume d'aria che attraversa una finestra nell'unità di tempo può essere stimata con

$$Q_f = [0,425 \cdot A_f + 0,1126 \cdot A_f^2 + 0,0172 \cdot A_f^3] \cdot [0,383 \cdot \frac{t}{60} - 0,027 \cdot (\frac{t}{60})^2 + 0,038 \cdot (\frac{t}{60})^3] \cdot [3,712 \cdot \frac{\Delta T}{25} - 5,275 \cdot (\frac{\Delta T}{25})^2 + 2,562 \cdot (\frac{\Delta T}{25})^3]$$

risultando di 460 m³/h (7,6 m³/min) per l'apertura presa in considerazione.

Da questo valore possiamo dedurre che è necessario un tempo di apertura di circa **12 minuti** ogni ora, per ottenere 81 m³ di ricambio d'aria viziata indicato dalla norma UNI TS 11300.

In base al profilo di temperatura di Verona, applicando la formula

$$E_{persa} = C_{p\text{aria}} \cdot \rho_{\text{aria}} \cdot Q_f \cdot \Delta T \cdot t \Delta T$$

E_{persa}: energia termica dispersa | *C_{paria}* · *ρ_{aria}*: calore specifico aria (= 0,34 Wh/m³K)
Q_f: portata aria finestra | *ΔT*: differenza di temperatura (interno/esterno) | *t*: unità di tempo

si ottiene un valore di energia termica dispersa con l'apertura della **finestra** di **1914 kW/anno**.

Il paritetico calcolo effettuato con l'impianto di **VMC**, riduce il valore di energia dispersa a **456 kW/anno**, con un consumo di circa 10 Wh per i ventilatori porta ad un totale di 528 kW/anno.



Calore perso: **1914** kW/anno
 Generatore di calore:
 - Caldaia = ~170 €/anno
 - Pompa di Calore = ~90 €/anno

Calore perso: **456** kW/anno
 Costo ventilatori h24/24 = ~ 5 €/anno
 Generatore di calore:
 - Caldaia = ~40 €/anno
 - P.d.C. = ~20 €/anno



La stima riportata si basa esclusivamente sul calore disperso, seguendo alla lettera le indicazioni normative. Tale stima sembra portare il Ritorno dell'Investimento (ROI) dell'installazione di un recuperatore di calore ad un tempo estremamente lungo, soprattutto senza tenere in considerazione la necessità dell'impianto di ventilazione con recupero del calore per ottenere classi d'efficienza dell'edificio elevate, che ne incrementano il valore di mercato.

Ancor più bisogna considerare l'effettiva differenza di qualità dell'aria all'interno dei locali, che ha indiscusse ripercussioni sul comfort e sulla salute degli occupanti.

Progettazione vmc

DIMENSIONAMENTO

L'impianto di **ventilazione** meccanica controllata è quindi un sistema assicura l'**immissione** di aria **fresca** ed adeguatamente **filtrata** presa dall'esterno, all'interno dei locali dell'edificio al fine di garantire il corretto **rinnovo** dell'aria contaminata, mantenendo il predefinito livello di **qualità** dell'aria stessa.

Utenti ed aspettative

Il **comfort ambientale** è una condizione personale e come tale è legata al singolo individuo ed al suo stato psicofisico. Per la sua valutazione entrano in campo parametri legati all'ambiente ed all'utente:

Fattori ambiente

(misurabili)

-  Temperatura
-  Umidità
-  Temperatura media radiante
-  Velocità dell'aria

UNI EN ISO 7730

Fattori personali

(non quantificabili)

-  metabolismo
-  temperatura
-  sesso
-  vestiario
-  età
-  attività che sta svolgendo ecc...



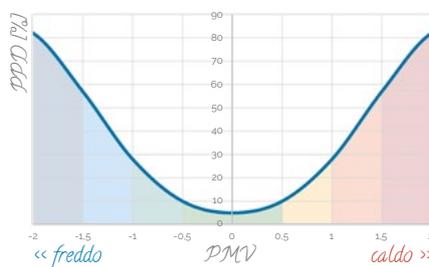
La valutazione si sposta quindi su fattori **statistici** per individuare la sensibilità degli individui ed il loro bilancio energetico, prevedendo la sensazione termica del corpo tramite il valore **PMV** (*Predicted Mean Vote, ovvero voto medio previsto*) ed il conseguente **PPD** (*Percentage Persons Dissatisfied, ovvero percentuale persone insoddisfatte*), secondo quanto indicato dalla normativa UNI EN ISO 7730.

L'obiettivo è avvicinarsi allo stato di **neutralità termica**, per ottenere il maggior numero di persone soddisfatte.

Data l'impossibilità di raggiungere un punto di completa soddisfazione, la stessa normativa individua **tre categorie** di classificazione dell'ambiente:

Categoria	PPD	PVM
Classe A	< 6%	-0,2 ... +0,2
Classe B	< 10%	-0,5 ... +0,5
Classe C	< 15%	-0,7 ... +0,7

UNI EN ISO 7730



SENSAZIONE DI CALDO-FREDDO

Nonostante il grande numero di parametri che possono influenzare le condizioni, la sensazione termica del corpo umano è dovuta alla temperatura degli organi interni che, in individui sani, è di $37^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

La necessità di mantenere costante la temperatura interna attiva il sistema di termoregolazione con:

- vasodilatazione
- comportamento

In base all'ambiente caldo (o freddo), l'ipotalamo effettua una dilatazione (costrizione) dei vasi sanguigni per aumentare (ridurre) l'afflusso di sangue alla periferia.

Se questo basta, l'ipotalamo attiva la termoregolazione comportamentale con sudorazione e riduzione dell'attività fisica, brividi e posizioni del corpo rannicchiate.

Lo spostamento orizzontale, aumenta il numero di persone che sentiranno condizioni di **discomfort**. La normativa individua:

- **corrente d'aria:** disagio dipende dalla sua temperatura, velocità media ed intensità della turbolenza;
- **differenza verticale** della temperatura dell'aria: disagio dovuto alla differenza di temperatura percepita tra piedi e testa;
- **pavimenti caldi o freddi:** disagio causato dallo scambio termico tra corpo e pavimento attraverso i piedi. Influenzato dalla temperatura del pavimento, la conducibilità termica e la capacità termica del materiale da cui è rivestito il pavimento, il tipo di calzature indossate e il tempo trascorso a contatto;

progettazione vmc

- **asimmetria radiante:** disagio derivante dalla presenza di superfici con temperatura differente da quella ambientale, come per esempio vetrate, pareti non isolate, macchinari, pannelli caldi o freddi su pareti o soffitto.

I discomfort descritti si **amplificano** con il **tempo** di stazionamento: una persona seduta alla scrivania, soggetto alle condizioni ambientali, avrà maggior sensibilità ai discomfort rispetto ad una persona in continuo movimento, come operai e/o magazzinieri.



Le normative tengono inoltre conto dell' **"adattamento all'ambiente"** dell'individuo per definire le condizioni limite, differenziando tra persone "adattate" e "non adattate".

Questa separazione vuole tener conto della **sensazione di disagio** dovuta ad **odori** o inquinanti che possono risultare fastidiosi.

La lunga permanenza in un'aula affollata ci dà la sensazione di aria viziata solo dopo esser usciti, anche per un breve lasso di tempo. Al rientro, già dopo 15 minuti ci saremo riadattati all'aria dell'aula.

La medesima sensazione è sfruttata aspergendo profumi specifici nei locali per creare ambientazione all'utente (concessionari, centri commerciali, luoghi di culto, ...).

La normativa tiene comunque conto che non è sempre applicabile il principio di "adattamento".

Ad esempio, nell'edilizia residenziale le persone amano riconoscere l'identità olfattiva del proprio alloggio.

D'altro canto, nell'edilizia del terziario, non è sempre possibile rimuovere tutti gli odori.

Saranno quindi situazioni di persone "non adattate".

Portata d'aria

La normativa EN ISO 17772-1 individua **tre metodi** per la definizione delle portate d'aria necessarie a garantire la **qualità dell'aria** nei locali, applicabile a tutte le tipologie d'edilizia (residenziale, commerciale, terziaria).

Alle metodologie di calcolo è applicato un **limite inferiore**, ovvero uno sbarramento di **4 l/s** per **persona**, pari a 14,4 m³/h per persona.

Tale limite è in accordo con lo studio condotto da **Healthvent** riguardante la qualità dell'aria interna e gli effetti sulla salute. Lo studio ha rilevato che, per edifici tipici, la portata limite può portare ad una sufficiente qualità dell'aria interna, considerando la concentrazione di **CO₂** come indicatore del livello bio-effluenti. La portata è sufficiente anche per il mantenimento del livello di **umidità** interna, ed evitare proliferazione di **muffe** ed **acari** della polvere.



Qualità dell'aria percepita

Metodo che combina la portata d'aria necessarie per diluire gli inquinanti generati dalle persone e la portata d'aria atta a diluire gli inquinanti emessi dai materiali dell'involucro o d'arredo.

$$Q_{\text{tot.}} = (n_P \cdot q_P) + (A_R \cdot q_R)$$

$Q_{\text{tot.}}$: portata totale aria [l/s]

n_P : numero degli occupanti

q_P : portata di ventilazione per persona [l/s]

A_R : area dell'ambiente [m²]

q_R : portata aria esterna richiesta [l/s m²]

Valori limite di concentrazione inquinante

Metodo per il calcolo della portata d'aria necessaria per la diluizione della singola sostanza inquinante. La formula si basa sul calcolo del bilancio di massa della sostanza in regime stazionario, con valori di riferimento riportati negli appendici della norma EN ISO 17772-1.

$$Q_h = \frac{G_h}{C_{h,i} - C_{h,o}} \cdot \frac{1}{\epsilon_v}$$

Q_h : portata d'aria per sostanza [m³/h]
 G_h : tasso di generazione della sostanza [μ g/s]
 $C_{h,i}$: valore limite della sostanza [μ g/m³]
 $C_{h,o}$: concentr. sostanza nell'aria immessa [μ g/m³]
 ϵ_v : efficienza di ventilazione

Portate minime pre-definite

Metodo per il calcolo della portata d'aria necessaria basato su valori tabellari, selezionati in base alla categoria di Qualità dell'Aria Percepita, come da tabella riportata a lato (fonte: EN ISO 17772-1).

I coefficienti di calcolo sono tabellati in base a:

- persone e componenti dell'edificio (q_{TOT})
- superficie (q_{mq})
- tassi di rinnovo (ACH, "Air Change Rates")
- tipologia di ambiente o di stanza
- quantità di inquinanti immessi

Categoria	Livello d'aspettativa	Applicazione
I	Alto	Persone molto sensibili o fragili
II	Medio	Nuovi edifici o edifici esistenti
III	Moderato	Edifici esistenti
IV	Basso	Solo per periodi limitati durante l'anno

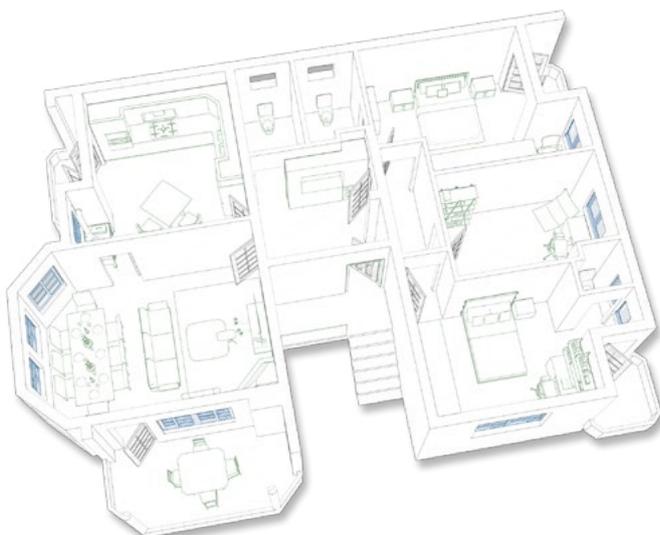
Le portate calcolate sono applicabili quando i locali sono vissuti, ma è necessario proseguire la ventilazione anche durante il periodo di inutilizzo dei locali, garantendo almeno la portata per diluire gli inquinanti emessi dai materiali dell'involucro o d'arredo (q_R).

Ove è non possibile proseguire la ventilazione (es. applicazioni terziarie) è necessario riattivare la ventilazione prima dell'utilizzo dei locali, per garantire il corretto tasso degli inquinanti interni.

Per edifici residenziali, la norma UNI EN 15251, prevede un tasso di ricambio tra 0,05 e 0,1 l/s durante gli orari di non occupazione.

Esempio di calcolo

Nell'esempio di seguito si consideri un appartamento con composto come segue:



	Area	Volume
Ingresso	9,0 m ²	24,3 m ³
Soggiorno	21,0 m ²	56,7 m ³
Cucina	14 m ²	37,8 m ³
Bagno 1	5,0 m ²	13,5 m ³
Corridoio	3,0 m ²	8,1 m ³
Camera 1	17,5 m ²	47,25 m ³
Bagno 2	4,5 m ²	12,15 m ³
Studio	13,5 m ²	36,45 m ³
Camera 2	16,0 m ²	43,2 m ³
Bagno 3	2,2 m ²	5,94 m ³

progettazione vmc

Si considerano inoltre un numero di occupanti pari a **4 persone**.
Le zone abitabili sono Soggiorno + Camera 1 + Studio + Camera 2
per un'area totale di **68 m²**, volume **183,6 m³**

Dato il numero di occupanti, la ventilazione minima è:
4 pers. • 14,4 m³/h = **57,6 m³/h**

Per la ventilazione residenziale i metodi di calcolo ci propongono quanto a lato:

1. portata d'aria in base al numero di persone occupanti
2. portata d'aria per superficie unitaria o in base al volume. Selezionare il valore migliore;
3. portata d'aria in base alla qualità percepita dell'aria: la somma dei valori da la portata totale da garantire.

La portata ricavata dovrà essere garantita sia in rinnovo che in aspirazione (dai locali "umidi").

1. Metodo "Portata per persone"	
Categoria	Ventilazione per persona
I	10 l/s pers. • 4 pers. • 3,6 = 144,0 m³/h
II	7 l/s pers. • 4 pers. • 3,6 = 100,8 m³/h
III	4 l/s pers. • 4 pers. • 3,6 = 57,6 m³/h
IV	---

2. Metodo "Portate minime pre-definite"		
Categoria	Ventilazione per superficie	Ventilazione per volume
I	0,49 l/s m ² • 68 m ² • 3,6 = 119,9 m³/h	0,7 • 68 m ² • 2,7 m = 128,5 m³/h
II	0,42 l/s m ² • 68 m ² • 3,6 = 102,8 m³/h	0,6 • 68 m ² • 2,7 m = 110,2 m³/h
III	0,35 l/s m ² • 68 m ² • 3,6 = 85,7 m³/h	0,5 • 68 m ² • 2,7 m = 91,8 m³/h
IV	0,23 l/s m ² • 68 m ² • 3,6 = 56,3 m³/h	0,4 • 68 m ² • 2,7 m = 73,4 m³/h

3. Metodo "Qualità dell'aria percepita" per persone adattate			
Categoria	Ventilazione per persona	Ventilazione per edificio	Totale
I	3,5 l/s pers. • 4 pers. • 3,6 = 50,4 m³/h	0,25 l/s m ² • 68 m ² • 3,6 m = 61,2 m³/h	111,6 m³/h
II	2,5 l/s pers. • 4 pers. • 3,6 = 36,0 m³/h	0,15 l/s m ² • 68 m ² • 3,6 m = 36,7 m³/h	72,7 m³/h
III	1,5 l/s pers. • 4 pers. • 3,6 = 21,6 m³/h	0,10 l/s m ² • 68 m ² • 3,6 m = 24,5 m³/h	46,1 m³/h
IV	---	---	---

Distribuzione dell'aria

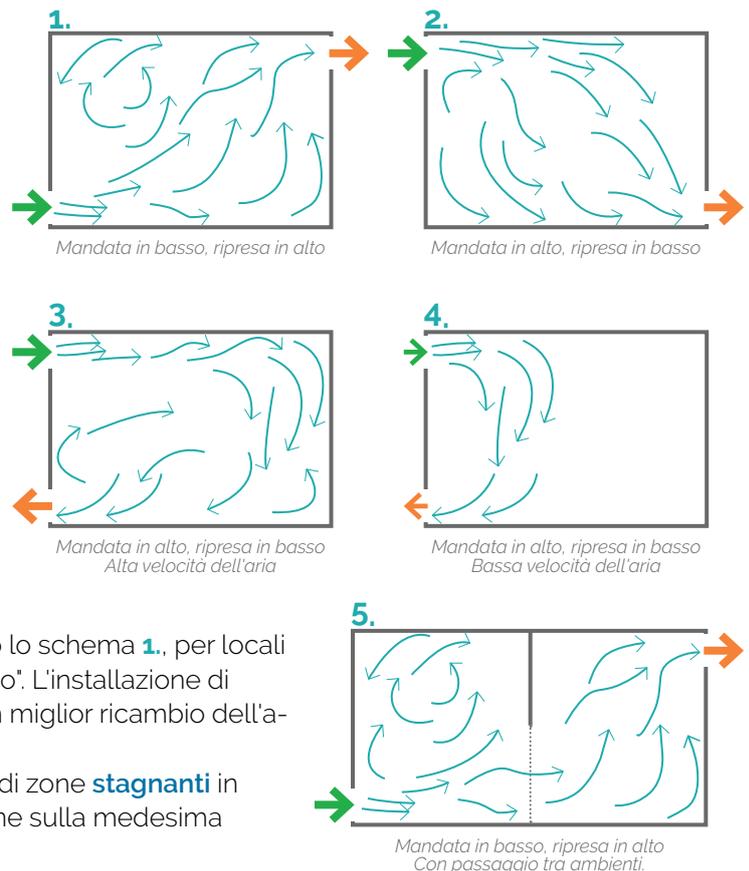
Garantire una corretta distribuzione dell'aria di rinnovo negli ambienti è fondamentale per ottenere il comfort ricercato.

I **moti** dell'aria all'intero dei locali sono altamente influenzati dalla **portata** richiesta e dalla differenza di **temperatura** tra aria immessa ed aria ambiente.

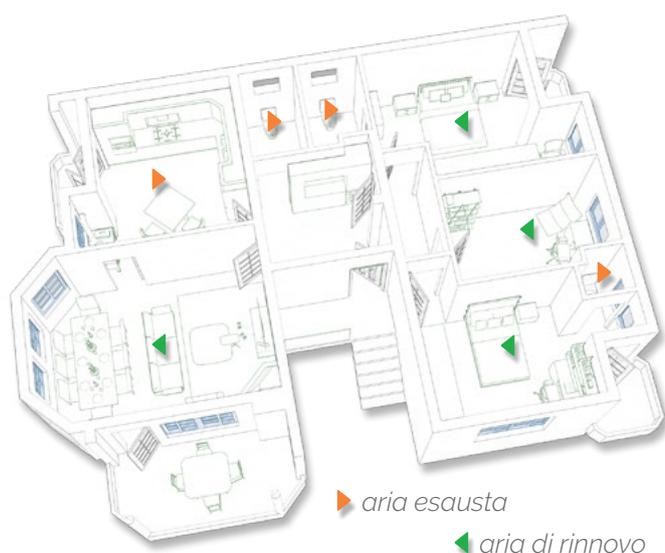
Un occhio di riguardo deve essere posto anche alla **direzione** di provenienza del flusso d'aria rispetto alle persone, prediligendo l'investimento frontale rispetto a quello laterale o posteriore. Nel sistema di sola ventilazione meccanica con recupero del calore, differenziale di temperatura e portata d'aria sono ridotti, minimizzando la possibilità di **fastidi** sugli occupanti, ad eccezione della creazione di aree di aria stagnante.

Gli schemi più utilizzati sono il **5.**, con immissione in un locale abitato e ripresa in un locale "umido", o lo schema **1.**, per locali più grandi o con necessità di un completo "lavaggio". L'installazione di bocchette e griglie su pareti opposte, permette un miglior ricambio dell'aria, senza creazione di zone stagnanti.

Nell'esempio **3.** e **4.** si nota il rischio di formazione di zone **stagnanti** in caso di ridotta portata d'aria abbinata a distribuzione sulla medesima parete.



progettazione vmc



Nella posizione della **distribuzione**, è consigliabile tener conto di **immettere** aria nei locali ove le persone **stazionano** (soggiorni, camere, studi, uffici, ...), ed **estrarla** dai locali ove sono presenti fonte d'**inquinamento** (cucine, bagni, spogliatoi, ...).

A lato il proseguo dell'esempio visto in precedenza, con l'individuazione dei locali ove immettere ed estrarre l'aria.

Preso d'aria esterna

Grande importanza sulla qualità dell'aria interna è legata ai punti di **presa** ed **espulsione** dell'aria esterna. Il vento che impatta sull'edificio tende a creare zone con maggior tasso d'**inquinamento**, causa ricircoli d'aria; produce inoltre pressione positiva sulle facciate su cui impatta, e depressione sulle facciate opposte. Queste pressioni possono ripercuotersi sul funzionamento dell'impianto di ventilazione, riducendone l'efficienza e l'efficacia.

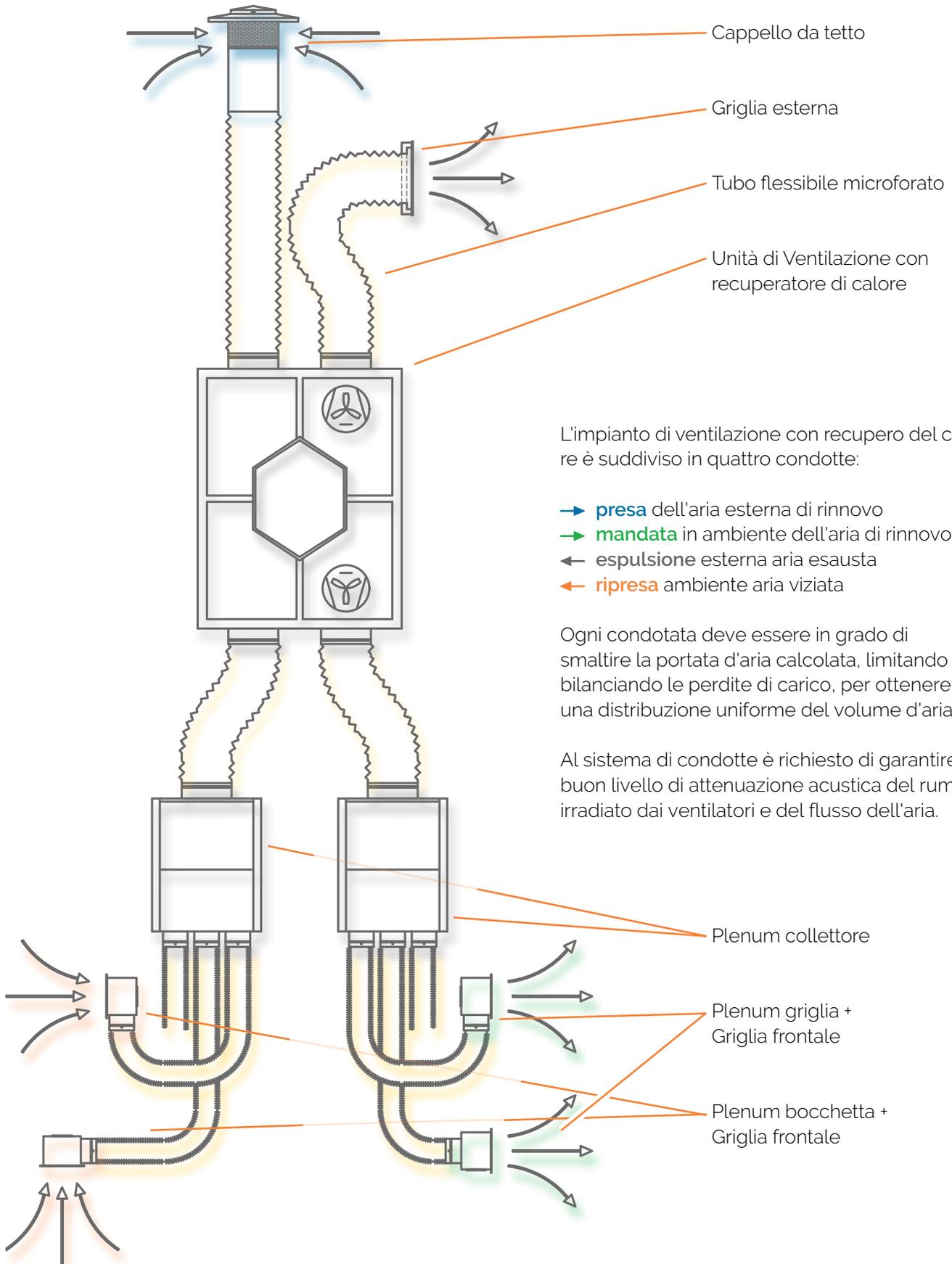
Nella scelta del corretto punto di presa d'aria è necessario tener conto di:

- **inquinanti**: posizionare la griglia non sotto la metà della parete, per evitare l'investimento da aria carica di polveri, sabbia ed inquinanti presenti nella zona di ricircolo in prossimità del terreno. In zone trafficate l'altezza dal suolo consigliata è di almeno **4 metri**. È necessario verificare che i dispositivi di presa scelti siano in grado di evitare l'infiltrazione di acqua piovana, scaricando all'esterno la parte battente. Sotto il livello del suolo, l'aria sarà sempre carica d'inquinanti, quindi non è fortemente sconsigliata la presa d'aria di rinnovo.
- **fumi**: è necessario verificare che il pennacchio dei fumi del camino non rischi di essere aspirato dalla griglia di ricircolo;
- evitare il **cortocircuito** espulsione-rinnovo, mantenendo una dovuta **distanza** tra le due griglie
- **temperatura**: prediligere punti di presa dell'aria di rinnovo ove la temperatura può essere più elevata in inverno, per migliorare l'**efficienza** dell'unità di recupero e dei filtri aria: gli oli adesivi che permettono la filtrazione riducono di molto la loro viscosità a temperature inferiori a +5°C.
- **vento**: la presa d'aria investita dal vento può far aumentare la portata d'aria in ingresso, mentre la riduce se posizionata sulle pareti opposte (in depressione). Al contrario, la portata d'espulsione può essere aiutata se la griglia d'espulsione è posizionata su una parete in depressione
- punti di **ristagno**: evitare angoli tra pareti e rientranze



Componenti

COMPONENTI D'IMPIANTO



L'impianto di ventilazione con recupero del calore è suddiviso in quattro condotte:

- presa dell'aria esterna di rinnovo
- mandata in ambiente dell'aria di rinnovo
- ← espulsione esterna aria esausta
- ← ripresa ambiente aria viziata

Ogni condotata deve essere in grado di smaltire la portata d'aria calcolata, limitando e bilanciando le perdite di carico, per ottenere una distribuzione uniforme del volume d'aria.

Al sistema di condotte è richiesto di garantire un buon livello di attenuazione acustica del rumore irradiato dai ventilatori e del flusso dell'aria.

Bocchette di mandata

Sono i dispositivi incaricati di distribuire l'aria negli ambienti abitati. La loro forma ed estetica è selezionata in ogni impianto per ottenere il miglior effetto sull'impianto di ventilazione ed alla vista.

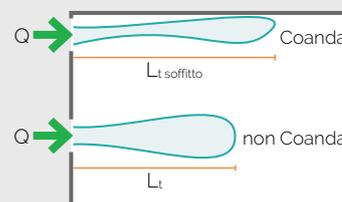
Sono selezionati in base a:

- L_t **lancio** (o gittata): massima distanza tra centro del diffusore e limite dell'involuppo dell'aria emessa;
- V_k **velocità di efflusso**: velocità dell'aria immessa in ambiente;
- V_t **velocità terminale**: velocità dell'aria al limite dell'involuppo
- L_w **NR**: indice del rumore



Effetto Coandă

Definito anche **effetto soffitto** è un fenomeno che deve il suo nome al pioniere rumeno dell'aerodinamica Henri Coandă, che brevettò alcuni strumenti che sfruttavano la proprietà di deviare il getto di un fluido. Il fenomeno si instaura a causa della depressione tra il getto d'aria ed il soffitto: il getto per effetto della depressione, permane più a lungo nella parte alta del locale, aumentando il lancio. Per avere l'effetto, è necessario che il flusso d'aria non sia ostacolato da ostruzioni (travi, controsoffitto, ...), che la bocchetta sia posizionata ad una distanza inferiore a 30 cm dal soffitto, e che la velocità dell'aria sia sostenuta.



- **Caduta**: massima distanza fra l'asse del getto ed il punto più basso dell'involuppo dell'aria emessa

La scelta della bocchetta deve tener conto anche dell'**induzione**, fenomeno per cui l'aria immessa trascina una quantità dell'aria ambiente, miscelandosi e riducendo la velocità.

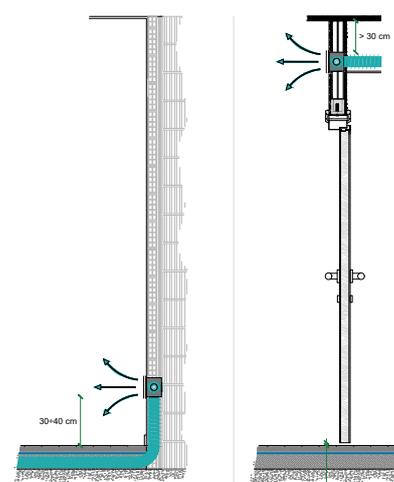
Nella ventilazione meccanica, le **ridotte velocità** dell'aria ed la **ridotta differenza di temperatura**, non causa ricadute d'aria fredda o stratificazioni di aria calda, **migliorando il comfort** ambiente.

Una corretta distribuzione di bocchette e griglie tende, al contrario, a mantenere la corretta movimentazione dell'aria, riducendo zone di stratificazione e migliorando la distribuzione del calore.

Per il dimensionamento delle bocchette sono disponibili grafici dedicati, specifici per ogni tipo di bocchetta.

La posizione consigliata della bocchette di mandata per la ventilazione è a circa **30...40 cm** dal pavimento, seguendo lo schema **1.** e **5.** visti in "Distribuzione dell'aria" a pagina 19.

In caso di impossibilità, le bocchette possono essere spostate nella parte alta del locale (simile a schema **2.**), mantenendo una distanza dal soffitto maggiore a **30 cm**.



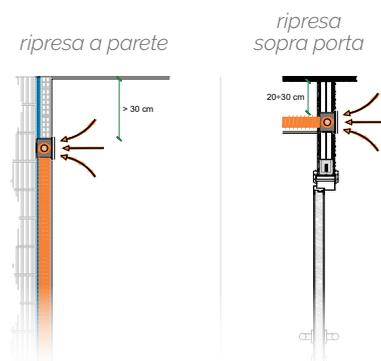
mandata a parete

mandata sopra porta

Griglie di ripresa

Incaricate di riprendere l'aria degli ambienti. Sono più semplici rispetto alle bocchette e per la selezione richiedono esclusivamente la valutazione della portata, perdita di carico ed estetica.

Il loro posizionamento è nella parte alta del locale, ad una distanza di circa **30 cm** da soffitto.



ripresa a parete

ripresa sopra porta

componenti

Canali aria

Realizzati per consentire la circolazione dell'aria all'intero dell'edificio e dimensionate in base alla portata d'aria da smaltire.

Il materiale e la tipologia di materiale adottato è da scegliersi in base a:

- lunghezza del tratto di canale
- portata d'aria del tratto di canale
- perdita di carico limite
- specifiche tecniche e normative: resistenza al fuoco, rumorosità, ...
- spazi a disposizione, forme e passaggi

I materiali più utilizzati per i canali sono:

- **lamiera metallica**: elevata robustezza e rigidità. Ridotta rugosità interna e flessibilità di forma;
- **pannelli prefabbricati** in materiali sintetici (poliuretano espanso): leggeri e poco rugosi internamente, hanno una notevole flessibilità di forma;
- **materiale flessibile**, normalmente PVC ed alluminio. Elevata flessibilità di posa ed assorbimento delle vibrazioni, ma con perdite di carico molto più elevate rispetto altri materiali.
Le versioni microforate internamente garantiscono anche una riduzione del rumore
- **materiale plastico** (solitamente polietilene). Ridotti fenomeni corrosivi che ne permettono l'installazione sotto pavimento. Ridotte perdite di carico interne e limitazione dei trafiletti.

Particolare attenzione nel dimensionamento dei canali è da porre nelle perdite di carico localizzate, dovute a cambi di sezione, di direzione, diramazioni e confluenze.

Filtri aria

Sia l'aria immessa in ambiente che l'aria estratta per essere espulsa, attraversano filtri aria per rimuovere polvere, particolati e sostanze inquinanti per:

- migliorare la salubrità ambiente
- salvaguardare pacco di scambio e componenti dell'unità di ventilazione

La corretta manutenzione dei filtri aria, rimuovendo lo sporco accumulato e sostituendo il media filtrante quanto necessario, garantisce le condizioni di salubrità dell'aria come a livello di progetto, evitando cali di resa dell'unità di ventilazione, causati dall'aumentando di perdita di carico applicata ai ventilatori.

Lo sporciamento dei filtri aria porta a:

- aumento di consumi e costi operativi
- possibile aumento della rumorosità
- diminuzione della salubrità dell'aria, causata da una riduzione della portata e un possibile passaggio di parte dello sporco accumulato

Ma ogni quanto deve essere sostituito/pulito il filtro aria?

Dipende! La risposta potrebbe essere: quando serve.

Ogni impianto è differente: pulizia dell'aria esterna, punto di presa dell'aria, tenuta dell'involucro, numero di persone nell'edificio, presenza di animali e, ancor più, tipologia di filtro e sensibilità delle persone che vivono l'edificio, influiscono sulle condizioni a cui sono sottoposti i filtri aria.

La classificazione e le procedure di test dei filtri aria sono definiti dalla normativa ISO 16890.



componenti

Norma ISO 16890

Gli esseri umani sono in grado di impedire a particelle di diametro maggiore di **10 µm** di entrare nel proprio corpo. Come riferimento, un capello umano ha un diametro di **70 µm**.

In particolare il corpo umano "filtra" particelle:

- **100 µm** catturate dal naso
- **10 µm** bloccate dalla gola
- **2,5 µm** accumulate nei polmoni

Tutte le particelle di diametro inferiore riescono a superare tutte le difese e quelle inferiori ad **1 µm** ed entrare nel flusso sanguigno.

Proprio a questi diametri di particelle si riferisce la normativa **ISO 16890** per la nuova classificazione dei filtri aria, valutandone l'efficienza (e) alla cattura.

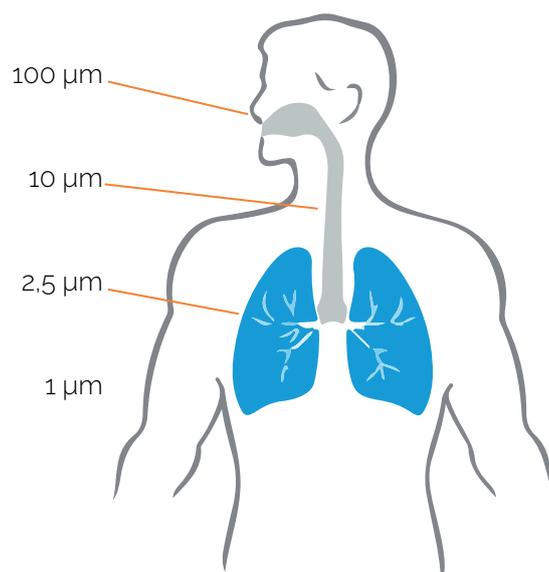
Per poter essere classificato per un determinato diametro, il filtro deve essere in grado di fermare almeno il 50% dei residui del diametro durante il test.

La descrizione del filtro riporta quindi l'indicazione delle particelle più piccole bloccate, e la loro percentuale:

ePM2.5 95%, indica un filtro in grado di fermare il **95%** delle particelle **PM2.5**.

Non è possibile un confronto diretto con le vecchie classi di filtro e i nuovi gruppi, dato che la precedente norma EN 779 esaminava solo una parte dei dati di prestazione verificati dalla ISO 16890.

La norma ISO 16890 non si applica a filtri EPA, HEPA e ULPA, normati dalla EN 1822.



Categoria	Filtrazione
ISO Coarse	< 50% di PM10
ISO ePM10	≥ 50% di PM10
ISO ePM2.5	≥ 50% di PM2.5
ISO ePM1	≥ 50% di PM1

Filtri aria

I filtri aria sono realizzati in una vasta gamma di modelli, con caratteristiche, prestazioni ed applicazioni molto differenti. Le principali tipologie utilizzate nelle applicazioni residenziali sono:

- filtri a **pannello** di tipo **piano**
- filtri a **pannello** di tipo **ondulato**
- filtri a **carboni attivi**
- filtri assoluti **HEPA** e **ULPA**

Filtro a pannello | Piano

Costituiti da un telaio esterno atto a contenere un materassino filtrante in fibre vegetali, materiale sintetico, fibra di vetro o truciolo metallico. Il setto è posizionato con andamento piano. L'arresto delle polveri avviene per l'effetto congiunto dell'inerzia e del setaccio.

In base al materiale del media filtrante, il filtro è pulibile tramite aria compressa o acqua.

La manutenzione del filtro deve essere effettuata indicativamente ogni 2-3 mesi, o in base alle necessità dell'impianto.



componenti

Filtro a pannello | Ondulato

Costituiti da un telaio esterno atto a contenere un materassino filtrante in fibre vegetali, materiale sintetico, fibra di vetro o truciolo metallico.

Il setto filtrante è posizionato con andamento ondulato per aumentare la superficie filtrante rispetto la superficie frontale.

L'arresto delle polveri avviene per l'effetto congiunto dell'inerzia e del setaccio.

In base al materiale del media filtrante, il filtro è pulibile tramite aria compressa o acqua con detersivi appositi.

Data la maggior superficie filtrante, la manutenzione del filtro si riduce rispetto alla precedente tipologia passando indicativamente a 6 mesi (o in base alle necessità dell'impianto).

**Filtro a carboni attivi**

Costituiti da un telaio esterno atto a contenere granuli di carboni attivi di origine vegetale (es. noce di cocco) o sintetica (derivati del petrolio).

I granuli hanno diametro da 1 a 5 mm e lunghezza da 3 a 6 mm. Possono essere impregnati con apposite sostanze per migliorare il controllo degli inquinanti.

Il setto filtrante è posizionato con andamento ondulato per aumentare la superficie filtrante rispetto la superficie frontale.

Questa tipologia di filtri è particolarmente idonea a fermare tutti i composti di origine organica e numerosi di origine inorganica. La filtrazione avviene per adsorbimento e assorbimento chimico.

La manutenzione del filtro è di 12 mesi (o in base alle necessità dell'impianto). Filtro lavabile e riattivabile.

**Filtro a carboni attivi**

Filtri in grado di arrestare le particelle di dimensione submicroniche, con rendimenti estremamente elevati.

- **HEPA** (High Efficiency Particulate Air-filter): rendimento $\geq 99,97\%$ DOP
- **ULPA** (Ultra Low Penetration Air-filter): rendimento $\geq 99,999\%$ DOP

La filtrazione avviene per intercettazione e diffusione delle particelle più piccole.

Il setto filtrante è composto da speciali carte in fibra di vetro con diametro delle fibre inferiore ad $1\ \mu\text{m}$. La carta è finemente pieghettata per massimizzare la superficie filtrante rispetto la superficie frontale del filtro, riducendo in modo importante la velocità d'attraversamento dell'aria.

Questa tipologia di filtri deve sempre essere preceduta da pre-filtri allo scopo di aumentarne la vita operativa.

L'installazione di questi filtri richiede una perfetta tenuta tra il filtro ed il contro-telaio, per evitare bypass d'aria che possono fortemente compromettere le prestazioni di filtrazione.

La sostituzione del filtro è indicativamente ogni 12-18 mesi.



Pillole di ventilazione

IL COMFORT

Il comfort è una condizione **individuale**, legata al singolo soggetto ed alla sua **percezione** dell'ambiente. Può essere riassunto come una condizione mentale di **soddisfazione** psicofisica, controllata e legata a molteplici stati di **benessere**:

-  **thermoigrometrico**: neutralità termica. Legato a temperatura ed umidità dell'aria, è la condizione in cui il soggetto non si sente né caldo, né freddo
-  **respiratorio-olfattivo**: soddisfazione della qualità dell'aria respirata. Assenza di odori sgradevoli, livello d'ossigenazione e degli inquinanti entro i limiti.
-  **visivo-illuminotecnico**: stato in cui l'individuo può svolgere nel modo migliore i compiti che è chiamato a svolgere
-  **acustico**: stato per cui i rumori presenti sono risultano fastidiosi all'individuo, impedendogli il corretto svolgimento dei compiti



L'individuazione delle condizioni ambientali ottimali si complicano data l'individualità dello stato di comfort, che si modifica al variare di ulteriori parametri come l'attività svolta (riposo, lavoro sedentario, lavoro in movimento, cammino, corsa, ...) e dall'abbigliamento indossato (da casa, da lavoro, ...). Direttive e normative si sono quindi basate su modelli e **metodi statistici** per trovare condizioni che soddisfacessero il maggior numero utenti.

Particolare attenzione è rivolta al benessere **thermoigrometrico** (*norma UNI EN ISO 7730*) che individua tre classi d'aggregazione del comfort globale con il comfort locale, basandosi su due parametri:

- PMV (Predicted Mean Vote): sensazione termica avvertita in un dato ambiente da un individuo dotato di media sensibilità;
- PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied), funzione del PMV, indica la percentuale di insoddisfatti rispetto all'ambiente considerato.

La **ventilazione** interviene principalmente sui due stati di benessere termoigrometrico ed respiratorio-olfattivo, toccando anche il benessere acustico.

respiratorio-olfattivo

- riduzione inquinanti
- mantenimento ossigenazione
- espulsione odori
- filtrazione aria

thermoigrometrico

- temperatura ambiente
- umidità relativa
- correnti d'aria

acustico

- riduzione rumore esterno
- rumore irradiato dai componenti

pillole di ventilazione

TEMPERATURA DI COMFORT

La temperatura di comfort è quella temperatura a cui non percepiamo né caldo né freddo.

Ma come la misuro? col termometro di casa?

No, il termometro posizionato nel locale misura la temperatura dell'aria ambiente, mentre la temperatura di comfort equivale alla **temperatura effettivamente percepita**, ovvero la temperatura operante:

$$T_{\text{operante}} = \frac{(T_{\text{aria}} + T_{\text{superfici}})}{2}$$

T_{aria} : temperatura aria [°C]
 $T_{\text{superfici}}$: temp. media delle superfici del locale [°C]

Nella misurazione rientrano le temperature di tutte superfici del locale che interagiscono sulla temperatura di comfort in base alla loro **temperatura radiante**, la distanza ed il fattore di vista, ovvero dimensione e posizionamento della superficie rispetto alla persona.

I potenziali **discomfort** locali che possono allontanare dal raggiungimento del benessere termoisometrico sono:

- elevata differenza verticale di temperatura dell'aria
- pavimento troppo caldo o troppo freddo
- correnti d'aria con velocità troppo elevata
- elevata asimmetria della temperatura radiante delle superfici

Le normative, basandosi su metodi statistici, hanno individuato i **valori ottimali** per il comfort ambientale, riportati nella tabella sottostante.

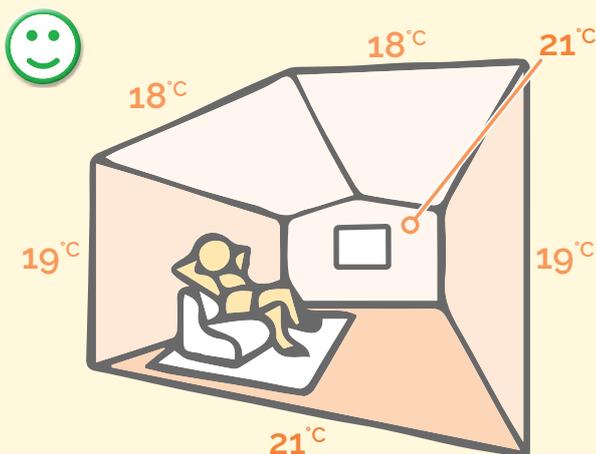
	Inverno	Estate
Temperatura operativa	20 - 22 °C	24 - 26 °C
Differenza verticale di temperatura	< 3 °C	< 3 °C
Temperatura superficiale del pavimento	19 - 26 °C ⁽¹⁾	-

⁽¹⁾ fino a 29°C per impianto radiante a pavimento

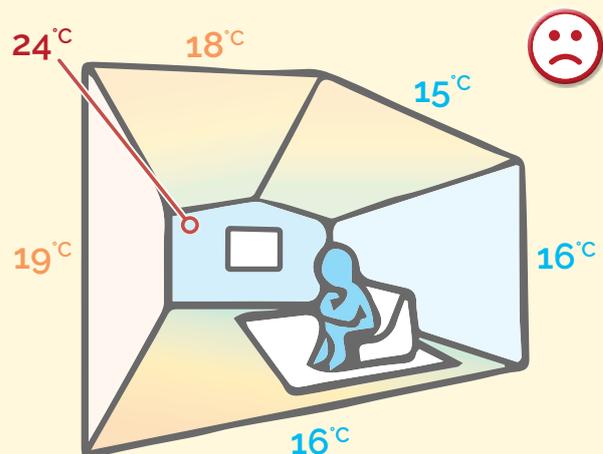
	Inverno	Estate
Asimmetria temperatura radiante pareti	< 10 °C	
Asimmetria temperatura radiante soffitto	< 5 °C	
Umidità relativa	40 ... 50 %	50 ... 60 %
Velocità aria	0,15 m/s	0,17 m/s



ridotta differenza temperatura aria-superfici



elevata differenza temperatura aria-superfici



pillole di ventilazione

UMIDITÀ RELATIVA

L'umidità relativa indica la percentuale di **vapor d'acqua** presente nell'aria rispetto alla massima quantità possibile prima della formazione di condensa.

Si indica con **U_r**, si misura in percentuale [%] ed è un valore strettamente legato alla **temperatura** dell'aria:

 temperatura **alta** = **maggiore** quantità acqua disciolta

 temperatura **bassa** = **minor** quantità acqua disciolta

Un tasso di umidità relativa del **45%** alla temperatura di **22°C** indica una quantità di vapor d'acqua di **7,6** grammi in ogni chilogrammo di aria.

La medesima quantità di acqua, alla temperatura di **16°C** indica un tasso di umidità relativa del **65%**.

Al 100% di umidità, l'aria è satura di vapor d'acqua ed inizia la condensazione: il vapore torna ad essere acqua.

Alle condizioni precedenti, la temperatura di **10°C** risulta avere una umidità relativa del **100%**.

La temperatura per cui **U_r** è pari al **100%** è definita **temperatura di rugiada** e, come già visto, varia con la quantità di vapor d'acqua presente.

Ma come si crea?

Una **persona**, con il respiro, emette circa 1,25 litri di vapore acqueo al giorno. Vi sono poi le **piante**, la cottura, il lavaggio delle stoviglie, la doccia, i **panni** stesi, il lavaggio dei pavimenti, ...

Tutto ciò si somma all'umidità già presente nell'aria e nella struttura.

che problemi porta?

Elevati tassi di umidità rendono più facile la creazione di **condensa** nei punti freddi dell'edificio: l'esempio che tutti abbiamo sottocchio è la condensa sui vetri in inverno, soprattutto in cucina.

I punti freddi possono esser causati dal ridotto o assente isolamento dell'involucro dell'edificio o a ponti termici, ovvero punti dove il freddo riesce ad penetrare.

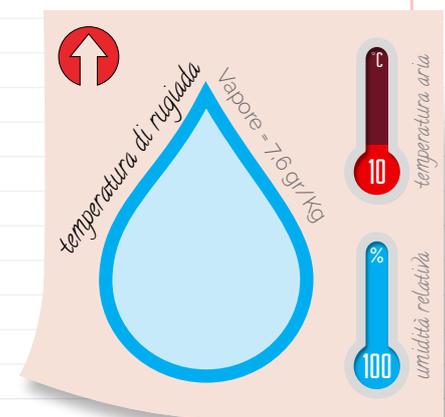
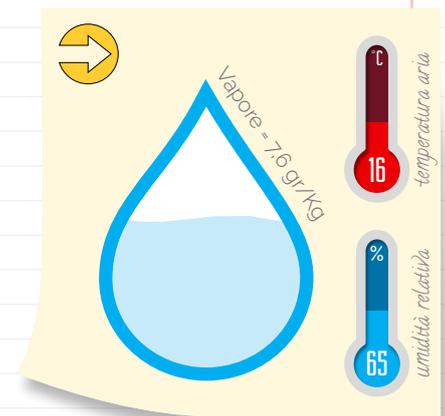
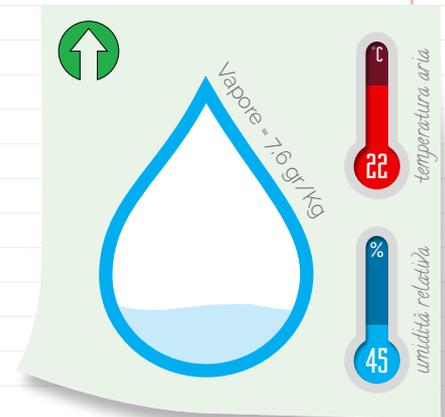
Questi punti diventano il ricettacolo per le **muffe** che non soltanto danneggiano l'edificio, ma contribuiscono allo sviluppo di allergie.

soluzione? la **ventilazione!** 

L'aria esterna, ad una temperatura di **5°C**, con umidità relativa del **90%**, se portata ai **22°C** interni passa ad una UR inferiore al **30%**.

 L'apertura delle finestre, oltre a ridurre l'umidità, riduce la temperatura dell'aria rischiando la creazione di condensa nei punti sfavoriti.

 L'utilizzo di un **recuperatore di calore** mantiene il tasso di umidità relativa entro i valori **ottimali**, riducendo la creazione di punti di condensa. La variazione **automatica** della portata d'aria permette il maggior intervento proprio quando **necessario!**



pillole di ventilazione

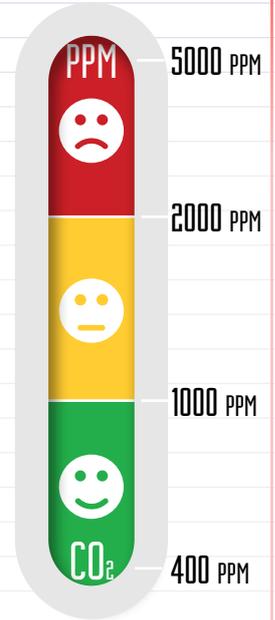
ANIDRIDE CARBONICA

CO₂, Diossido di carbonio, anidride carbonica, sono diversi nomi per indicare un **gas** incolore e inodore **necessario** per la vita umana, ed un importante parametro di valutazione della **qualità** dell'**aria** ambiente.

La produzione di anidride carbonica è dovuta alla combustione di composti organici (da caldaie, stufe, camini, fornelli), gas di scarico dei veicoli a motore, fermentazione alcolica, ed anche la **respirazione umana** ed animale.

L'uomo inala l'ossigeno presente nell'aria durante l'inspirazione e rilascia anidride carbonica nell'aria durante l'**espirazione**: l'aria inspirata contiene il 21% di ossigeno e lo 0,035% di anidride carbonica, mentre l'aria espirata contiene il 16% di ossigeno ed il **4%** di anidride carbonica.

Il tasso per cui l'anidride carbonica diventa **tossica** per l'uomo è del 5% (50000 ppm), ma già da una concentrazione dello 0,08% (800 ppm) le prestazioni, la concentrazione e il **benessere** sono **compromessi**; ma mano che la concentrazione aumenta si possono avere sonnolenza, sensazione di disagio e nausea, fino a difficoltà respiratorie.



400 ppm → aria esterna	5.000 ppm → concentrazione massima postazione di lavoro
1.000 ppm → sensazione aria viziata	50.000 ppm → tossica per l'uomo
4.000 ppm → sensazione scarsa ventilazione	100.000 ppm → spegnimento candela

In un'epoca in cui l'essere umano passa fino al 90% del tempo in **luoghi chiusi**, la verifica della concentrazione di **CO₂** diventa particolarmente importante, soprattutto dove vi possono essere numerose persone, come sale riunioni, aule, biblioteche, centri commerciali, ristoranti, bar, sale slot, ...

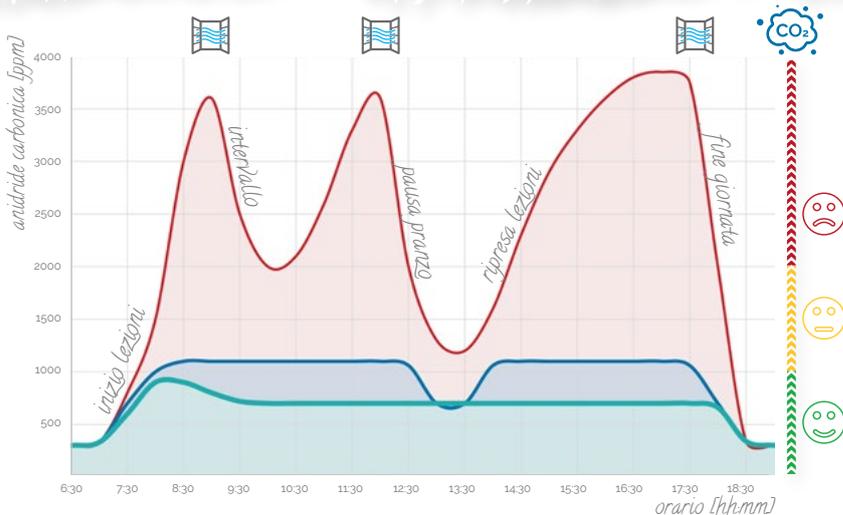
La ventilazione del locale aiuta il rinnovo dell'aria, **rinfrescando** ed **equilibrando** la concentrazione al valore dell'aria esterna (~400 ppm).



L'apertura della finestra sposta il disagio dell'aria viziata ad un discomfort termico, dovuto a potenziali correnti d'aria fredda.



Unità di ventilazione con recupero del calore, ancor più se abbinati a sensori di CO₂/VOC posizionati in ambiente o a canale, garantiscono il **rinnovo** senza discomfort, aumentando il rinnovo nel momento di maggior **necessità**.



Analisi ventilazione in una scuola

- ricambio aria tramite apertura finestre
- VMC con sensori Temperatura/Umidità
- VMC con sensore CO₂



SPIFFERI E TENUTA ARIA

Il **consumo energetico** di un edificio, possono essere raggruppati secondo:

- | | |
|---|---|
| ■ orientamento | ■ finestre |
| ■ apparecchiature elettriche | ■ isolamento termico |
| ■ ponti termici | ■ ventilazione |

I due principali parametri (isolamento termico e ventilazione) sono saldamente legati alla **tenuta all'aria** dell'involucro edilizio, riducendo al massimo i punti di **dispersione** del calore.

La scarsa ermeticità dell'involucro può causare:

- **aumento dispersioni** termiche per convezione con conseguente aumento della costo per il mantenimento della temperatura di comfort;
- rischio di **formazione** di **condensa** all'interno delle strutture e peggioramento del potere isolante delle strutture (oltre a potenziale danneggiamento);
- **riduzione** del **comfort** interno. La presenza di spifferi provoca l'abbassamento localizzato della temperatura (discomfort locale) e/o flussi d'aria fredda (calda in estate);
- **aumento rumorosità**: l'aria in ingresso attraverso gli spifferi è un buon veicolo per il trasporto dei rumori esterni.

L'edificio, ed in particolare il suo involucro, dovrà quindi essere progettato e realizzato per essere in grado di garantire:

- **tenuta all'aria**, per impedire i passaggi indesiderati d'aria dall'esterno all'interno dell'edificio e viceversa. Viene realizzato normalmente nel lato interno dell'involucro, con materiali specifici: nastri, teli, ma se posato correttamente, può essere garantita anche dall'intonaco;
- **tenuta al vento**, per impedire l'infiltrazione dell'aria esterna nelle strutture. Si usa la medesima soluzione del precedente punto, realizzando un'ulteriore strato sul lato esterno dell'involucro.



Blower Door Test

La misurazione del livello di tenuta all'aria di un edificio può essere effettuata con Blower Door Test, che valuta la permeabilità dell'involucro attraverso il calcolo dei ricambi d'aria per infiltrazione. La prova viene eseguita utilizzando un ventilatore installato su una porta o finestra esterna e chiudendo tutte le altre aperture esterne. Si avvia l'estrazione dell'aria dall'edificio creando una differenza di pressione di 50 Pa. Con opportuni strumenti viene misurato la portata d'aria indotta dal ventilatore all'interno dell'edificio e il relativo ricambio d'aria attraverso gli spifferi dell'involucro.



pillole

MUFFA?

La casa è nuova, ma ci sono già tracce di muffa!

La causa scatenante è l'**umidità**, legata alla **temperatura** superficiale dei materiali. Oltre a possibili rotture di tubazioni, infiltrazioni dall'esterno, la causa principe è la **condensa** superficiale ed interstiziale, dovuta alla mancata o ridotta gestione di un **ponte termico**.

 *bassa temperatura* →  *condensa superficiale* →  *habitat per muffe*

Le **muffe** sono vari tipi di 'funghi' microscopici che proliferano esclusivamente in ambiente umido, utili in natura per scomporre i vegetali, contribuendo alla formazione dell'humus.

Hanno un'**elevata** capacità di riproduzione: dal nulla, nello spazio di una notte si può osservare la formazione di uno strato di muffa liscia filamentosa e pelosa. Sono inoltre organismi estremamente **resistenti** e dotati di un'ottima attitudine al volo, lasciandosi trasportare per enormi **distanze**. Son arrivate persino nello spazio; quindi non dobbiamo sorprenderci che queste spore si trovino dappertutto, nel terreno, nell'aria, sia in campagna e sia in città.

Si possono distinguere in base al **colore**, che non è sufficiente per individuarla con certezza:

- **Spergillus**: ha un colore tra il verde scuro ed il nero ed è la tipologia di muffa che si incontra con più facilità. Deve il suo nome alla particolare forma ad "aspersorio";
- **Penicillium**: è una muffa dal caratteristico colore grigio-verde. Si manifesta prevalentemente in ambienti con un alto tasso di umidità e sul cibo avariato. Al microscopio si presenta con una forma che ricorda le setole di un pennello.
- **Cladosporium**: nota come "muffa nera", il Cladosporium si presenta come un ammasso poroso e friabile, con un colore che varia tra il marrone e il nero. Compare prevalentemente sui prodotti derivati dalla cellulosa (carta, cartone, cotone e legno) in fase di deperimento.
- **Phoma**: nerissima come la pece, questa muffa attacca spesso i muri nei punti più umidi della casa, come ad esempio nei bagni e al di sopra delle finestre, in corrispondenza dei cassonetti degli avvolgibili.
- **Scopulariopsis**: particolare muffa che un tempo proliferava sulla carta da parati che contenevano pigmenti di arsenico emettendo gas velenosi per l'uomo. Oggi fortunatamente le carte decorative sono prive di questi pigmenti nocivi.
- **Stachybotrys**: anche questa muffa è pericolosissima per la sua tossicità. Ha un colore tra il marrone e il nero e si presenta su muri, soffitti e materiali a base di cellulosa.



L'Organizzazione **Mondiale della Sanità** ha iniziato ad occuparsi delle muffe già dall'inizio degli anni 2000, divulgando varie pubblicazioni e lanciando svariati appelli per la loro **minaccia** alla **salute** della popolazione.



Non potendo intervenire sul ponte termico e sulla temperatura superficiale, la **soluzione** è **ridurre** il tasso di **umidità** relativa, innalzando così la temperatura di rugiada.



Il rinnovo costante dell'aria ambiente con aria esterna che, principalmente in inverno, ha un tasso di umidità inferiore, riduce fortemente la formazione dei muffe. L'adozione di un'unità di **recupero il calore** elimina anche eventuali correnti d'aria fredde che possono creare punti critici, oltre a garantire un tasso costante di rinnovo dell'aria.



EFFETTI SUL CORPO UMANO



Umidità

Il tasso d'umidità incide notevolmente sulla **quantità** di **allergeni** e **microrganismi** presenti in ambiente favorendo, con alti livelli, la **proliferazione** degli acari e delle muffe.

Ma il valore dell'umidità impatta anche sulla temperatura percepita, e sulla nostra **sensazione** di **comfort** dell'ambiente vissuto.



Maggiore è la quantità di vapore acqueo disciolto nell'aria, più **alta** sarà la temperatura percepita.

Il corpo umano utilizza la **sudorazione** per mantenere la temperatura degli organi interni a 37°C ($\pm 0,5^{\circ}$).

In estate, l'acqua evapora attraverso la pelle, ma a contatto con aria ad alto livello di umidità non riesce a cedere il sudore.

Il risultato? La sudorazione prosegue, ma senza avvertire **sollievo**: si avrà sensazione di caldo e di essere **appiccicosi**.

Il proseguo del surriscaldamento può portare a:

- Crampi
- Sincope o svenimenti
- Sensazione di soffocamento o debolezza
- Insolazione



Allo stesso modo, nelle stagioni **fredde**, è possibile raggiungere tassi d'umidità relativa **bassi**.

Gli effetti dei bassi livelli di umidità si manifestano principalmente a livello cutaneo e respiratorio. Tra i segnali che indicano la presenza di bassa umidità nel sistema respiratorio troviamo:

- Vie nasali secche
- Gola irritata o che "gratta"
- Maggiore contagio di malattie

Il tasso d'umidità relativa **ottimale** tra il **40%** e il **60%** che, non solo **favorisce** il normale funzionamento del **corpo**, ma previene anche la proliferazione di allergeni, quali acari della polvere e muffa.

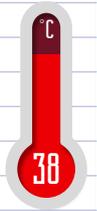


Temperatura: caldo e freddo



La temperatura dell'ambiente che ci circonda influisce sul meccanismo di **regolazione** della **temperatura** del **corpo** umano, che lavora per mantenersi tra 36 e 37°C : i due meccanismi principali per combattere il calore:

- Aumento del **flusso sanguigno** alla pelle. Per evitare danni agli organi interni, il corpo è in grado di scambiare calore con l'ambiente attraverso la vasodilatazione delle zone più esterne.
- **Sudorazione**: gocce di sudore, evaporando, provocano il raffreddamento del corpo. Le ghiandole sudoripare sono in grado di produrre fino a un litro e mezzo di sudore all'ora.



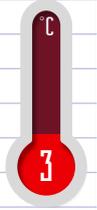
A circa 35°C il calore esterno è eccessivo ed i due meccanismi iniziano a perdere efficacia: cominciano a comparire gli effetti del caldo sul nostro corpo:

- Alito cattivo, dovuto alla disidratazione
- Crampi da calore: perdita di elettroliti
- Sfinimento da calore: stanchezza, irritabilità, tachicardia, ipotensione, ...
- Insolazione: cefalea, spossatezza, nausea, vomito, ...

Il corpo combatte anche contro il **freddo**, puntando a **contenere** il sangue più **caldo** nel petto, nella cavità addominale e nel cervello.

Il primo meccanismo messo in campo dal corpo è la **vasocostrizione** periferica, che portando un eccesso di liquido al cuore costringe i reni a filtrare il fluido sanguigno in eccesso, aumentando la necessità di urinare. Altri meccanismi di difesa dal freddo sono:

- **brividi** involontari, che aiutano ad incrementare il metabolismo, e quindi il calore interno.
- **posizione** fetale, per contenere il più possibile il calore negli organi nobili.

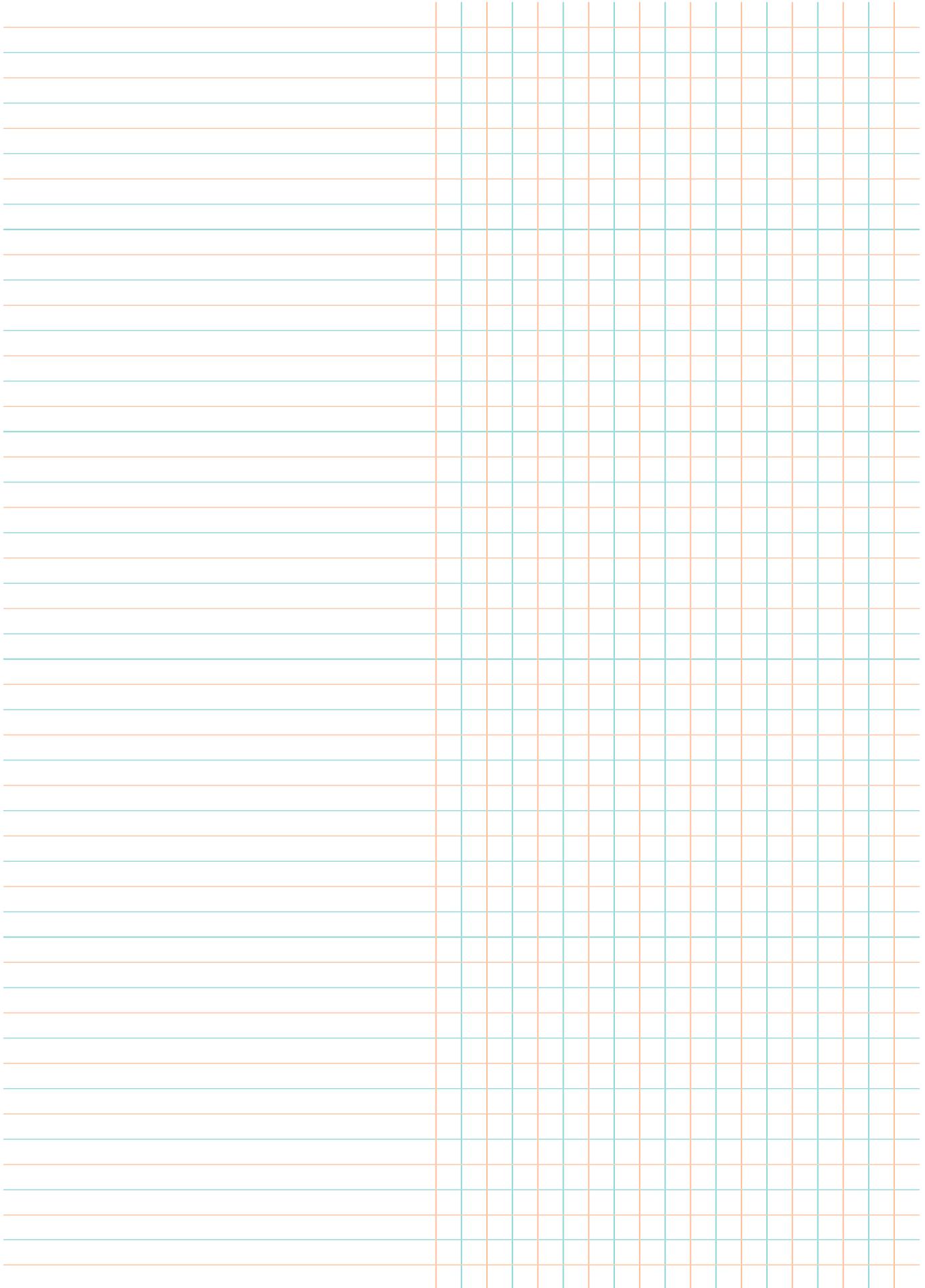


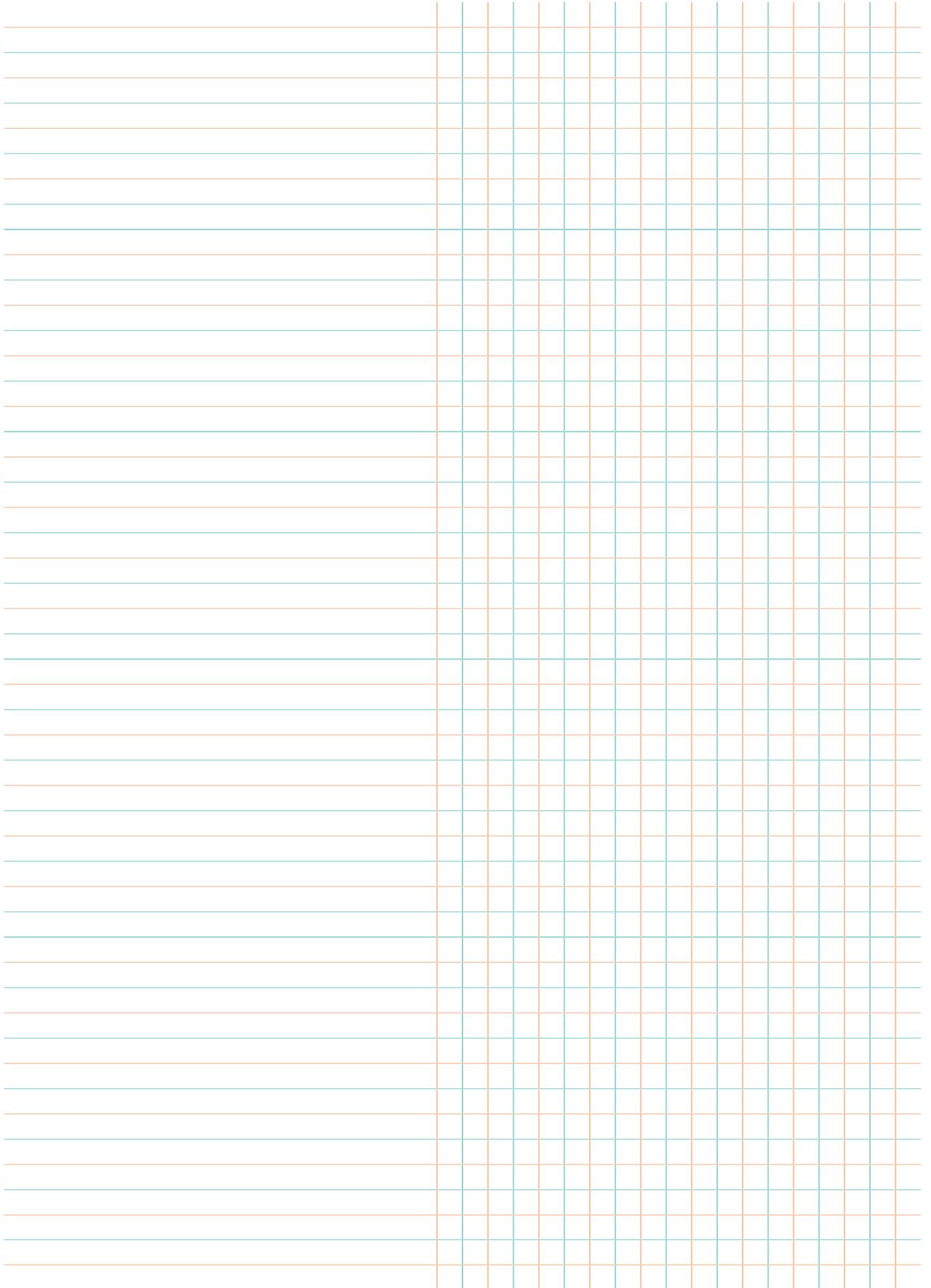
Studi hanno dimostrato che dormire ad una temperatura bassa migliora lo stato di salute, ma la temperatura consigliata rimane comunque tra 16 e 19°C .

La temperatura di **benessere termico** varia con la stagione ed è:

- ❄️ **20...22°C** nelle stagioni fredde
- 🔥 **24...26°C** nelle stagioni calde

The page contains a large grid of empty cells for data entry. The grid is composed of 18 columns and 30 rows. The vertical lines are orange, and the horizontal lines are light blue. The grid is currently empty.







INDIRIZZO

Via Staffali, 39/b
37062 Dossobuono
Villafranca di Verona (VR)



TELEFONO/FAX

045 8600402



MAIL e SITO

info@geatherm.it
www.geatherm.it