

Soluzioni impiantistiche

Coniugare il comfort con i bassi consumi di energia

Daniele Agostinetti
Direttore Ricerca e Strategia di Prodotto RDZ

VMC e impianti radianti

Il quadro attuale

Il comfort indoor

Cosa cambia?

La ventilazione

La deumidificazione

UC xxx-MHE

Installazione

Distribuzione aria

Il sistema RDZ

Verso gli edifici nZEB



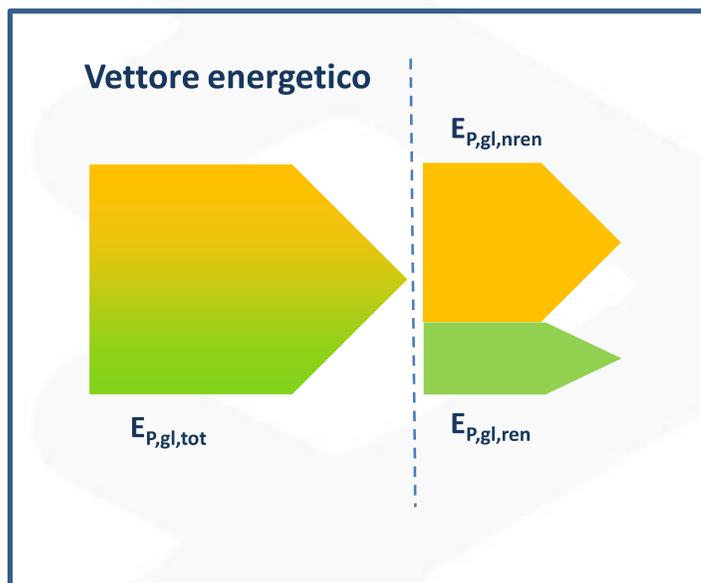
Il recepimento delle Direttive Europee ha prodotto il quadro normativo attuale. Le scadenze si avvicinano...

Dal 2019 (edilizia pubblica) e dal 2021 (edilizia privata) si potranno costruire SOLO edifici nZEB.

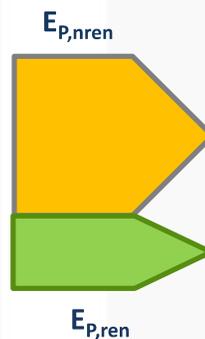
Anche il **patrimonio edilizio esistente** ne è interessato; anche per gli interventi di **riqualificazione** vi sono dei limiti stringenti da considerare.

Da oggi è necessario progettare ed intervenire nell'ottica di maggiore **efficienza energetica** e di maggiore **sostenibilità ambientale**.

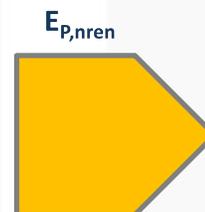
Il DM 26 Giugno 2015



Verifica progettuale (L.10) – Energia primaria totale



Classificazione energetica (APE) – Energia primaria non rinnovabile

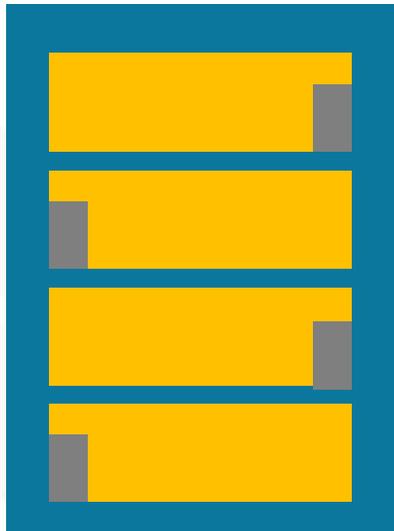


E' stato introdotto il concetto di "edificio di riferimento"

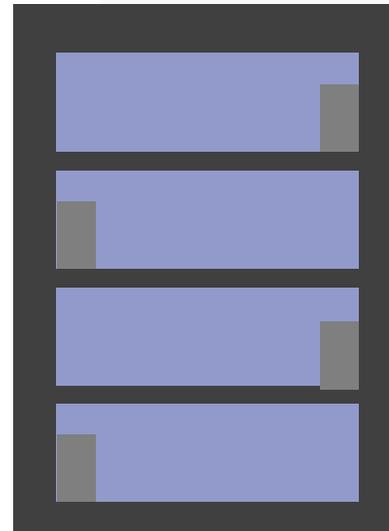
Introdotta il concetto di EDIFICIO DI RIFERIMENTO

Il calcolo dei *fabbisogni energetici limite* deve essere eseguito partendo da un edificio di riferimento e la verifica non sarà più un confronto con valori tabellati.

Edificio reale



Edificio di riferimento



Involucro di riferimento
Trasmittanze imposte
dal DM 26/06/15

Impianto di riferimento
Efficienze sistemi
impiantistici imposte
da DM 26/06/15

Il DM 26 Giugno 2015

Involucro edilizio

Da 0,30 a 0,26 → = - 13,3%

TRASMITTANZA STRUTTURE VERTICALI OPACHE [W/m² K]

VERSO L'ESTERNO, AMBIENTI NON RISCALDATI O CONTRO TERRA

ZONA CLIMATICA	EDIFICIO DI RIFERIMENTO		VALORI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA		VALORI RIQUALIF. ENERG. IN DEROGA +30%		VALORI ATTUALI	VALORI IN DEROGA +30%
	2015	2019/2021	2015	2019/2021	2015	2019/2021		
A e B	0,45	0,43	0,45	0,4	0,585	0,52		
C	0,38	0,34	0,4	0,36	0,52	0,468		
D	0,34	0,29	0,36	0,32	0,468	0,416	0,36	0,468
E	0,3	0,26	0,3	0,28	0,39	0,364	0,34	0,442
F	0,28	0,24	0,28	0,26	0,364	0,338	0,33	0,429

STRUTTURE OPACHE ORIZZONTALI E VERTICALI [W/m² K]

DI SEPARAZIONE TRA EDIFICI ED UNITA' IMMOBILIARI CONFINANTI

ZONA CLIMATICA	EDIFICIO DI RIFERIMENTO	
	2015	2019/2021
Tutte	0,8	

Il DM 26 Giugno 2015

Involucro edilizio

Da 0,25 a 0,22 → = - 12%

**TRASMITTANZA STRUTTURE ORIZZONTALI o INCLINATE DI COPERTURA [W/m² K]
VERSO L'ESTERNO, AMBIENTI NON RISCALDATI O CONTRO TERRA**

ZONA CLIMATICA	EDIFICIO DI RIFERIMENTO		VALORI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA		VALORI RIQUALIF. ENERG. IN DEROGA +30%		VALORI ATTUALI	VALORI IN DEROGA +30%
	2015	2019/2021	2015	2019/2021	2015	2019/2021		
A e B	0,38	0,35	0,34	0,32	0,442	0,416		
C	0,36	0,33	0,34	0,32	0,442	0,416		
D	0,3	0,26	0,28	0,26	0,364	0,338	0,32	0,416
E	0,25	0,22	0,26	0,24	0,338	0,312	0,3	0,39
F	0,23	0,2	0,24	0,22	0,312	0,286	0,29	0,377



Il DM 26 Giugno 2015

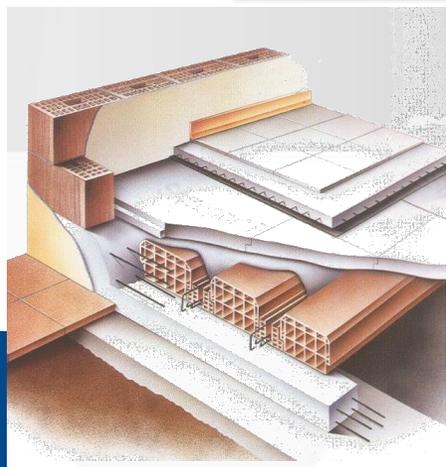
Involucro edilizio

Da 0,30 a 0,26 → = - 13,3%

TRASMITTANZA STRUTTURE ORIZZONTALI DI PAVIMENTO [W/m² K]

VERSO L'ESTERNO, AMBIENTI NON RISCALDATI O CONTRO TERRA

ZONA CLIMATICA	EDIFICIO DI RIFERIMENTO		VALORI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA		VALORI RIQUALIF. ENERG. IN DEROGA +30%		VALORI ATTUALI	VALORI IN DEROGA +30%
	2015	2019/2021	2015	2019/2021	2015	2019/2021		
A e B	0,46	0,44	0,48	0,42	0,624	0,546		
C	0,4	0,38	0,42	0,38	0,546	0,494		
D	0,32	0,29	0,36	0,32	0,468	0,416	0,36	0,468
E	0,3	0,26	0,31	0,29	0,403	0,377	0,33	0,429
F	0,28	0,24	0,3	0,28	0,39	0,364	0,32	0,416



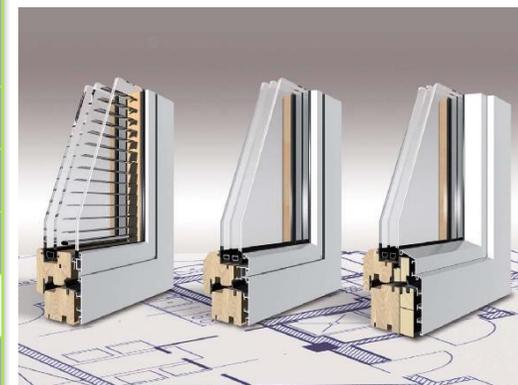
Il DM 26 Giugno 2015

Involucro edilizio

TRASMITTANZA CHIUSURE TECNICHE TRASPARENTI E OPACHE E
DEI CASSONETTI COMPENSIVI DEGLI INFISSI [W/m² K]

VERSO L'ESTERNO, AMBIENTI NON RISCALDATI

ZONA CLIMATICA	EDIFICIO DI RIFERIMENTO		VALORI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA	
	2015	2019/2021	2015	2019/2021
A e B	3,2	3	3,2	3
C	2,4	2,2	2,4	2
D	2	1,8	2,1	1,8
E	1,8	1,4	1,9	1,4
F	1,5	1,1	1,7	1



Fattore di trasmissione solare totale g_{gl+sh}

ZONA CLIMATICA	EDIFICIO DI RIFERIMENTO	
	2015	2019/2021
Tutte	0,35	

Verso gli edifici nZEB

Energia da considerare per il sistema **EDIFICIO/IMPIANTO**
secondo il D.M. 26 Giugno 2015

Prestazione Energetica degli Edifici:

- 📄 Calcolo mensile e uso standard degli Edifici, secondo le UNI/TS 11300 e relative parti e per singolo servizio:
- 📄 Per tutti gli edifici:
 - 📄 Riscaldamento;
 - 📄 **Raffrescamento;**
 - 📄 Ventilazione;
 - 📄 Produzione di ACS.
- 📄 In aggiunta solo per il non residenziale:
 - 📄 Illuminazione;
 - 📄 **Impianti ascensori;**
 - 📄 **Scale mobili e ascensori**

Verso gli edifici nZEB

Maggiore efficienza del sistema **EDIFICIO/IMPIANTO**

EDIFICIO:

- Trasmittanze (superfici scambianti)
- Ponti termici (eliminati o corretti)
- Tenuta aria (o tenuta al vento)

IMPIANTI:

- Ventilazione meccanica controllata
- Produzione energia
- Efficienza regolazione
- Efficienza distribuzione
- Efficienza emissione

Prestazione

Efficienza



Verso gli edifici nZEB

Edifici a energia quasi zero

 Sono «edifici a energia quasi zero» tutti gli edifici, siano essi di nuova costruzione o esistenti, per cui sono contemporaneamente rispettati:

 tutti i requisiti previsti con i valori vigenti dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri edifici;

 gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili nel rispetto dei principi minimi di cui all'Allegato 3, paragrafo 1, lettera c), del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28, ovvero copertura del 50%.



Verso gli edifici nZEB

Cosa sono gli nZEB?



Altrimenti detto:

- Edifici che devono consumare pochissima energia
- La poca energia necessaria deve provenire per buona parte da fonti rinnovabili

Fare efficienza

Verso gli edifici nZEB

Il DM 26 Giugno 2015

Quota in deroga

Descrizione livelli intervento	Prescrizioni / Verifiche di legge limitati ai servizi coinvolti
<p> $S_{int.} > 50\% S_{disp. lorda comp.}$</p> <p> <i>Ristrutturazione impianto termico di risc./raffresc</i></p> <p> <i>Verifica su intero edifici</i></p>	<p>Rispetto dei requisiti pertinenti di cui al capitolo 2, 3 , limitatamente ai servizi coinvolti (impianto/i)</p> <ul style="list-style-type: none">• Nel caso di installazione di impianti a pannelli radianti a pavimento o a soffitto;• Nel caso di intervento di isolamento dall'interno. <p>Le altezze minime dei locali di abitazione previste, possono essere derogate fino ad un massimo di 10 cm.</p> <p>Nei comuni montani sopra i 1000 m.s.l.m. consentita riduzione dell'altezza minima dei locali abitabili a metri 2,5. (!2,55!)</p>

Verso gli edifici nZEB

Il DM 26 Giugno 2015

ENERGIA PRIMARIA TOTALE kWh/m² |_a

Fattori di conversione in energia primaria

Vettore energetico



$$E_{P,gl,tot} = E_{P,gl,nren} + E_{P,gl,ren}$$

$$f_{P,tot} = f_{P,nren} + f_{P,ren}$$

dove:

$f_{P,nren}$: fattore di conversione in energia primaria non rinnovabile

$f_{P,ren}$: fattore di conversione in energia primaria rinnovabile

$f_{P,tot}$: fattore di conversione in energia primaria totale (rinnovabile + non rinnovabile)

Vettore energetico	$f_{P,nren}$	$f_{P,ren}$	$f_{P,tot}$
Gas naturale (valori aggiornati ogni 2 anni su base dati GSE)	1,05	0	1,05
GPL	1,05	0	1,05
Gasolio e olio Combustibile	1,07	0	1,07
Carbone	1,10	0	1,10
Biomasse Solide (come da All. X del Dlgs 3 aprile 2006 n.156)	0,2	0,8	1
Biomasse Liquide e Gassose (come da All. X del Dlgs 3 aprile 2006 n.156)	0,4	0,6	1
Energia elettrica da rete (fonte GSE dati aggiornati ogni 2 anni)	1,95	0,47	2,42
Teleriscaldamento (in assenza di valori dichiarati dal fornitore e asseverati da parte terza)	1,5	0	1,5
Rifiuti solidi urbani	0,2	0,2	0,4
Teleraffrescamento (in assenza di valori dichiarati dal fornitore e ass. da parte terza)	0,5	0	0,5
Energia termica da collettori solari (valori convenzionali)	0	1	1
Energia elettrica prodotta da PV, Mini Eolico e mini-idraulico (valori convenzionali)	0	1	1
Energia termica dall'ambiente esterno - free cooling (valori convenzionali)	0	1	1
Energia termica dall'ambiente esterno - pompa di calore (valori convenzionali)	0	1	1

Rinnovabile!

$$E_{P,gl,nren} = E_{P,H,nren} + E_{P,C,nren} + E_{P,W,nren} + \dots + E_{P,I,nren}$$

$$E_{P,gl,ren} = E_{P,H,ren} + E_{P,C,ren} + E_{P,W,ren} + E_{P,V,ren} + E_{P,I,ren} + E_{P,Inren}$$

Verso gli edifici nZEB

Per l'involucro sappiamo dove occorre agire...

... e per gli **IMPIANTI** ?



Ci possiamo porre la domanda...

... a cosa servono gli IMPIANTI ?

Gli impianti servono a determinare

... il benessere ambientale



Ci possiamo porre un'altra domanda...

**... che cosa è
il benessere ambientale?**

**Quante tipologie di
benessere ambientale esistono?**

Come le possiamo definire?

Tipologie di benessere ambientale

- **Benessere «termico»**
- **Benessere «igrometrico»**
- **Qualità dell'aria**
- **Benessere olfattivo / respiratorio**
- **Benessere «visivo»**
- **Benessere «acustico»**

Ancora una domanda...

... che cosa è il «**benessere termico**»?

Come lo possiamo definire?

Definizione di «benessere termico»

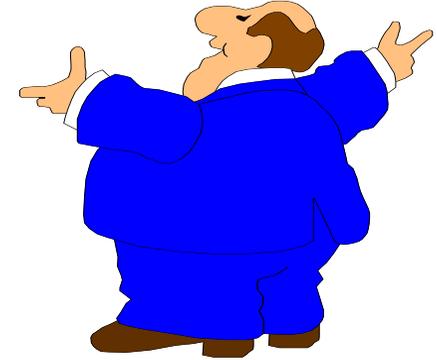
Nella norma UNI-EN- ISO 7730 il «benessere termico» viene definito come

quella **condizione mentale di soddisfazione nei riguardi dell'ambiente termico.**

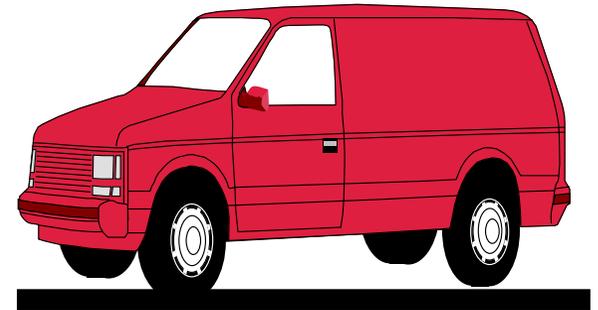


benessere termico

L'uomo è una **macchina termica**.



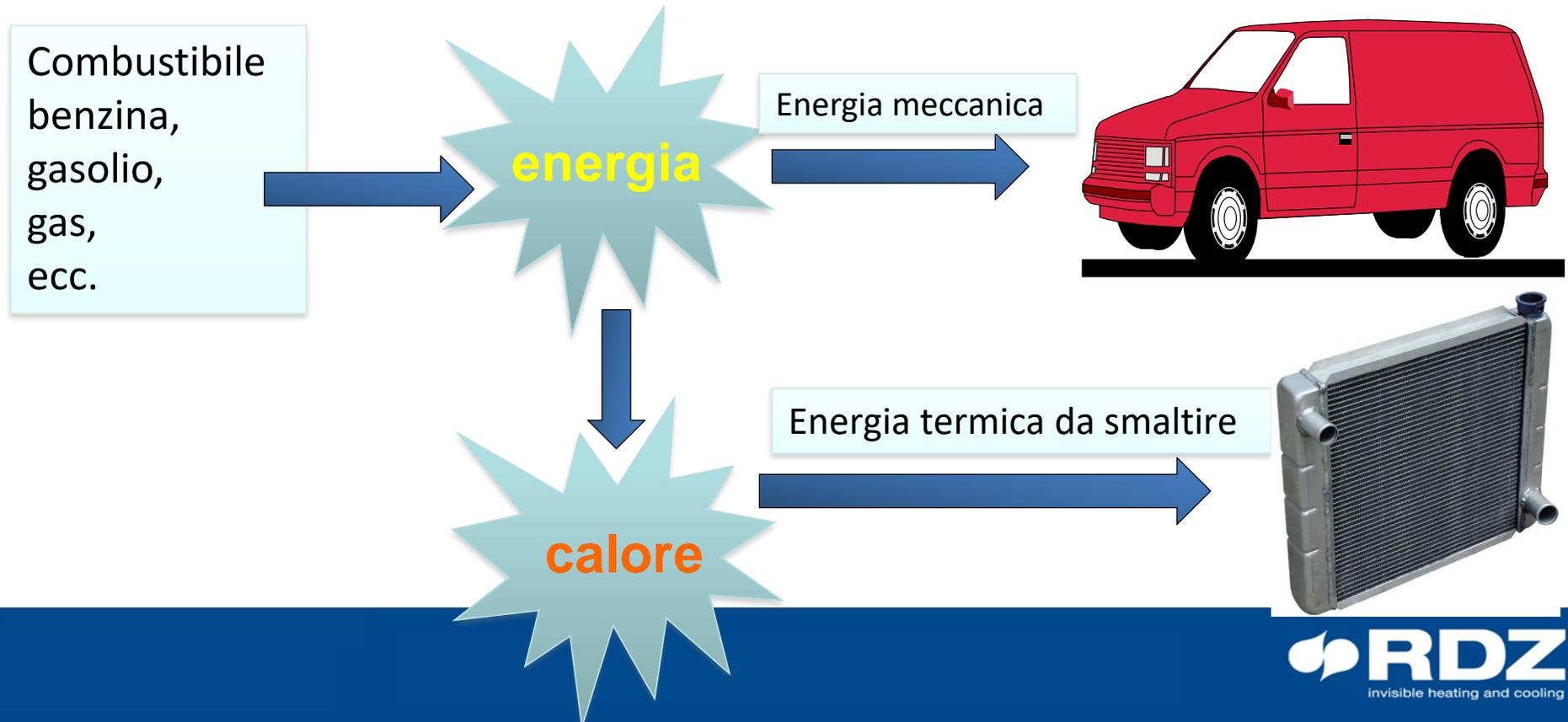
Possiamo vedere delle analogie con altre macchine termiche



Principi scambio termico

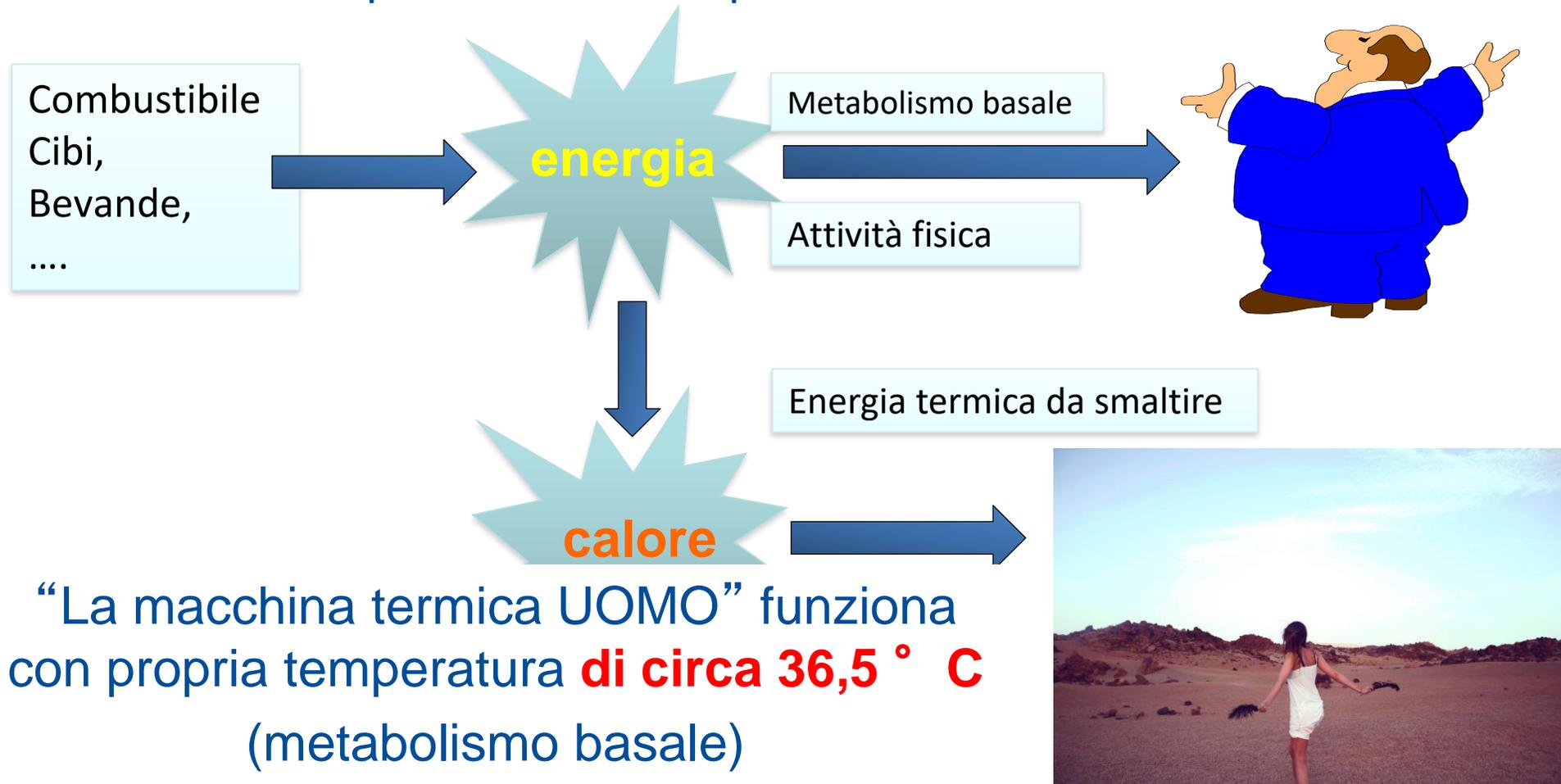
Un motore endotermico trasforma l'energia chimica contenuta nel carburante in:

- **Energia meccanica** (motivo per cui è stato costruito)
- **Energia termica** residuo del processo di trasformazione



Principi scambio termico

Il corpo umano si comporta come un motore



Il «benessere termico»

Calore da smaltire

Il metabolismo

Il ***metabolismo*** è il complesso di processi chimici e fisici che ha luogo nel corpo umano (trasformazione degli alimenti, trasformazione di ossigeno in CO₂, modifica, crescita e rigenerazione delle cellule dell'organismo, funzioni fisiologiche e attività motorie).

Il «benessere termico»

Il metabolismo

Per metabolismo energetico (M) si intende la differenza media, nell'unità di tempo, tra energia somministrata (alimenti, bevande e ossigeno) e l'energia ceduta.

E' distinguibile in 2 parti:

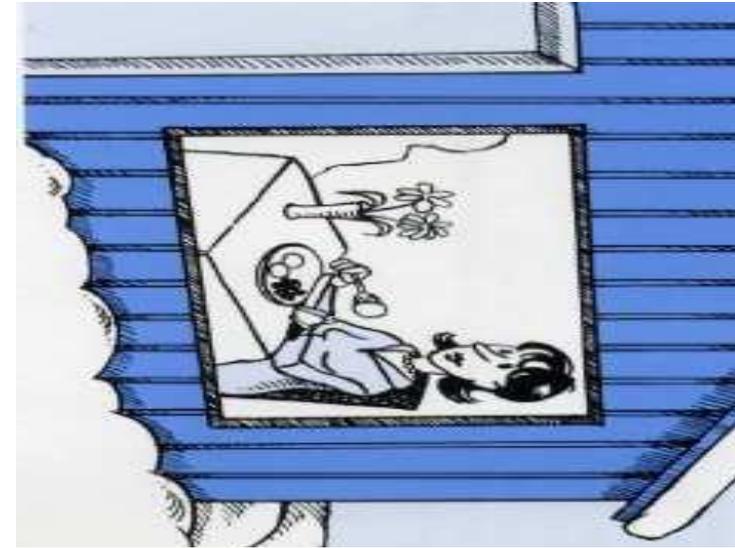
- **Metabolismo energetico basale**, necessario per il funzionamento degli organi vitali, ed è quello misurato in soggetto a riposo fisico e mentale, in condizioni di neutralità termica
- **Metabolismo energetico legato all'attività**, in particolare tendente ad aumentare con l'impegno fisico e mentale.

Il «benessere termico»

L'uomo ha un sistema di termoregolazione molto efficiente che mantiene la temperatura interna del corpo ad un valore di **circa $36,5\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$** .

L'uomo considera un ambiente termicamente confortevole se in esso non avverte nessun tipo di disagio termico. La prima condizione per il comfort è la neutralità termica, ovvero quella particolare situazione in cui una persona non sente né troppo freddo né troppo caldo.

Il «benessere termico»



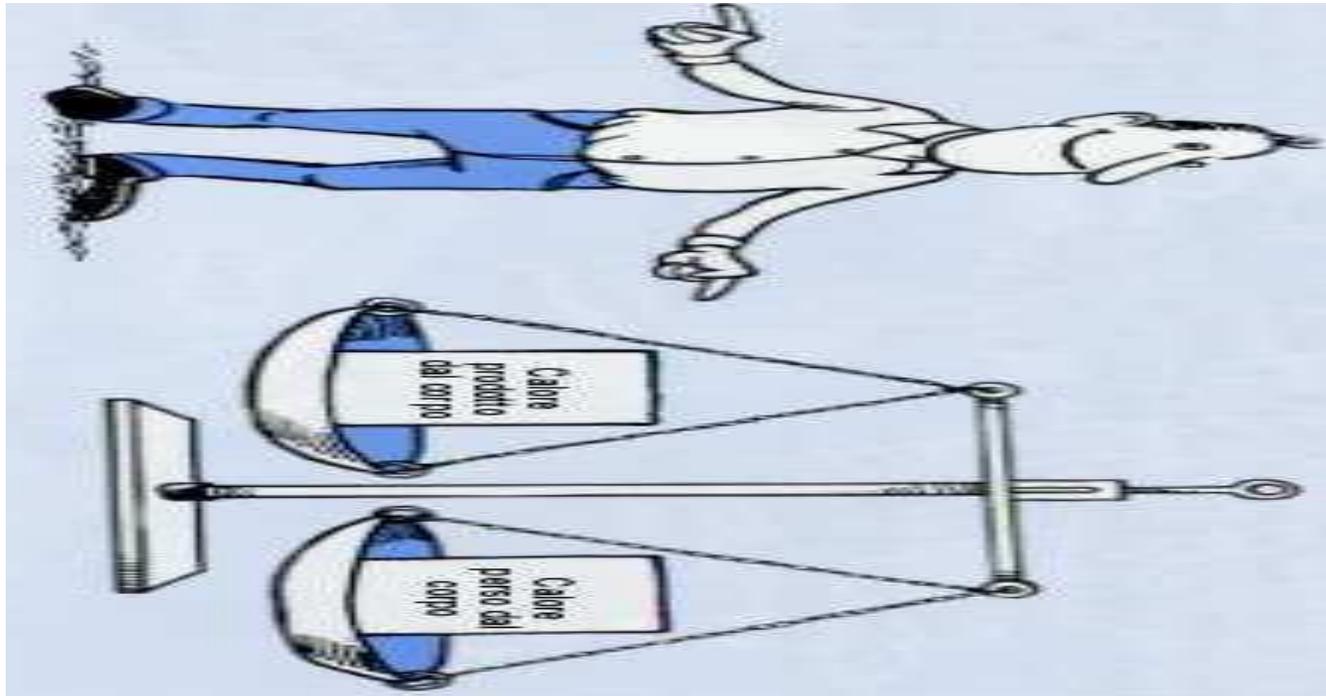
Queste 2 persone sono in **condizioni di equilibrio termico**, anche se poste in ambienti molto diversi.

Il «benessere termico»

Il corpo umano, affinché la sua energia interna e la sua temperatura non cambino, **cede energia all'ambiente circostante**: per convezione con l'aria, per irraggiamento con le superfici circostanti, per evaporazione di acqua (da pelle e polmoni), per conduzione verso oggetti a contatto con il corpo.

Se l'energia ceduta risulta maggiore (minore) del tasso metabolico, la temperatura media del corpo diminuisce (cresce) fino a raggiungere una nuova condizione di regime (o anche il collasso). L'organismo reagisce ad eventuali squilibri innescando complessi meccanismi di termoregolazione (il benessere si ottiene nella condizione in cui l'attività dei meccanismi di termoregolazione è modesta o nulla).

Il «benessere termico»



Il bilancio di energia sul corpo umano deve essere soddisfatto: l'energia metabolica prodotta deve essere uguale alle dispersioni verso l'ambiente.

Il «benessere termico»

I parametri che, influenzando gli scambi termici tra individuo e ambiente, determinano le condizioni di benessere, sono:

- **Temperatura dell'aria ambiente**, che influenza gli scambi termici
- **Temperatura media radiante**, che influenza gli scambi termici
- **Velocità relativa dell'aria**, che influenza il coefficiente di scambio convettivo
- **Umidità dell'aria**, che influenza il coefficiente di scambio evaporativo del corpo

4 parametri ambientali
(parametri oggettivi, che dipendono dall'ambiente)

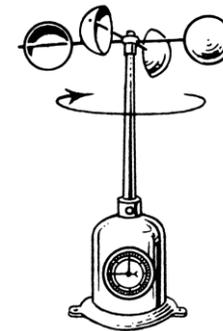
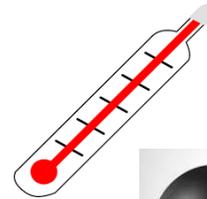
- **Dispendio metabolico** (correlato all'attività svolta)
- **Resistenza termica** (dipendente dalle caratteristiche individuali)

2 parametri individuali
(parametri soggettivi, che dipendono dall'uomo)

Il «benessere termico»

Quando si misurano i parametri termoigrometrici in un ambiente confinato, è importante ricordare che la sensazione termica dell'uomo non dipende dalla temperatura dell'ambiente, ma dalla quantità di energia dispersa verso l'ambiente. I parametri da misurare sono quelli che influenzano il bilancio di energia:

- Temperatura dell'aria
- Temperatura media radiante
- Velocità dell'aria
- Pressione parziale



© Can Stock Photo - csp14059005

Il «benessere termico»

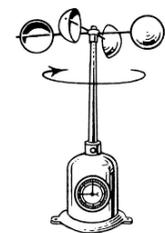
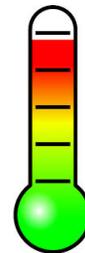
Cosa valutare:

- Il valore dell'energia metabolica (met)
- Il valore della resistenza termica dell'abbigliamento (clo)



Cosa misurare:

- Temperatura dell'aria + temperatura media radiante + velocità dell'aria + umidità



Oppure

- Temperatura operativa + velocità dell'aria + umidità

Il «benessere termico»

Equazione del Comfort

L'equazione del comfort descrive la relazione tra i parametri fisici microclimatici e la sensazione di neutralità termica per una persona "media"

$$S = M_{\text{tot}} - (W) - E_{\text{sk}} - R_{\text{res}} - C - R - C_k$$

- **S** = **variazione di energia interna** del corpo umano nell'unità di tempo [Watt]
- **M_{tot}** = **flusso metabolico** totale [Watt]
- **W** = **potenza meccanica** scambiata tra il corpo e l'ambiente (*attività svolta*) [Watt]
- **E_{sk}** = **potenza termica dispersa per evaporazione** attraverso la pelle (*grado igrometrico dell'aria, temperatura dell'aria, temperatura della pelle, velocità relativa soggetto aria, abbigliamento, percentuale di pelle bagnata dal sudore*) [Watt]
- **R_{res}** = **potenza termica dispersa nella respirazione** costituita da una quota di calore latente e una quota di calore sensibile (*attività svolta, grado igrometrico dell'aria, temperatura dell'aria*) [Watt]
- **C** = **potenza termica scambiata per convezione** (*temperatura della superficie esterna del corpo vestito, temperatura dell'aria, velocità relativa soggetto-aria, coefficiente di abbigliamento*) [Watt]
- **R** = **potenza termica scambiata per irraggiamento** (*temperatura della superficie esterna del corpo vestito, temperatura media radiante, coefficiente di abbigliamento*) [Watt]
- **C_k** = **potenza termica scambiata per conduzione** [Watt]

Il «benessere termico»

Equazione del Comfort

descrive la relazione tra i parametri fisici microclimatici e la sensazione di neutralità termica per una persona “media”

$$S = M_{\text{tot}} - (W) - E_{\text{sk}} - R_{\text{res}} - C - R - C_k$$

Se $S = 0$ → equilibrio termico

I sensori del caldo e del freddo sono inattivi e non trasmettono impulsi al cervello,

Se $S > 0$ → il corpo accumula energia

I sensori del caldo trasmettono impulsi al cervello; inizia la **dilatazione di vasi sanguigni**, aumenta la **temperatura corporea**, inizia la **sudorazione**,...

Se $S < 0$ → il corpo perde energia

I sensori del freddo trasmettono impulsi al cervello; inizia la **vaso-costrizione** di vasi sanguigni, diminuisce la **temperatura corporea**, iniziano i **brividi**,...

Il «benessere termico»

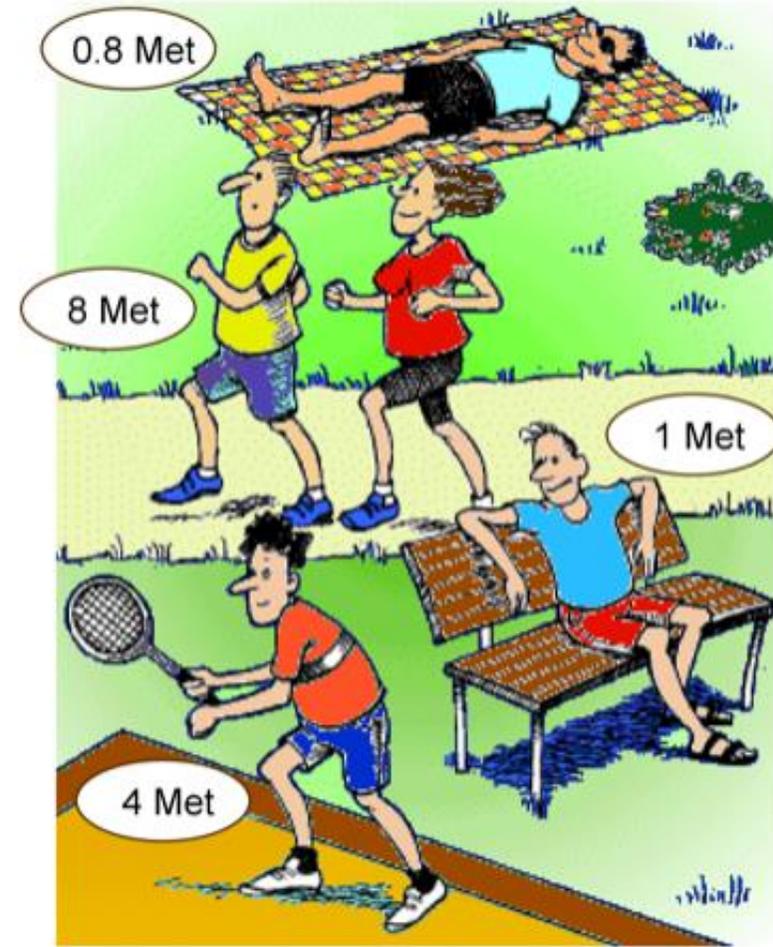
Cosa valutare:

- Il valore dell'energia metabolica (met)
- Il valore della resistenza termica dell'abbigliamento (clo)

Qualche riferimento per l'attività fisica (met)

$$1 \text{ met} = 58,2 \text{ W/m}^2$$

Il nostro metabolismo raggiunge il minimo durante il sonno (**0,8 met**) ed il suo massimo durante attività sportive, dove viene può raggiungere il valore di **10 met**. Nel disegno sono mostrati degli esempi di attività fisica con il corrispondente valore di tasso metabolico. Si vedano successivamente altri valori di tassi metabolici. **Un valore di met comunemente usato è 1,2 che corrisponde al normale lavoro sedentario d'ufficio.** E' interessante vedere come il lavoro domestico sia relativamente faticoso, con valori di met tra 2,5 e 2,9.



Il «benessere termico»

Qualche riferimento per l'attività fisica (met)

1 met = 58,2 W/m²

Attività	Energia metabolica [W/m ²]	met
Disteso a riposo	46	0,8 met
Seduto rilassato	58	1 met
Attività sedentaria (ufficio scuola laboratorio)	70	1,2 met
Lavoro domestico	100	1,7 met
Stare in piedi (commesso)	116	2 met
Insegnamento	95	1,6 met
Camminare piano (5 m/h)	200	3,4 met
Sport (pattinaggio)	360	6,2
Sport, corsa (15 km/h)	550	9,5 met

Il «benessere termico»

Cosa valutare:

- Il valore dell'energia metabolica (met)
- Il valore della resistenza termica dell'abbigliamento (clo)

Qualche riferimento per abbigliamento (clo)

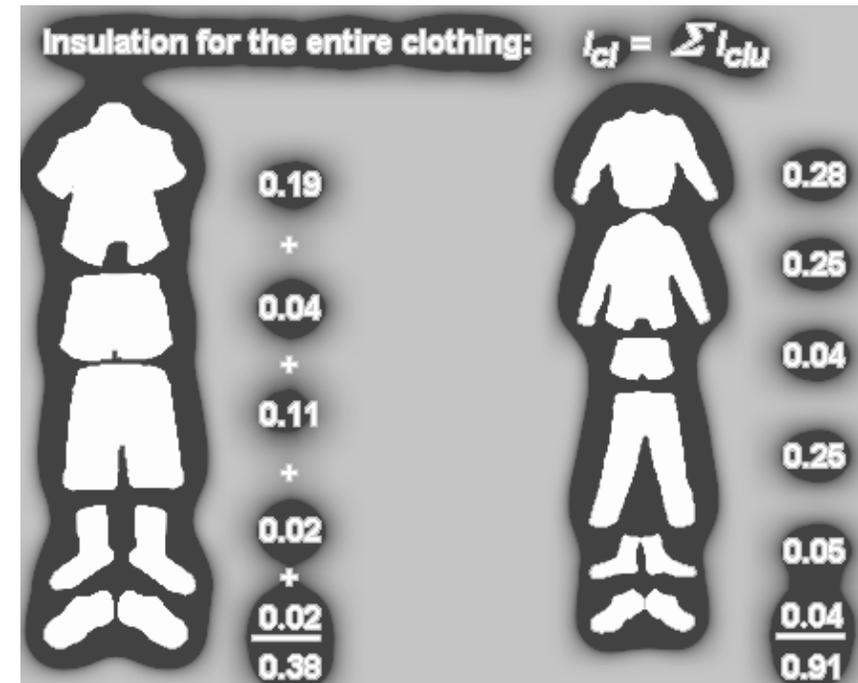
$$1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}$$

L'abbigliamento riduce la dispersione di energia dal corpo umano e pertanto è classificato in funzione del livello di isolamento termico fornito. L'unità di misura solitamente usata per la resistenza termica dell'abbigliamento è il «clo», (1clo= 0,155 m² K / W).

La scala dei «clo» prevede che una persona nuda abbia un valore di 0,0 «clo», mentre un abbigliamento maschile da ufficio abbia un valore pari a 1,0 «clo».

Il valore **totale** della resistenza termica dell'abbigliamento può essere calcolato facendo una semplice addizione dei valori di resistenza termica dei singoli capi di vestiario.

Si vedano di seguito degli esempi di capi di abbigliamento con il corrispondente valore di resistenza termica.



Il «benessere termico»

Qualche riferimento per abbigliamento (clo)

$$1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}$$

Indumento	Resistenza termica [m ² K / W/]	clo
Calze	0,003	0,02 clo
Boxer	0,006	0,04 clo
T-Shirt	0,014	0,09 clo
Maglietta manica lunga	0,019	0,12 clo
Camicia manica lunga	0,039	0,25 clo
Camicia flanella manica lunga	0,047	0,30 clo
Pantaloni corti	0,009	0,06 clo
Pantaloni normali	0,039	0,25 clo
Tuta da lavoro	0,078	0,5 clo
Camicia normale manica lunga	0,039	0,25 clo
Maglione leggero	0,031	0,2 clo
Maglione pesante	0,054	0,35 clo
Giacca leggera estiva	0,039	0,25 clo
Giacca normale	0,054	0,35 clo

Il «benessere termico»

Qualche riferimento per abbigliamento (clo)

$$1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}$$

Indumento	Resistenza termica [m ² K / W/]	clo
Camice da laboratorio	0,047	0,30 clo
Cappotto	0,093	0,60 clo
Calzini	0,003	0,02 clo
Scarpe suola sottile	0,003	0,02 clo
Scarpe suola spessa	0,006	0,04 clo
Stivali	0,016	0,10 clo
Guanti	0,008	0,05 clo
Minigonna	0,016	0,1 clo
Gonna leggera	0,028	0,18 clo
Gonna invernale	0,039	0,25 clo
Abito leggero senza maniche	0,039	0,25 clo
Abito invernale manica lunga	0,062	0,40 clo
Pigiama manica lunga	0,078	0,50 clo
Sedia di legno o metallo	0,0	0,0 clo
Sedia rivestita con cuscino	0,016	0,1 clo
Poltrona	0,032	0,2 clo

Il «benessere termico»

Qualche riferimento per abbigliamento (clo)

$$1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}$$

Il fattore di abbigliamento totale si ottiene sommando i singoli valori di tutti i capi di abbigliamento



Indumento	Resistenza termica [m ² K / W/]	clo
Camice da laboratorio	0,047	
Cappotto	0,093	
Calzini	0,003	0,02 clo
Scarpe suola sottile	0,003	0,02 clo
Scarpe su		
Stivali		
Guanti		
Minigonn		
Gonna le		
Gonna in		
Abito leg		
Abito inv		
Pigiama r		
Sedia di l		
Sedia rive		
Poltrona		

Il «benessere termico»

Esempio di calcolo «clo»

Inverno

Uomo

Indumento	clo
Boxer	0.04
Canotta	0.06
camicia	0.25
maglione	0.28
Pantaloni	0.25
Calzini	0.05
Scarpe	0.04
Totale	0.97

Donna

Indumento	clo
Slip	0.03
Calze	0.03
Reggiseno	0.01
maglietta	0.06
Gonna	0.25
Camicia	0.25
maglione	0.28
Stivali	0.1
Calzini	0.03
Totale	1.04

Il «benessere termico»

Esempio di calcolo «clo»

Inverno

Uomo

Indumento	clo
Boxer	0.04
Canotta	0.06
camicia	0.25
Giacca	0.35
Pantaloni	0.25
Calzini	0.05
scarpe	0.04
Totale	1.00

Donna

Indumento	clo
Slip	0.03
Calze	0.03
Reggiseno	0.01
maglietta	0.06
Camicia	0.25
pantaloni	0.25
giacca	0.35
scarpe	0.04
Calzini	0.03
Totale	1.05

Il «benessere termico»

Esempio di calcolo «clo» Estate

Uomo

Indumento	clo
Slip	0.04
Canotta	0.06
camicia	0.25
Pantaloni	0.2
Calzini	0.02
scarpe	0.02
Totale	0.56

Donna

Indumento	clo
Slip	0.03
Calze	0.03
Reggiseno	0.01
Camicia	0.25
gonna	0.18
Calzini	0.1
scarpe	0.02
Totale	0.62

Il «benessere termico»

Si è visto che il comfort è la **combinazione di tanti valori**, tutti misurabili.

Ma **non esiste una unità di misura** che li possa riassumere. Come è possibile misurare il comfort?

Con l'introduzione dei parametri PMV e PPD.

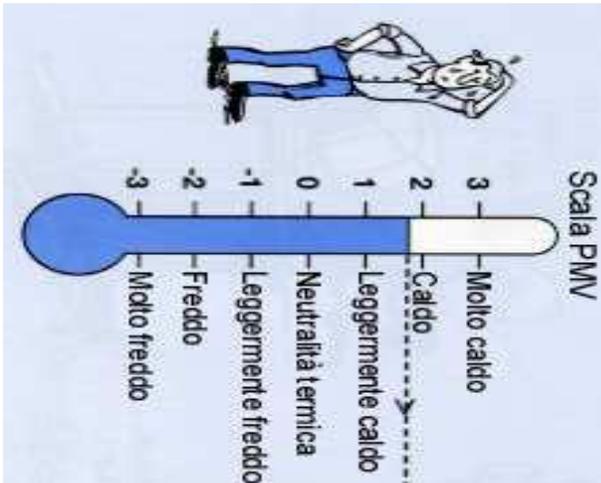
Cosa sono questi indici?

PMV = Predicted Mean Vote = voto medio previsto

PPD = Predicted Percentage of Dissatisfied = percentuale prevista di insoddisfatti

Il «benessere termico»

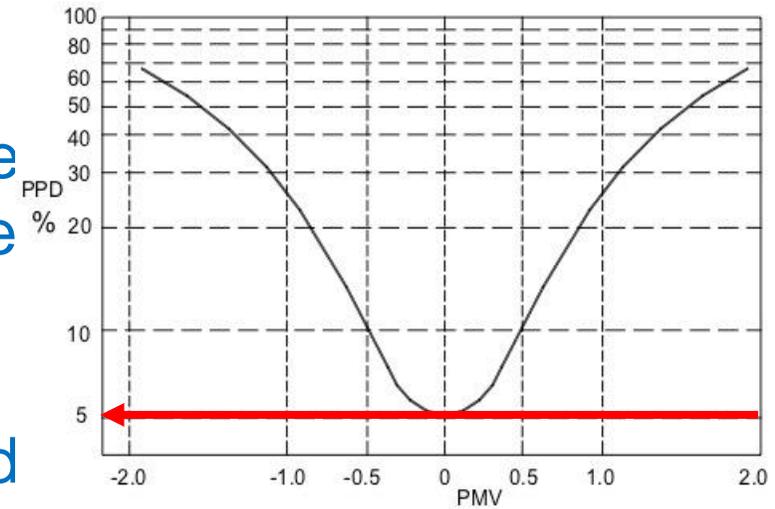
I valori di PMV e PPD sono stati ricavati per via sperimentale, su un vasto campione di persone; successivamente i risultati sono stati elaborati e modellati in relazioni matematiche.



Il PMV rappresenta la **sensazione termica** su una scala di 7 valori: si passa da -3 (molto freddo) a +3 (molto caldo). Lo 0 (zero) rappresenta la neutralità termica.

Il «benessere termico»

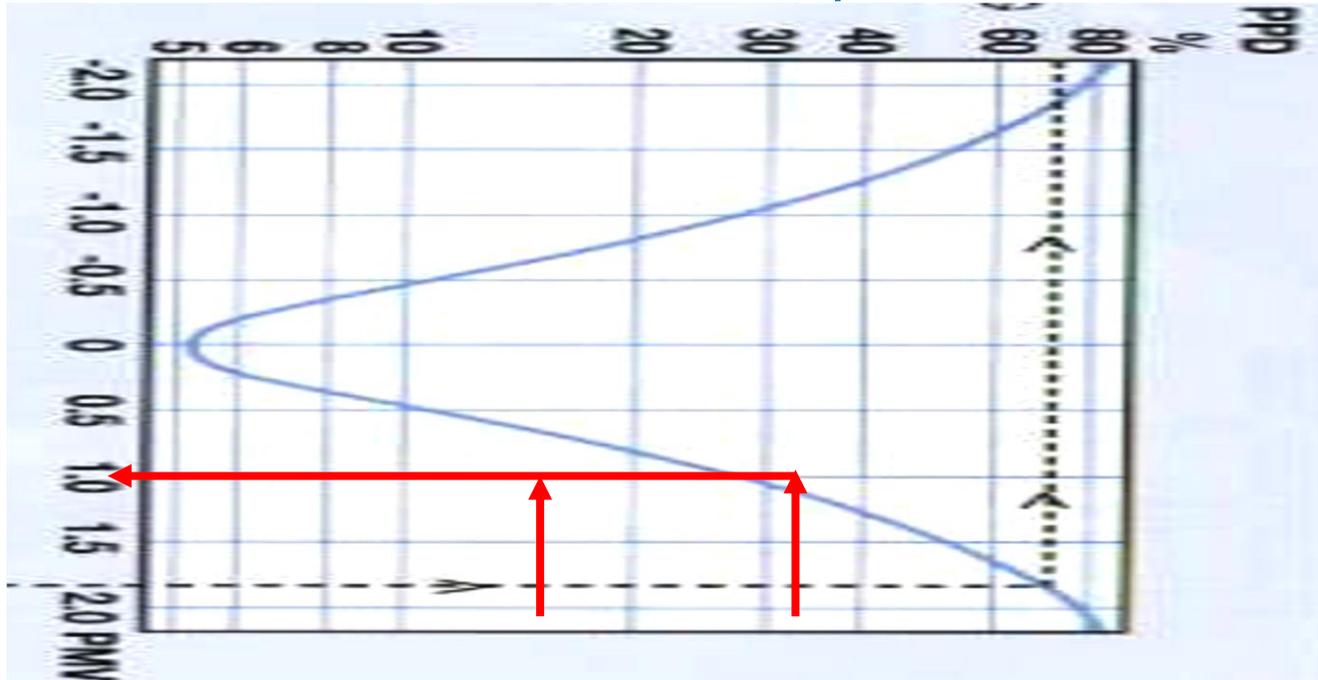
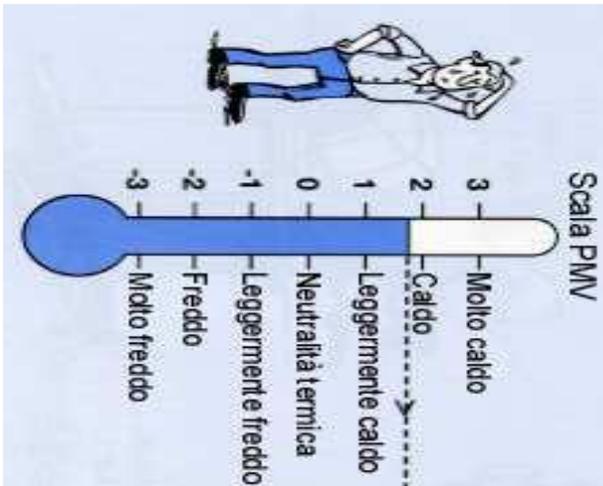
Anche quando il PMV è pari a 0 (zero) ci sarà **qualcuno che è insoddisfatto** della sensazione termica. Nello stesso ambiente con persone vestite in modo simile e che hanno lo stesso livello di attività **la valutazione del comfort sarà sempre soggettiva** e potrà differire da individuo ad individuo.



L'indagine statistica mostra che **non è possibile scendere al di sotto del 5% di persone insoddisfatte.**

Il «benessere termico»

La Norma **ISO 77330** riporta le formule matematiche per calcolare gli indici **PMV** e **PPD**.



Si noti che per voti da **-0,5 a + 0,5** si ottiene una percentuale di insoddisfatti del **10%**.

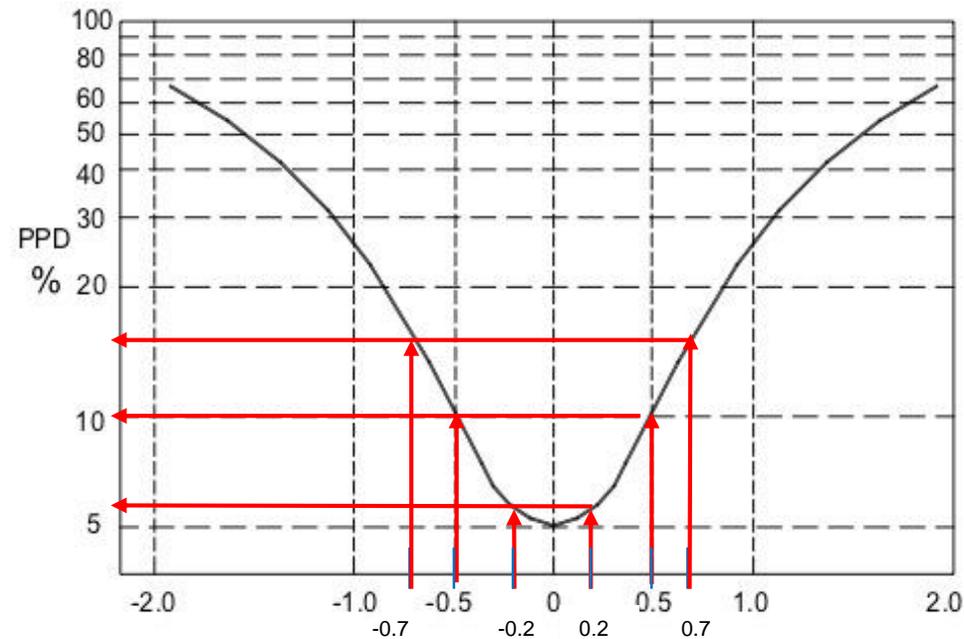
Il «benessere termico»

Nella Norma si definiscono
3 livelli di comfort

Comfort di classe A: per
PMV $-0,2$ a $+0,2$ (PPD: 6%)

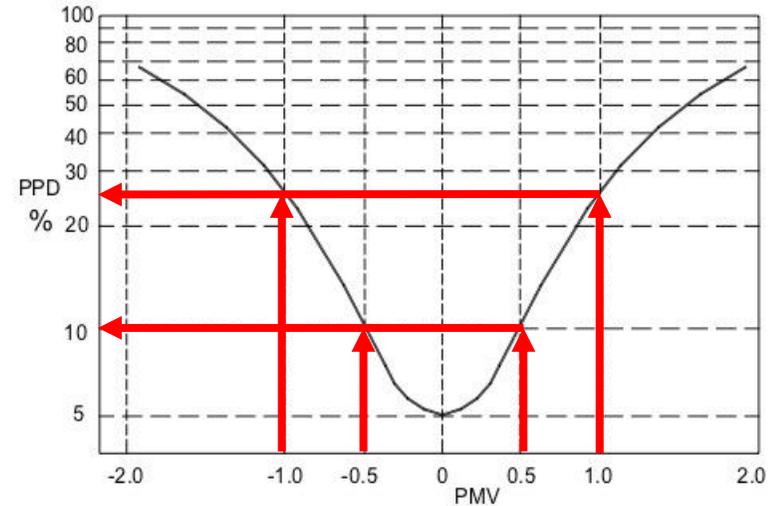
Comfort di classe B: per
PMV $-0,5$ a $+0,5$ (PPD: 10%)

Comfort di classe C: per
PMV $-0,7$ a $+0,7$ (PPD: 15%)



Il «benessere termico»

Il comfort di riferimento è quello che ottiene un voto da $-0,5$ a $+0,5$, quindi con il 10% di insoddisfatti (PPD).



Un ambiente con PMV da -1 a $+1$ si definisce «termicamente moderato» (con il 25% di insoddisfatti).

Il «benessere termico»

Tipi di ambiente termico

Ambiente «termicamente moderato».



Ambiente «severo caldo».



Ambiente «severo freddo».



Il «benessere termico»

Tipi di ambiente termico

Ambiente «termicamente moderato».



Gli ambienti moderati sono quelli che richiedono un moderato intervento del sistema di termoregolazione umano.

Sono caratterizzati da:

- Condizioni ambientali omogenee con ridotta variabilità nel tempo,
- Assenza di grandi scambi termici localizzati fra soggetto e ambiente,
- Attività fisica modesta,
- Sostanziale uniformità del vestiario indossato dai diversi operatori.

Il «benessere termico»

Valori di riferimento per un ambiente termicamente moderato

Attività metabolica: ~ 1 met. Abbigliamento: ~ 1 clo.

Regime **INVERNALE**:

$T_{\text{aria}} = 19.0 \div 24.0 \text{ } ^\circ\text{C}$

$\text{U.R.} = 30\% \div 70\%$

$\text{Velocità}_{\text{aria}} = 0.05 \div 0.20 \text{ m/s}$

$T_{\text{media radiante}} = 24 \div 18 \text{ } ^\circ\text{C}$



Il «benessere termico»

Valori di riferimento per un ambiente termicamente moderato

Attività metabolica: ~ 1 met. Abbigliamento: ~ 0.6 clo.

Regime **ESTIVO**:

$T_{\text{aria}} = 23.0 \div 26.5 \text{ } ^\circ\text{C}$

$\text{U.R.} = 30\% \div 60\%$

$\text{Velocità}_{\text{aria}} = 0.15 \div 0.25 \text{ m/s}$

$T_{\text{media radiante}} = 27 \div 22 \text{ } ^\circ\text{C}$

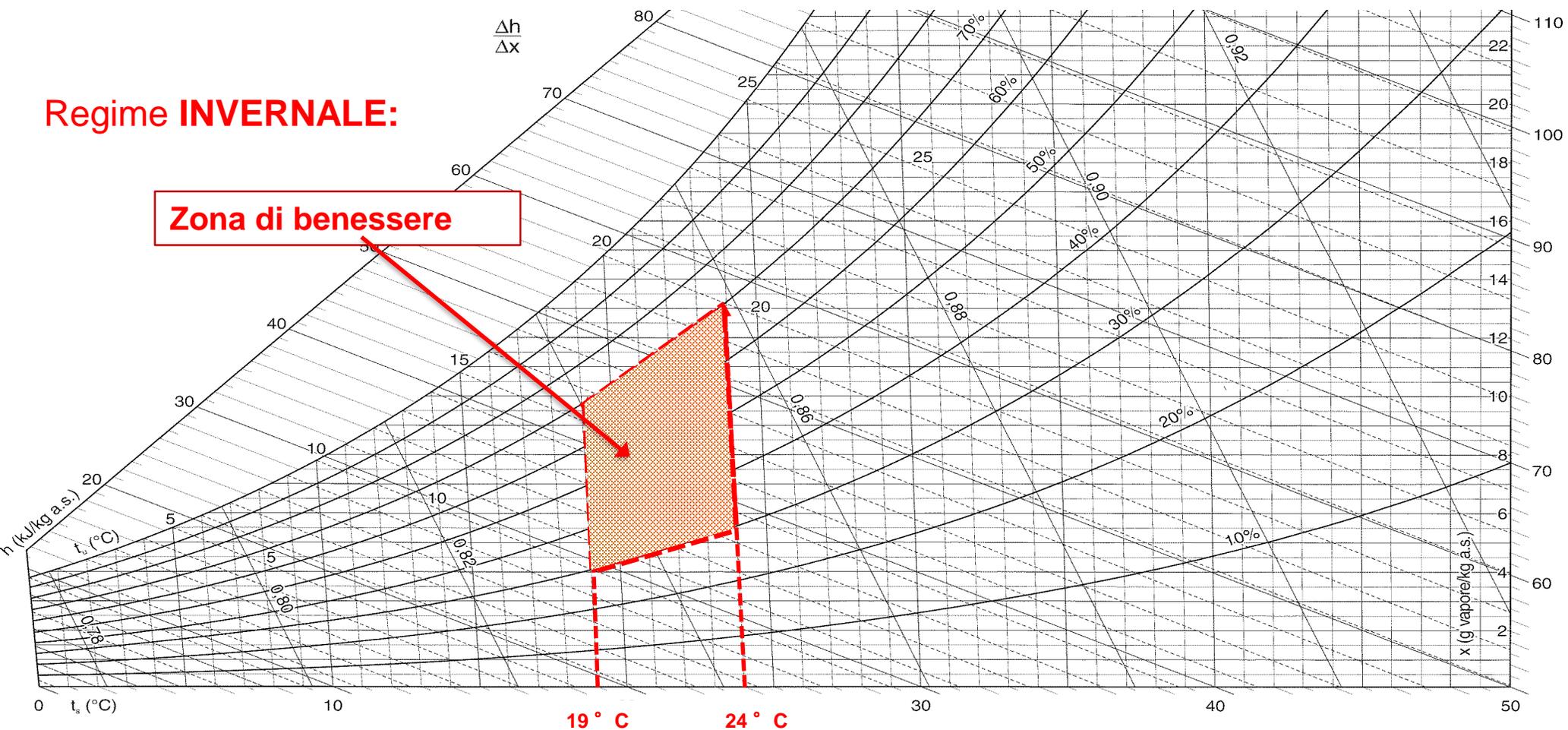


Il «benessere termico»

Rappresentazione delle condizioni di comfort sul diagramma dell'aria umida

Regime **INVERNALE**:

Zona di benessere

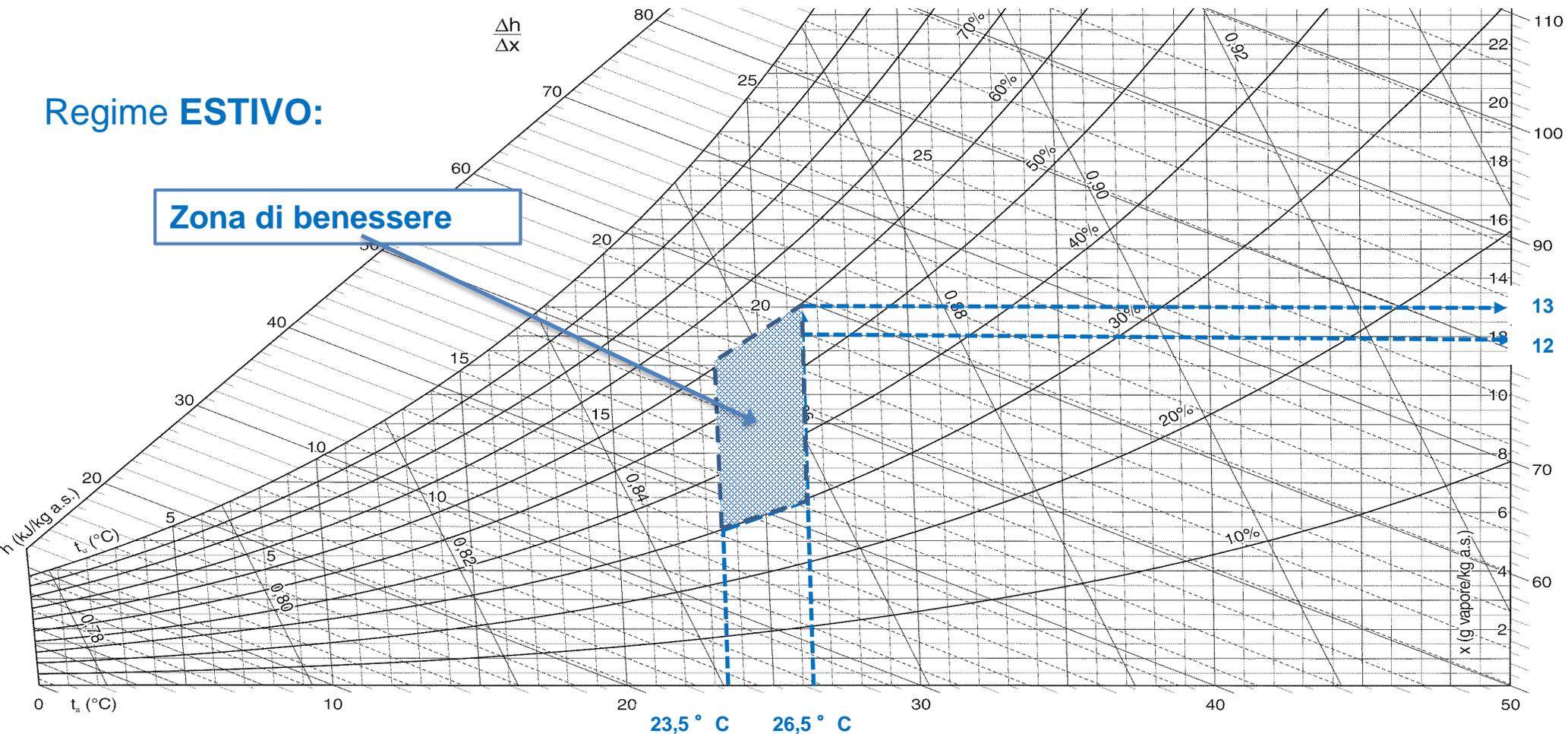


Il «benessere termico»

Rappresentazione delle condizioni di comfort sul diagramma dell'aria umida

Regime ESTIVO:

Zona di benessere



Il «benessere termico»

Ambiente ben coibentato

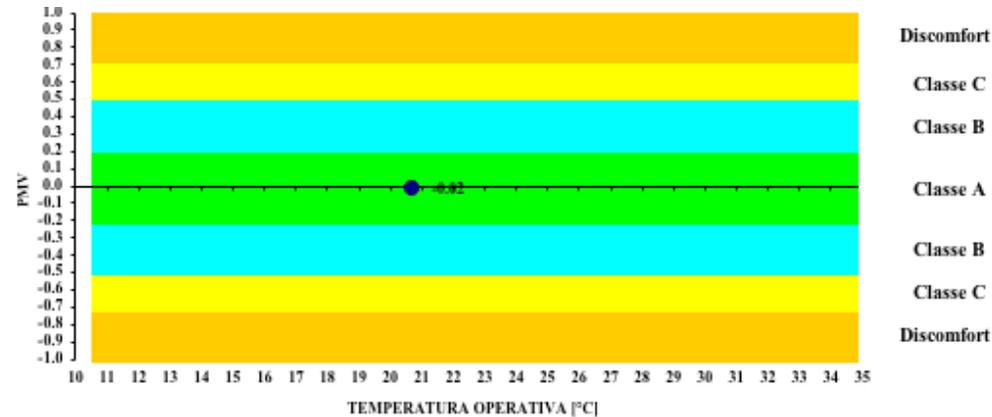
Influenza della temperatura media radiante

Situazione: Uomo. Inverno, ufficio con giacca. Abbigliamento: 1,21 clo. Attività 1,20 met. Velocità aria: 0,15 m/sec.

Temperatura media radiante (riscaldamento con radiatori): 19,3 °C

TEMPERATURA ARIA	22.0 °C	<input type="text"/>
UMIDITA' RELATIVA	40 %	<input type="text"/>
Temperatura radiante diversa da Temperatura dell'aria		
TEMPERATURA RADIANTE	19.3 °C	<input type="text"/>
VELOCITA' ARIA	0.15 m/s	<input type="text"/>
RESISTENZA ABBIGLIAMENTO	1.21 clo	<input type="text"/>
	0.188 (m ² K)/W	<input type="text"/>
<input type="button" value="Scegli abbigliamento"/>		
TEMPERATURA OPERATIVA	20.7 °C	
TEMP. SUPERFICIALE Td	25.2 °C	

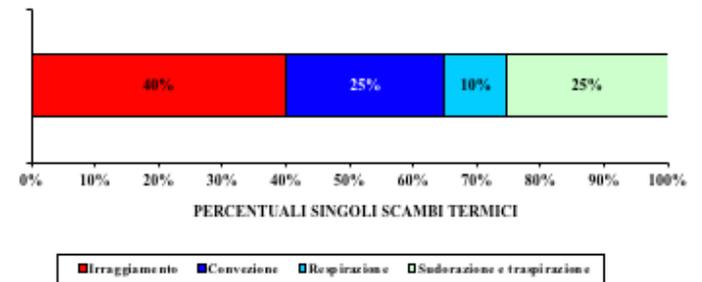
PMV	-0.02	CLASSE A
PPD	5.01	Sensazione di BENESSERE



METABOLISMO	1.20 met	<input type="text"/>
	69.8 W/m ²	
SEDUTO attività ufficio		

<input type="button" value="VAI CURVE SENSIBILITA'"/>	<input type="button" value="INDIETRO"/>
---	---

SCAMBIO CALORE TOTALE	70.1	W/m ²
Irraggiamento	28.1	W/m ²
Convezione	17.5	W/m ²
Respirazione	6.9	W/m ²
Sudorazione e Traspirazione	17.7	W/m ²
Cessione di calore eccessiva per	0.3	W/m ²



Per ottenere un PMV ≈ 0 la temperatura dell'aria deve essere di 22 °C

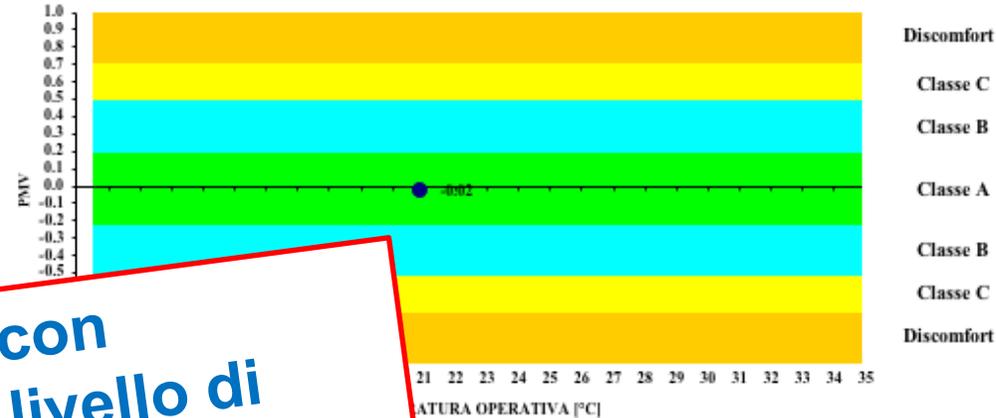
Il «benessere termico»

Ambiente ben coibentato

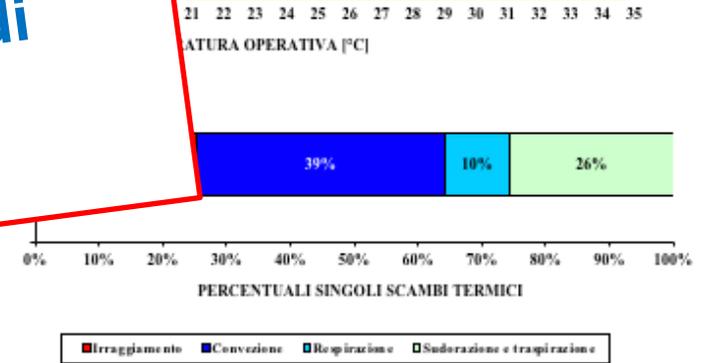
Influenza della temperatura media radiante

Situazione: Uomo. Inverno, ufficio con giacca. Abbigliamento: 1,21 clo. Attività 1,20 met. Velocità aria: 0,15 m/sec.
Temperatura media radiante (riscaldamento con pavimento radiante): **21,6 °C**

TEMPERATURA ARIA	20.3 °C	<input type="text"/>
UMIDITA' RELATIVA	40%	<input type="text"/>
Temperatura radiante diversa da Temperatura dell'aria		
TEMPERATURA RADIANTE	21.6 °C	<input type="text"/>
VELOCITA' ARIA	0.15 m/s	<input type="text"/>
RESISTENZA ABBIGLIAMENTO	1.21 clo	<input type="text"/>
	0.188 (m ² K)/W	<input type="text"/>
Scegli abbigliamento		
TEMPERATURA OPERATIVA	20.9 °C	
TEMP. SUPERFICIALE Td	25.3 °C	



Ambiente ben coibentato: con l'impianto radiante stesso livello di comfort con temperatura dell'aria inferiore di 1,7 °C!



Per ottenere un PMV \approx 0 la temperatura dell'aria deve essere di **20,3 °C**

Il «benessere termico»

Ambiente mediamente coibentato

Influenza della temperatura media radiante

Situazione: Uomo. Inverno, ufficio con giacca. Abbigliamento: 1,21 clo. Attività 1,20 met. Velocità aria: 0,15 m/sec.

Temperatura media radiante (riscaldamento con radiatori): 18,7 °C

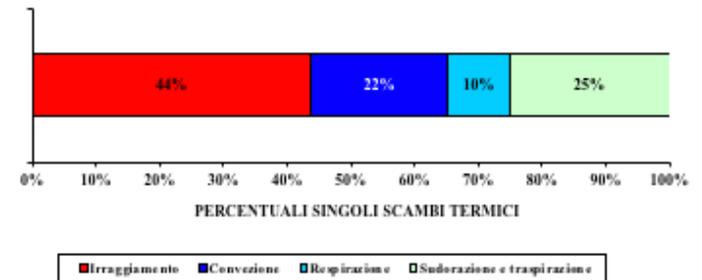
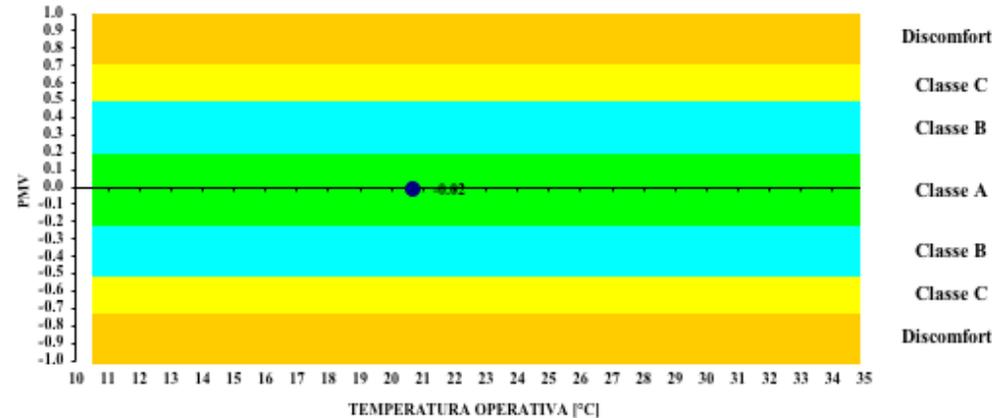
TEMPERATURA ARIA	22.4 °C	<input type="text"/>
UMIDITA' RELATIVA	40%	<input type="text"/>
Temperatura radiante diversa da Temperatura dell'aria		
TEMPERATURA RADIANTE	18.7 °C	<input type="text"/>
VELOCITA' ARIA	0.15 m/s	<input type="text"/>
RESISTENZA ABBIGLIAMENTO	1.21 clo	<input type="text"/>
	0.188 (m ² K)/W	<input type="text"/>
		Scegli abbigliamento
TEMPERATURA OPERATIVA	20.7 °C	
TEMP. SUPERFICIALE Td	25.1 °C	

PMV -0.02 CLASSE A

PPD 5.01 Sensazione di BENESSERE

METABOLISMO	1.20 met	<input type="text"/>
	69.8 W/m ²	
SEDUTO attività ufficio		

SCAMBIO CALORE TOTALE	70.2	W/m ²
Irraggiamento	30.7	W/m ²
Convezione	15.1	W/m ²
Respirazione	6.8	W/m ²
Sudorazione e Traspirazione	17.6	W/m ²
Cessione di calore eccessiva per	0.4	W/m ²



Per ottenere un PMV \approx 0 la temperatura dell'aria deve essere di 22,4 °C

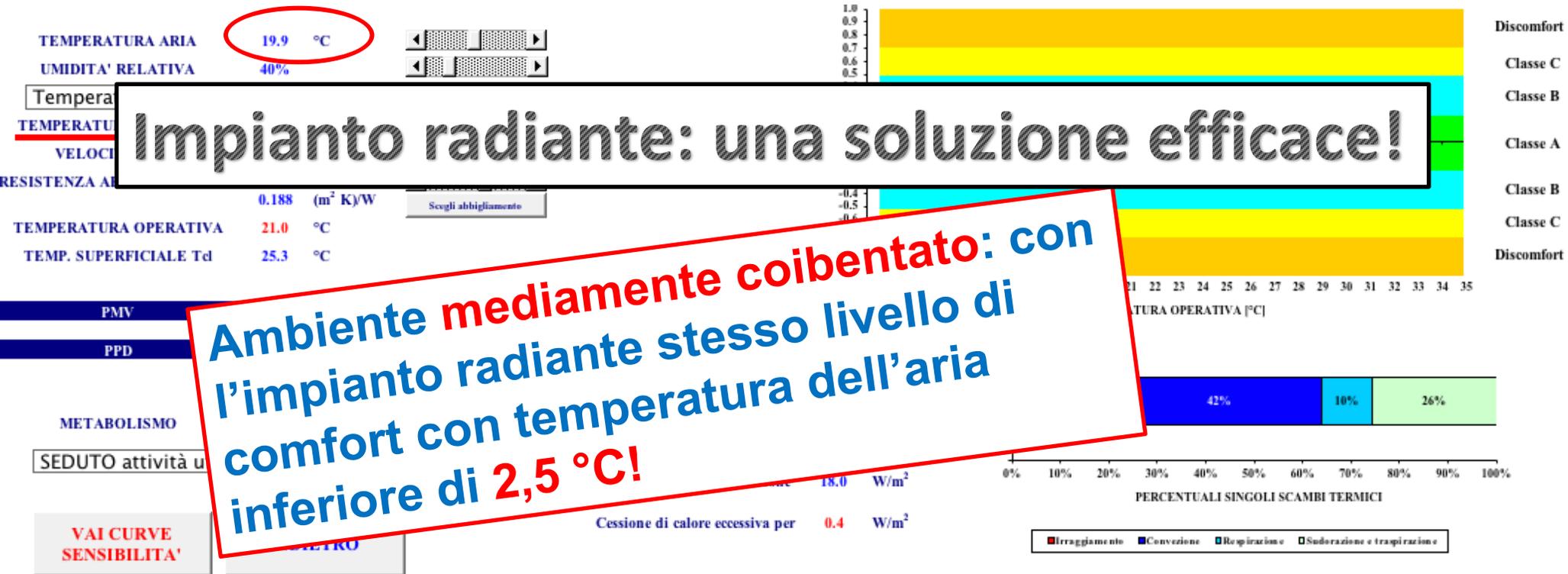
Il «benessere termico»

Ambiente mediamente coibentato

Influenza della temperatura media radiante

Situazione: Uomo. Inverno, ufficio con giacca. Abbigliamento: 1,21 clo. Attività 1,20 met. Velocità aria: 0,15 m/sec.

Temperatura media radiante (riscaldamento con pavimento radiante): **22,2 °C**



Per ottenere un PMV ≈ 0 la temperatura dell'aria deve essere di **19,9 °C**

Il «benessere termico»

Cause locali di malessere

Sinora si è parlato del benessere termico dell'individuo rispetto all'ambiente nel suo complesso. Negli ambienti reali, in realtà, esistono anche “cause locali di discomfort”, che devono essere considerate.

- **Elevata differenza verticale di temperatura**
- **Pavimento troppo caldo o troppo freddo**
- **Correnti d'aria**
- **Velocità dell'aria**
- **Elevata asimmetria della temperatura radiante**



Il «benessere termico»

Cause locali di malessere

- Elevata differenza verticale di temperatura dell'aria

Esperimenti con persone in stato di neutralità termica dimostrano che **3°C** di differenza nella temperatura dell'aria tra la testa ed i piedi determinano **una percentuale di insoddisfatti pari al 5%**.

3°C è diventato il livello di accettabilità nella UNI-EN-ISO 7730 per una persona seduta che svolge un'attività sedentaria.

La **differenza verticale della temperatura dell'aria** viene espressa come la **differenza tra la temperatura dell'aria a livello della caviglia e la temperatura dell'aria a livello del collo.**

Impianto radiante: una soluzione efficace!

Il «benessere termico»

Cause locali di malessere

- Pavimento troppo caldo o troppo freddo

Il discomfort locale ai piedi, dovuto al contatto diretto con il pavimento, può essere spesso determinato da una temperatura di quest'ultimo troppo alta o troppo bassa.

La norma UNI/EN/ISO 7730 fissa i livelli di comfort per una attività sedentaria in corrispondenza di una percentuale di insoddisfatti pari al 10%, il che porta a considerare accettabile una temperatura del pavimento variabile tra 19°C e 29°C.

Impianto radiante: una soluzione efficace!

Il «benessere termico»

Cause locali di malessere

- Correnti d'aria

L'uomo non riesce a sentire la velocità dell'aria, così quello di cui si lamenta sono indesiderati raffreddamenti locali del corpo. Le persone sono più sensibili alle correnti d'aria sulle parti scoperte del corpo: infatti le correnti d'aria sono percepite sul viso, sulle mani e sulla parte inferiore delle gambe.

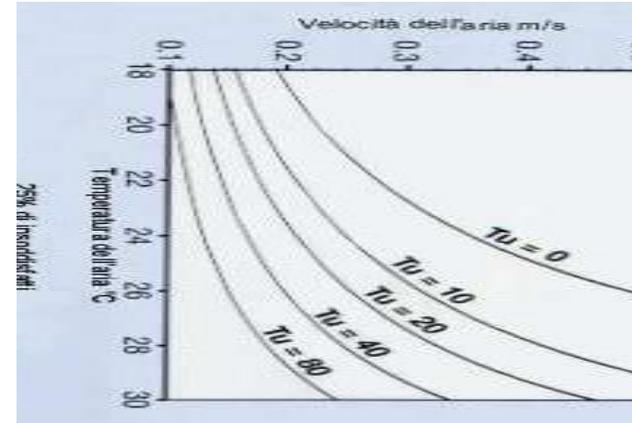
Il discomfort, grazie al funzionamento dei sensori del freddo localizzati nella pelle, dipende non solo dal flusso termico locale, ma anche dalla fluttuazione della temperatura della pelle. Un flusso d'aria caratterizzato da elevata turbolenza è molto più fastidioso di uno a bassa turbolenza, a parità di scambio di energia. La relazione che lega il tipo di fluttuazione al livello di discomfort è conosciuta.

Il «benessere termico»

Cause locali di malessere

- Correnti d'aria

La percentuale di persone che si prevede possano essere insoddisfatte a causa di una corrente d'aria, può essere calcolata con un'equazione matematica.



Impianto radiante: una soluzione efficace!

L'equazione del rischio da corrente d'aria (DR = Draft Risk, rischio da corrente d'aria) si trova nella Norma UNI EN ISO 7730.

L'equazione viene applicata su persone che svolgono principalmente attività sedentarie, con una sensazione termica vicina a quella di neutralità.

Il «benessere termico»

Cause locali di malessere

- Velocità dell'aria

In ogni ambiente l'aria circola con velocità non costanti all'interno dell'intera zona. Il movimento dell'aria può iniziare ad essere percepito quando ha una velocità pari o superiore a 0,3 m/sec.



Impianto radiante: una soluzione efficace!

In **regime estivo**, un movimento d'aria entro 0,5 m/sec non è fastidioso (consigliato max 0,25 m/sec); in **regime invernale**, anche la minima percezione di corrente (aria con velocità di 0,3 m/sec) può essere fastidiosa (consigliato max 0,15 m/sec).

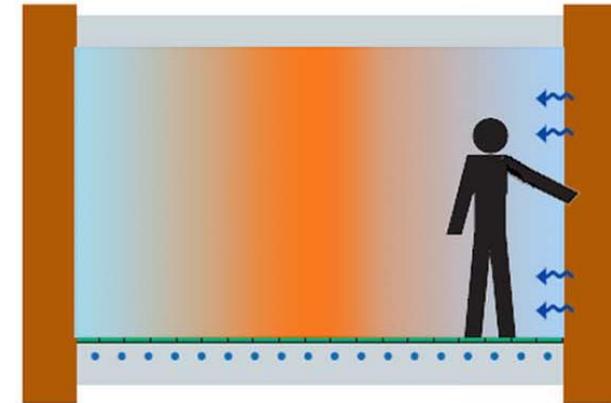
Il «benessere termico»

Cause locali di malessere

- Asimmetria della temperatura radiante

Ci si immagina in piedi di fronte ad un falò ardente in un giorno di freddo: dopo un po' di tempo si sentirà la parte posteriore del corpo fastidiosamente fredda. Non è il caso di mettersi più vicini al fuoco, perché sarebbe troppo caldo.

Questo è un esempio di quanto una radiazione termica non uniforme possa essere causa di una sensazione di discomfort per il corpo.

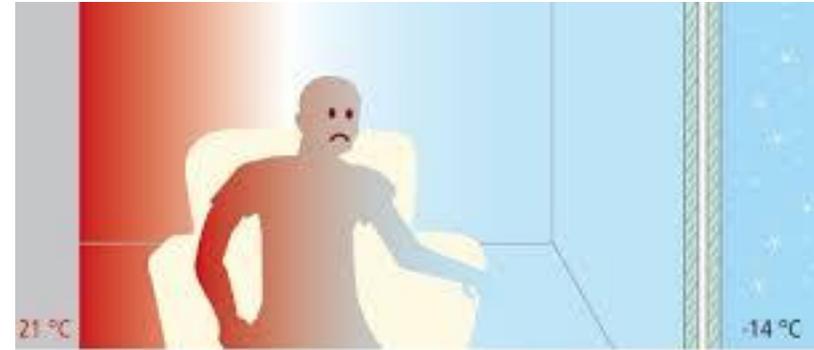
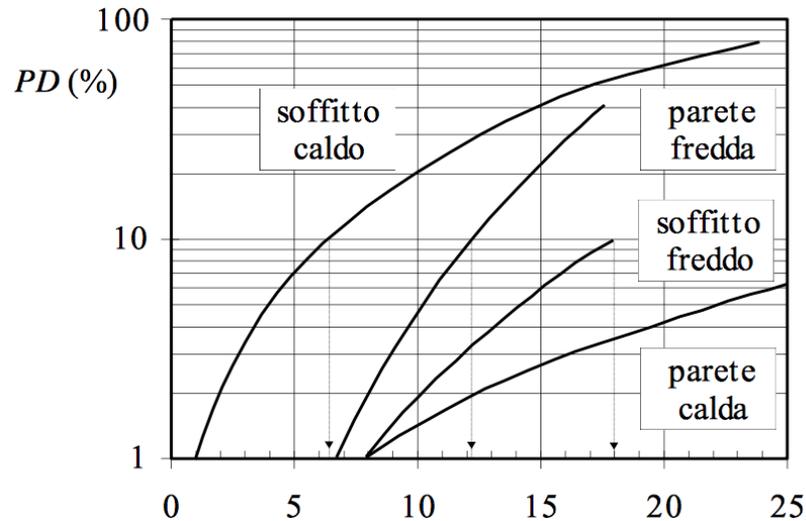


Per rappresentare la disuniformità del campo radiante viene usata la grandezza «**asimmetria media radiante**». Il valore dell'asimmetria di temperatura radiante (Δt_{pr}) viene definita come la differenza tra la temperatura piana radiante (t_{pr}) delle due facce opposte di un elementino piano.

Il «benessere termico»

Cause locali di malessere

- Asimmetria della temperatura radiante



La differenza di temperatura piana radiante può risultare elevata in presenza di un camino o di ampie superfici vetrate. In questi casi possono verificarsi situazioni di discomfort localizzato.

Si hanno percentuali di insoddisfatti, PD_{rad} , molto diverse a seconda del tipo di situazione in cui ci si trova.

Il «benessere termico»

Raccomandazioni

Per la verifica delle condizioni di comfort termico in ambiente lavorativo, per attività sedentarie, la UNI EN ISO 7730 fornisce questi requisiti



Impianto radiante: una soluzione efficace!

- $-0.5 < PMV < +0.5$
- $DR < 15\%$ al collo e alla caviglia
- Le differenze verticali della temperatura dell'aria livello caviglia-livello testa $< 3\text{ }^{\circ}\text{C}$
- L'asimmetria della temperatura radiante da finestre fredde $< 10\text{ }^{\circ}\text{C}$
- L'asimmetria della temperatura radiante dal soffitto caldo deve essere minore di $6\text{ }^{\circ}\text{C}$
- La temperatura superficiale del pavimento deve essere compresa tra i $19\text{ }^{\circ}\text{C}$ ed i $29\text{ }^{\circ}\text{C}$
- L'umidità relativa deve essere compresa tra il 30% ed il 70%.

Il «benessere termico»

Conclusioni

Il termine **comfort** esprime temi variegati e complessi. Ma un attento studio dimostra che è possibile definirlo, prevederlo, calcolarlo. I valori sono noti ed è possibile operare per ottenerli.



Impianto radiante: una soluzione efficace!

L'impianto radiante agisce come l'artefice per "creare il comfort".

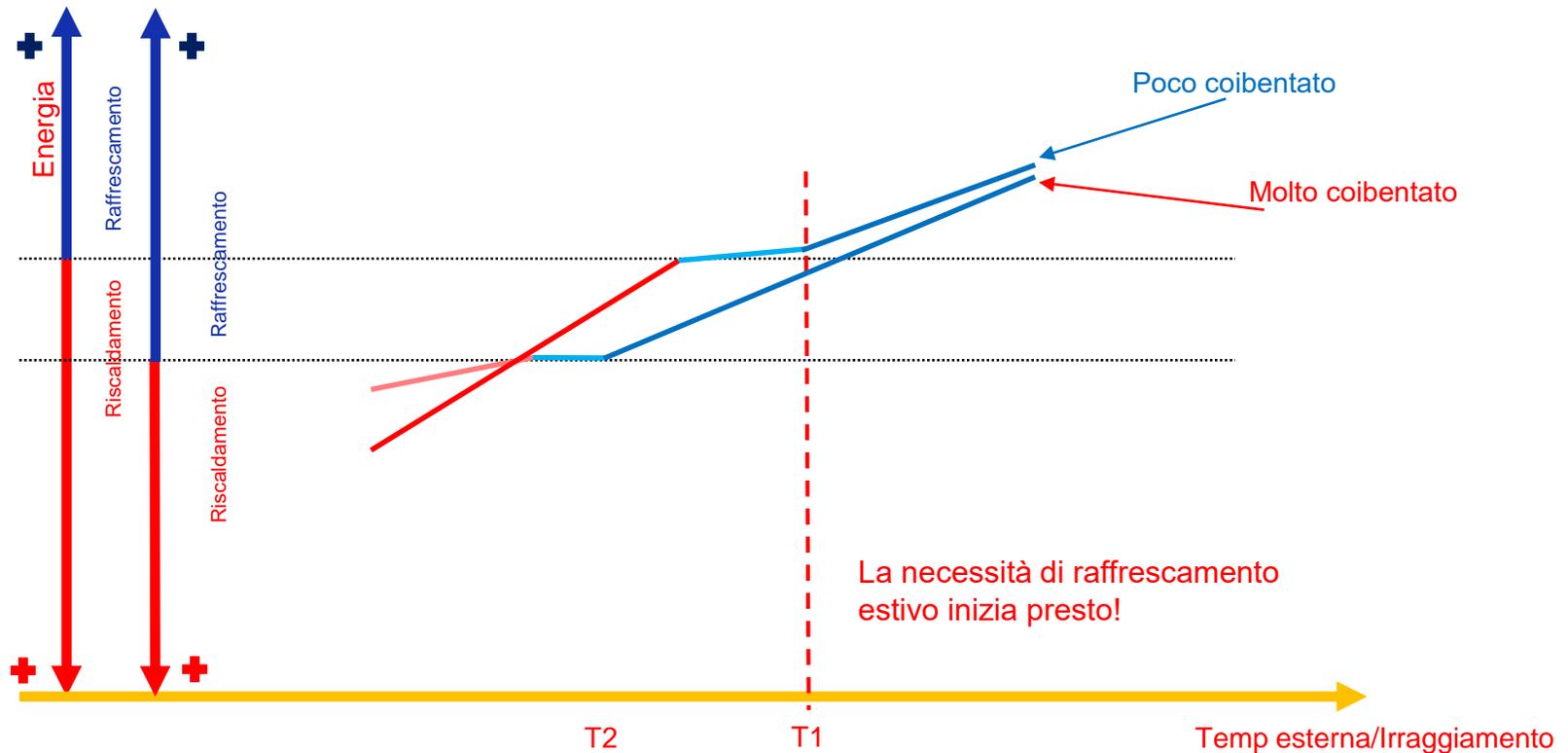
Verso gli edifici nZEB

Cosa cambia?



Verso gli edifici nZEB

Una considerazione: aumentare la coibentazione riduce il fabbisogno di riscaldamento invernale, ma spesso NON comporta benefici per la climatizzazione estiva; potrebbe peggiorare la situazione in estate.



Verso gli edifici nZEB

Altra considerazione: come influisce il calore endogeno.

Edificio POCO coibentato: inverno				
Potenza termica [W/m ²]	N. Persone/m ²	Calore/persona [W]	Calore endogeno [W/m ²]	Apporto endogeno [in %]
100	0,15	70	10,5	10,5%

↑ Apporti gratuiti!

Edificio MOLTO coibentato: inverno				
Potenza termica [W/m ²]	N. Persone/m ²	Calore/persona [W]	Calore endogeno [W/m ²]	Apporto endogeno [in %]
30	0,15	70	10,5	35,0%

Apporti gratuiti; desiderati?

A carico parziale 50% l'apporto delle persone diventa il 70% del carico!!

Ritrovo con amici: si provoca surriscaldamento! **Discomfort!!**

Verso gli edifici nZEB

Altra considerazione: quelli che in inverno erano chiamati **apporti gratuiti** in estate sono **CARICO TERMICO** estivo.

Conclusione: molto isolamento =  Necessità di raffrescamento
 Inverno più breve
 Estate più lunga
 Energia estate > Energia inverno!

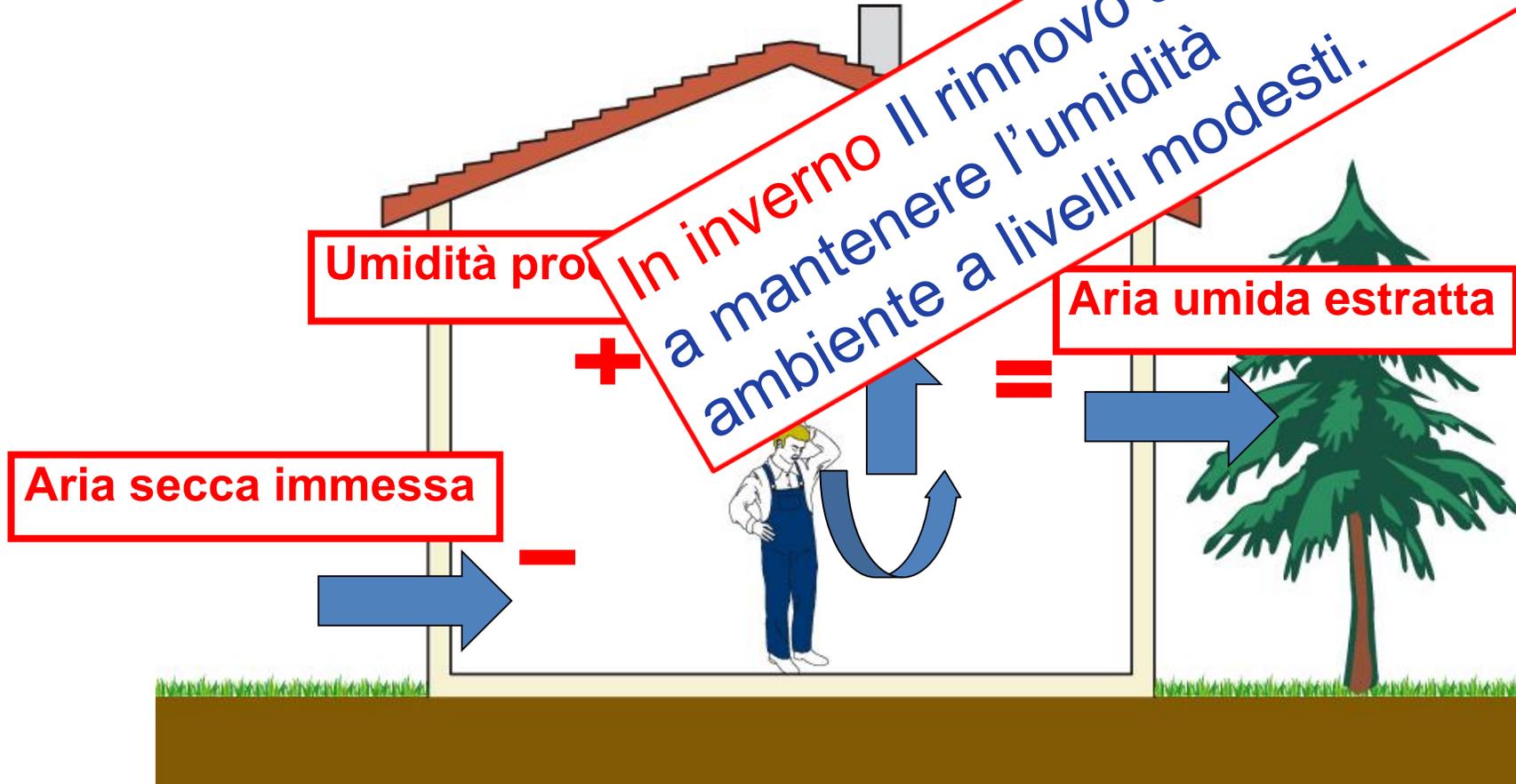
E' necessario focalizzarci maggiormente sull'estate.

Attenzione alle rientrate di calore! Il calore da irraggiamento (non da trasmissione), e il calore endogeno sono la maggior parte del carico estivo!

Verso gli edifici nZEB

E l'umidità?

Il bilancio igrometrico ambiente **in inverno**



Verso gli edifici nZEB

E l'umidità?

Il bilancio igrometrico ambiente **in estate**



Verso gli edifici nZEB

Dati climatici rilevati da ARPAV a Padova nel 2016

Giorno	GIUGNO 2016			LUGLIO 2016			AGOSTO 2016		
	Temperatura	Umidità %	Umidità g/kg	Temperatura	Umidità %	Umidità g/kg	Temperatura	Umidità %	Umidità g/kg
1	23.4	50	9	29.7	53	13.9	27.1	49	11
2	22.6	66	11.4	29.6	61	16	28.7	38	8.5
3	23.2	63	11.2	28.5	61	15	31.2	48	13.7
4	22.2	72	12.1	26.4	46	9.9	32.0	46	13.8
5	24.3	63	12	30.2	46	12.4	25.2	58	11.7
6	27	51	11.4	30.4	49	13.4	28.8	38	9.4
7	28.6	42	10.3	28.5	51	12.5	29.4	33	8.4
8	27.2	56	12.7	29.7	46	12	30.6	37	10.2
9	20.8	75	11.6	31.7	54	16	31.7	42	12.3
10	24.1	60	11.3	32.1	49	14.8	23.7	51	9.3
11	25.5	60	12.3	32.3	50	15.3	24.3	38	7.2
12	22.1	65	10.8	32.6	43	13.3	24.5	47	9
13	25.7	51	10.6	31.9	33	9.8	27.7	44	10.2
14	20.7	73	11.2	26.5	30	6.5	30.6	39	10.7
15	25.8	42	8.7	24.3	38	7.2	31.6	41	12
16	25.8	63	13.2	26.6	33	7.2	30.8	45	12.6
17	26.3	36	7.7	29.9	31	8.2	29.4	49	12.6
18	25.9	41	8.6	30.8	48	13.4	27.2	55	12.5
19	23.5	53	9.6	31	40	11.3	27.7	61	14.3
20	26.6	42	9.1	30.6	47	13	29	62	15.7
21	27.3	46	10.5	29.8	46	12.1	28.2	64	15.5
22	31.1	43	12.2	30.5	49	13.5	27.7	32	7.4
23	33	45	14.3	27.5	54	12.5	28.1	36	8.5
24	33.9	46	15.8	28.7	46	11.4	28.3	45	10.9
25	33.8	51	17	32.6	39	12	28.2	45	10.8
26	29.8	52	13.7	32.8	42	13.1	28.7	41	10.1
27	28	54	12.8	31.9	43	12.8	>>	>>	
28	28.5	35	8.5	27.7	53	12.4	>>	>>	
29	28.6	41	10	30.7	52	14.5	30.6	50	13.8
30	30.4	43	11.7	31.9	52	15.5	28.6	46	11.3
31				30	52	13.9	27.9	39	9.2
Minima	20.7	35.0	7.7	24.3	30.0	6.5	23.7	32.0	7.2
Massima	33.9	75.0	17.0	32.8	61.0	16.0	32.0	64.0	15.7
Media	26.5	52.7	11.4	29.9	46.4	12.4	28.5	45.5	11.1

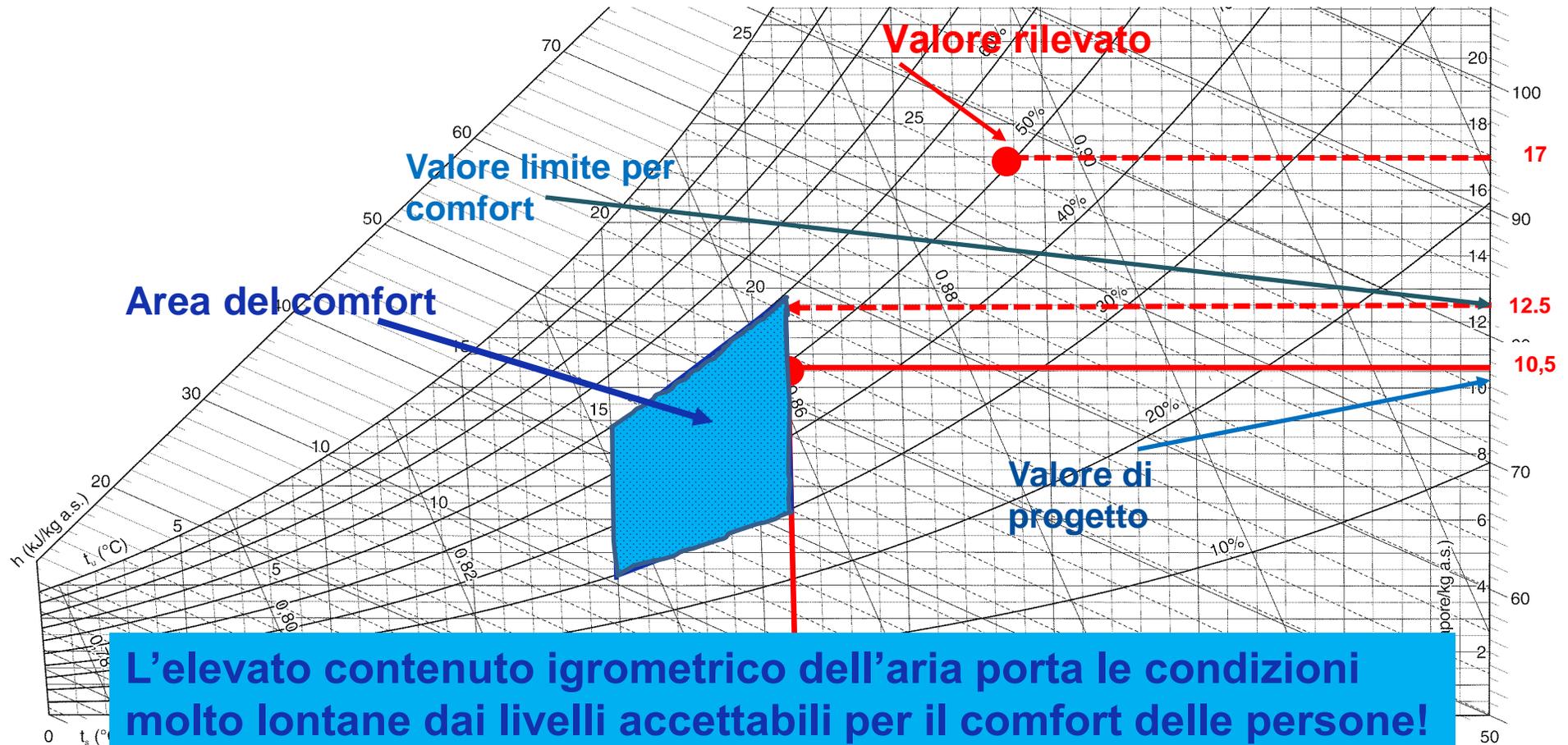
Verso gli edifici nZEB

Dati climatici rilevati da ARPAV a Padova nel 2016

Giorno	GIUGNO 2016			LUGLIO 2016			AGOSTO 2016		
	Temperatura	Umidità %	Umidità g/kg	Temperatura	Umidità %	Umidità g/kg	Temperatura	Umidità %	Umidità g/kg
1	23.4	50	9	29.7	53	13.9	27.1	49	11
2	22.6	66	11.4	29.6	61	16	28.7	38	8.5
3	23.2	63	11.2	28.5	61	15	31.2	48	13.7
4	22.2	72	12.1	26.4	46	9.9	32.0	46	13.8
5	24.3	63	12	30.2	46	12.4	25.3	58	11.7
6	27	51	11.4	30.4	49	13.4	28.8	38	9.4
7	28.6	42	10.3	28.5	51	12.5	29.4	33	8.4
8	27.2	56	12.7	29.7	46	12	30.6	37	10.2
9	20.8	75	11.6	31.7	54	16	31.7	42	12.3
10	24.1	60	11.3	32.1	49	14.8	23.7	51	9.3
11	25.5	60	12.3	32.3	50	15.3	24.3	38	7.2
12	22.1	65	10.8	32.6	43	13.3	24.5	47	9
13	25.7	51	10.6	31.9	33	9.8	27.7	44	10.2
14	20.7	73	11.2	26.5	30	6.5	30.6	39	10.7
15	25.8	42	8.7	24.3	38	7.2	31.6	41	12
16	25.8	63	13.2	26.6	33	7.2	30.8	45	12.6
17	26.3	36	7.7	29.9	31	8.2	29.4	49	12.6
18	25.9	41	8.6	30.8	48	13.4	27.2	55	12.5
19	23.5	53	9.6	31	40	11.3	27.7	61	14.3
20	26.6	42	9.1	30.6	47	13	29	62	15.7
21	27.3	46	10.5	29.8	46	12.1	28.2	64	15.5
22	31.1	43	12.2	30.5	49	13.5	27.7	32	7.4
23	33	45	14.3	27.5	54	12.5	28.1	36	8.5
24	33.9	46	15.8	28.7	46	11.4	28.3	45	10.9
25	33.8	51	17	32.6	39	12	28.2	45	10.8
26	29.8	52	13.7	32.8	42	13.1	28.7	41	10.1

Verso gli edifici nZEB

E l'umidità?



L'elevato contenuto igrometrico dell'aria porta le condizioni molto lontane dai livelli accettabili per il comfort delle persone!

La ventilazione meccanica controllata



La ventilazione

Cos' è?

Perché è necessaria?

Perché ora è diventata così importante?

Come si affronta?

La ventilazione

Cos' è?

La ventilazione

UNI EN 12792 - (estratti)

39	air type	designation of the air moving through a ventilation, air conditioning or air treatment installation as a function of its location relative to the installation, e.g. outdoor air, exhaust air, extract air, etc.
40	air velocity	rate of motion of air in a given direction measured as distance per unit time
41	airing	natural ventilation by window opening
265	natural ventilation	ventilation through leakage paths (infiltration) and openings (ventilation) in the building which relies on pressure differences without the aid of powered air movement components: <ul style="list-style-type: none">– airing;– shaft ventilation;– cross ventilation
387	velocity, relative air	air velocity relative to an occupant
388	vent	opening in the building intended for ventilation
389	ventilation	designed supply and removal of air to and from a treated space
390	ventilation effectiveness concentration	Measure of the relationship between the pollutant concentration in the exhaust and the pollutant concentration in the specified zone.

Ventilazione: richiede una progettazione

La ventilazione

			
	<p>Apertura dei serramenti</p>	<p>Ventilazione naturale</p>	<p>V.M.C.</p>
<p>IAQ</p>	<p>Rinnovo dipendente dall'utenza</p>	<p>Rinnovo dipendente dalle condizioni climatiche</p>	<p>Rinnovo controllato</p>
<p>Consumi energetici</p>	<p>Equivalenti a 1 vol/h (ma anche più)</p>	<p>Aleatori Equivalenti a 0,8-2 vol/h</p>	<p>controllati</p>
<p>Comfort</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Rumori esterni • Correnti d'aria 	<ul style="list-style-type: none"> • Rumori esterni • Correnti d'aria 	<ul style="list-style-type: none"> • Isolamento garantito • Diffusione garantita

La ventilazione

Perché è necessaria?

La ventilazione

Perché è necessaria?

Gli impianti tecnologici si pongono l'obiettivo di creare **ambienti confortevoli**. Si deve dunque parlare anche di “**qualità indoor**”

Tre tematiche generali

1. Per ragioni di salubrità
2. Per preservare i materiali costituenti gli edifici
3. Per consumare meno energia

La ventilazione

Conseguenze di una ventilazione inadeguata



Discomfort



Problemi di igiene



Degrado dell' edificio

La ventilazione

Conseguenze di una ventilazione inadeguata



Esempi di formazione di muffe

La ventilazione

Conseguenze di una ventilazione inadeguata



Esempi di formazione di muffe



La ventilazione

Perché è necessaria?

- Controllare effetti di condensa del vapore (origine di muffe) e evitare formazione di colonie microbiche
- Controllare il grado di umidità dell'aria, al fine di garantire adeguati livelli di benessere igrometrico
- Assicurare condizioni di benessere respiratorio
- Diluire gli inquinanti presenti nell'aria indoor (garantire salubrità)
- Assicurare l'afflusso di aria ove presenti apparecchi a combustione

La ventilazione

Inquinanti presenti in ambiente

Percepibili



Odori



Umidità



**Fumo di
tabacco
ambientale**

Non percepibili



Allergeni
insetti, animali,
pollini...



**Composti organici
volatili**



Radon

La ventilazione

Igiene e salubrità degli ambienti

Inquinanti in ambiente:

In generale:

-
-
- La presenza e l'attività umana
- inquinano e bruciano ossigeno
- (odore di chiuso, mal di testa) e
- producono **anidride carbonica**

La ventilazione

Come e quanto?

La ventilazione

Norme

Norma UNI EN 15251 (estratto appendice B)

A minimum ventilation rate between 0,05 to 0,1 l/sec m² during unoccupied hours is recommended

Table B.5 - Example of ventilation rates for the residences. Continuous operation of ventilation during occupied hours. Complete mixing

Una minima ventilazione è sempre raccomandata, anche in assenza di persone

Immissione

Estrazione

	mainly outdoor air flow			flow, l/s			
	l/s,m ² (1)	ach	l/s, pers ^b (2)	l/s/m ² (3)	Kitchen (4a)	Bathrooms (4b)	Toilets (4)
I	0,49	0,7	10	1,4	28	20	14
II	0,42	0,6	7	1,0	20	15	10
III	0,35	0,5	4	0,6	14	10	7

^a The air change rates expressed in l/sm² and ach correspond to each other when the ceiling height is 2,5 m.

^b The number of occupants in a residence can be estimated from the number of bedrooms. The assumptions made at national level have to be used when existing, they may vary for energy and for IAQ calculations.

La ventilazione

Es.: secondo Norma UNI EN 15251

Stanza di 15 m^2 ; altezza $2,7 \text{ m}$; volume $40,5 \text{ m}^3$

Portata aria esterna **min: $32,4 \text{ m}^3/\text{h} = 0,8 \text{ vol/h}$**

Portata aria esterna **med: $54,0 \text{ m}^3/\text{h} = 1,33 \text{ vol/h}$**

Portata aria esterna **max: $75,6 \text{ m}^3/\text{h} = 1,86 \text{ vol/h}$**

La ventilazione

**Perché ora è diventata
così importante?**

La ventilazione

L'evoluzione della costruzione



ieri:

Numerose fughe, **infiltrazioni attraverso i serramenti** ed alti consumi per il riscaldamento

Oggi:

Edifici ermetici, non permeabili all'aria esterna

Il rinnovo per infiltrazione è impossibile.



La ventilazione

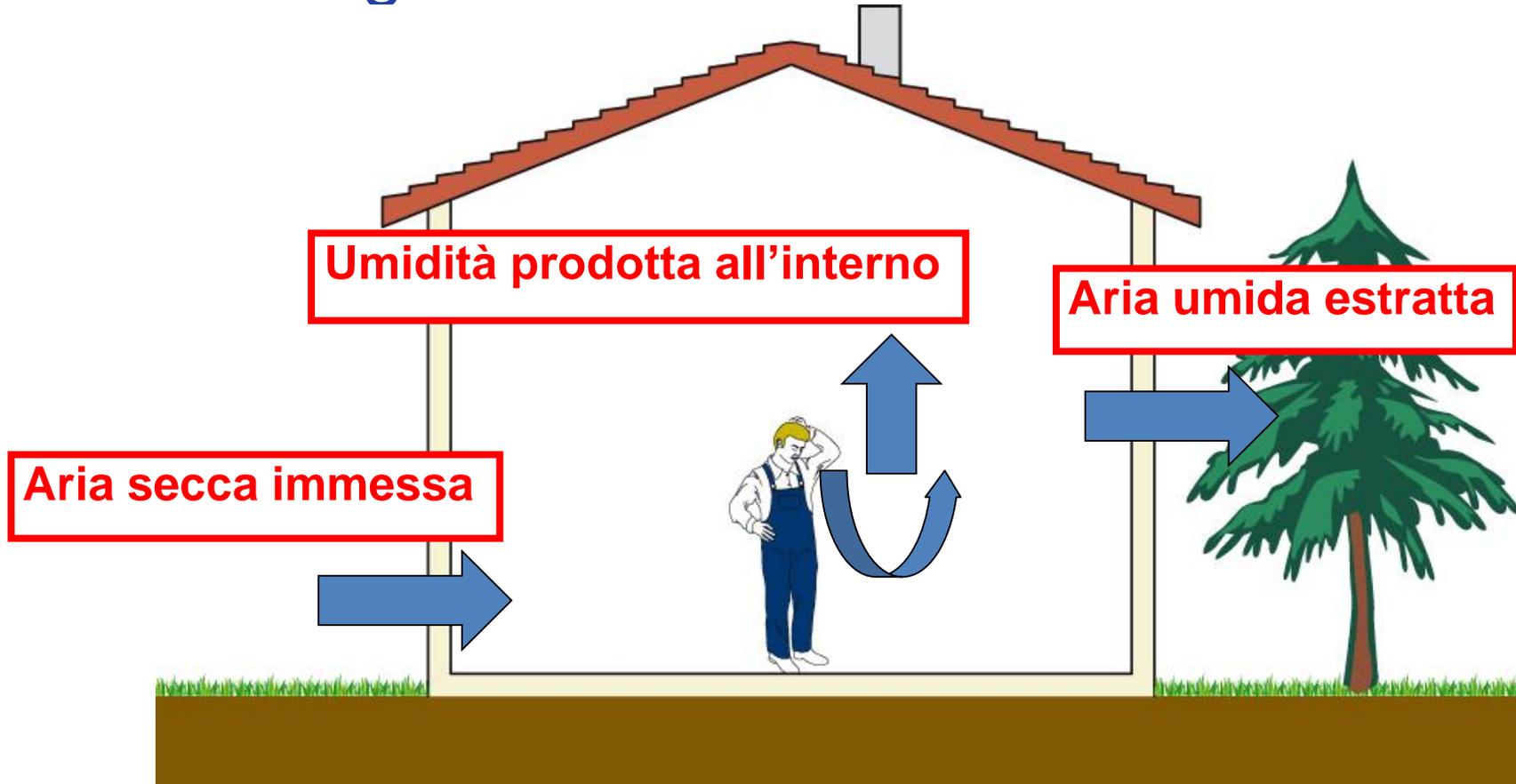
In inverno l'aria esterna è secca,
contiene poco vapore acqueo.
La ventilazione degli ambienti
garantisce una “deumidificazione”
dell'aria “indoor”

ATTENZIONE!! In estate l'aria
esterna è umida, la
ventilazione degli ambienti
porta un carico aggiuntivo di
umidità!!



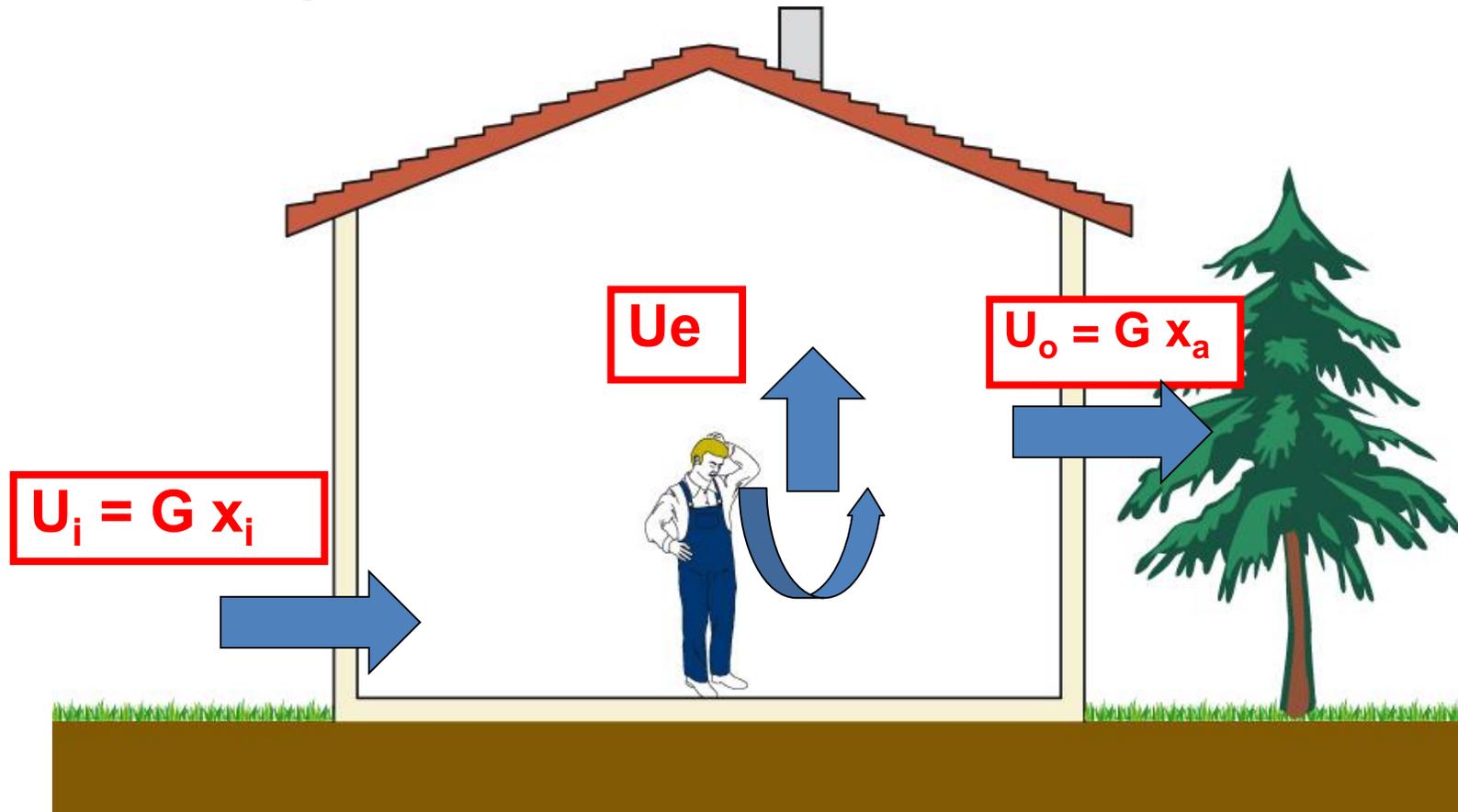
La ventilazione

Il bilancio igrometrico di un ambiente **in inverno**



La ventilazione

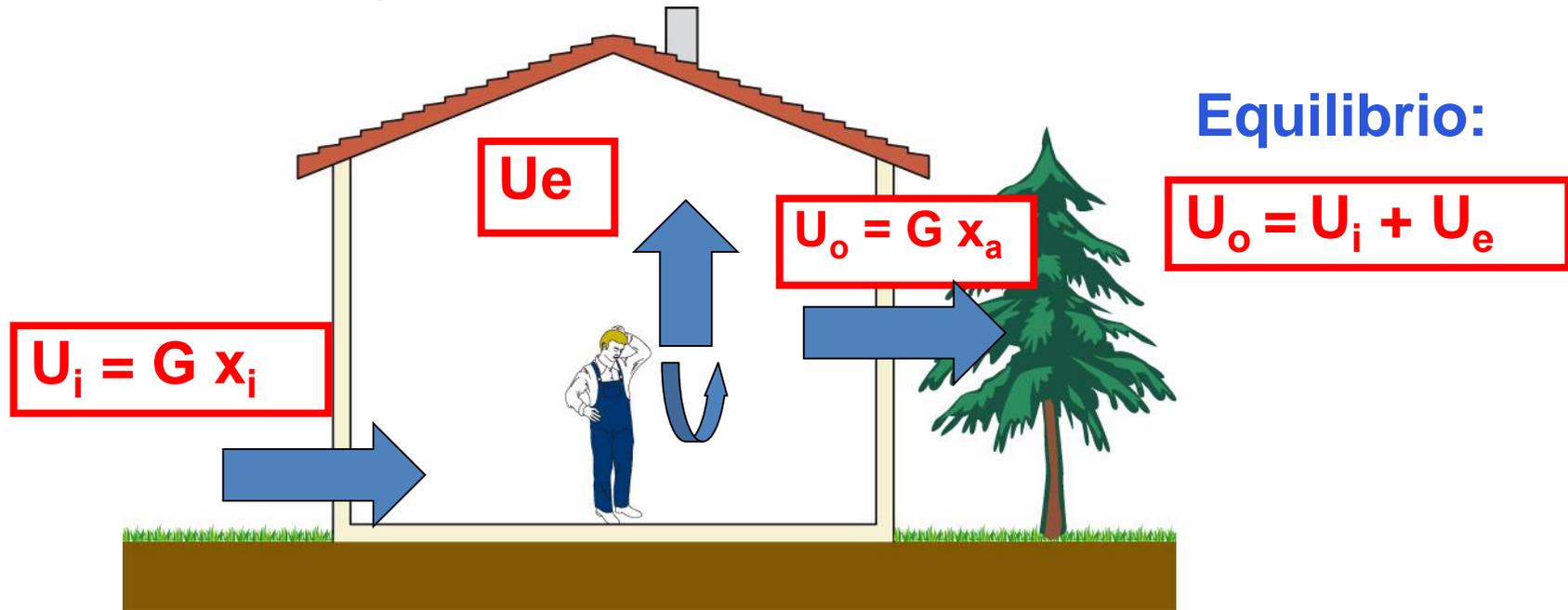
Il bilancio igrometrico di un ambiente in inverno



Equilibrio: $U_o = U_i + U_e$

La ventilazione

Il bilancio igrometrico di un ambiente in inverno



$$G x_a = G x_i + U_e \quad \longrightarrow \quad G (x_a - x_i) = U_e$$

$$(x_a - x_i) = U_e / G \quad \longrightarrow \quad x_a = x_i + U_e / G$$

La ventilazione

Esempio

Equilibrio:

Caso 1 (alloggio per 4 abitanti)

$$S = 75 \text{ m}^2$$

$$V = 200 \text{ m}^3$$

$$x_a = 5 + (4 \times 50) / (0,5 \times 200 \times 1,2) = 6,7 \text{ g/kg}_{a.s.}$$

Ricambio ipotizzato : 0,5 Vol/h

$G_v = 50 \text{ g/h}$ per persona

x_0 aria esterna (non trattata): 5 g/kg a.s.

$20^\circ \text{ C} = 45\% \text{ U.R.}$

Condizioni accettabili

La ventilazione

Esempio

Equilibrio:

Caso 2 (camera da letto con 2 persone)

$$S = 14 \text{ m}^2$$

$$V = 38 \text{ m}^3$$

$$x_a = 5 + (2 \times 50) / (0,5 \times 38 \times 1,2) = 9,4 \text{ g/kg}_{a.s.}$$

Ricambio ipotizzato : 0,5 Vol/h

$G_v = 50 \text{ g/h}$ per persona

x_0 aria esterna (non trattata): $5 \text{ g/kg}_{a.s.}$

$20^\circ \text{ C} = 65\% \text{ U.R.}$

Condizioni limite

La ventilazione

Esempio caso 2: cosa avviene con $n = 0,3$ Vol/h?

Equilibrio:

Caso 2 (camera da letto con 2 persone)

$$S = 14 \text{ m}^2$$

$$V = 38 \text{ m}^3$$

$$x_a = 5 + (2 \times 50) / (0,3 \times 38 \times 1,2) = 12,3 \text{ g/kg}_{a.s.}$$

Ricambio ipotizzato : 0,3 Vol/h

$G_v = 50$ g/h per persona

x_0 aria esterna (non trattata): $5 \text{ g/kg}_{a.s.}$

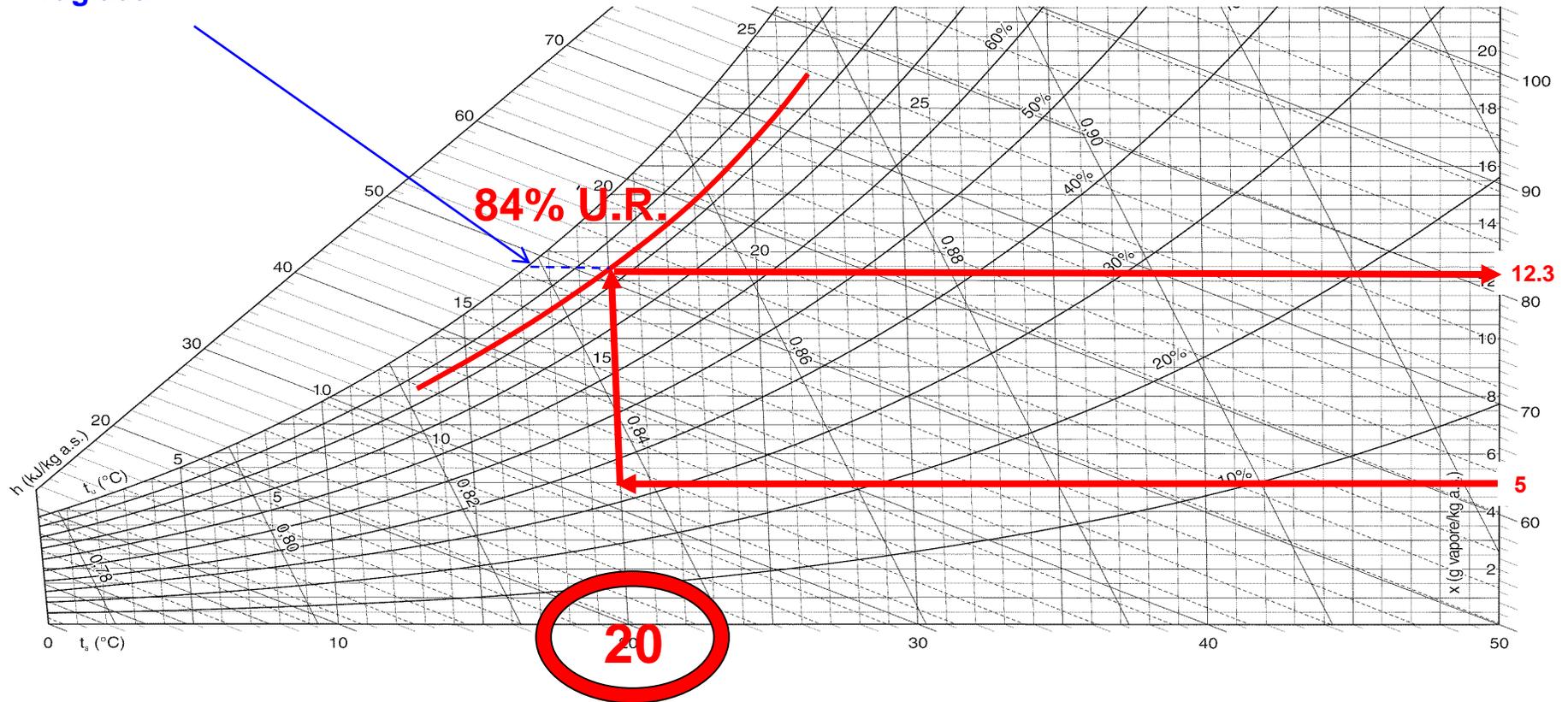
20 ° C = 84% U.R.



Alta umidità!!

Diagramma psicrometrico

$T_{\text{rugiada}} > 17^\circ \text{C}!!$



La ventilazione

... e ora sappiamo che è
necessaria, ma...

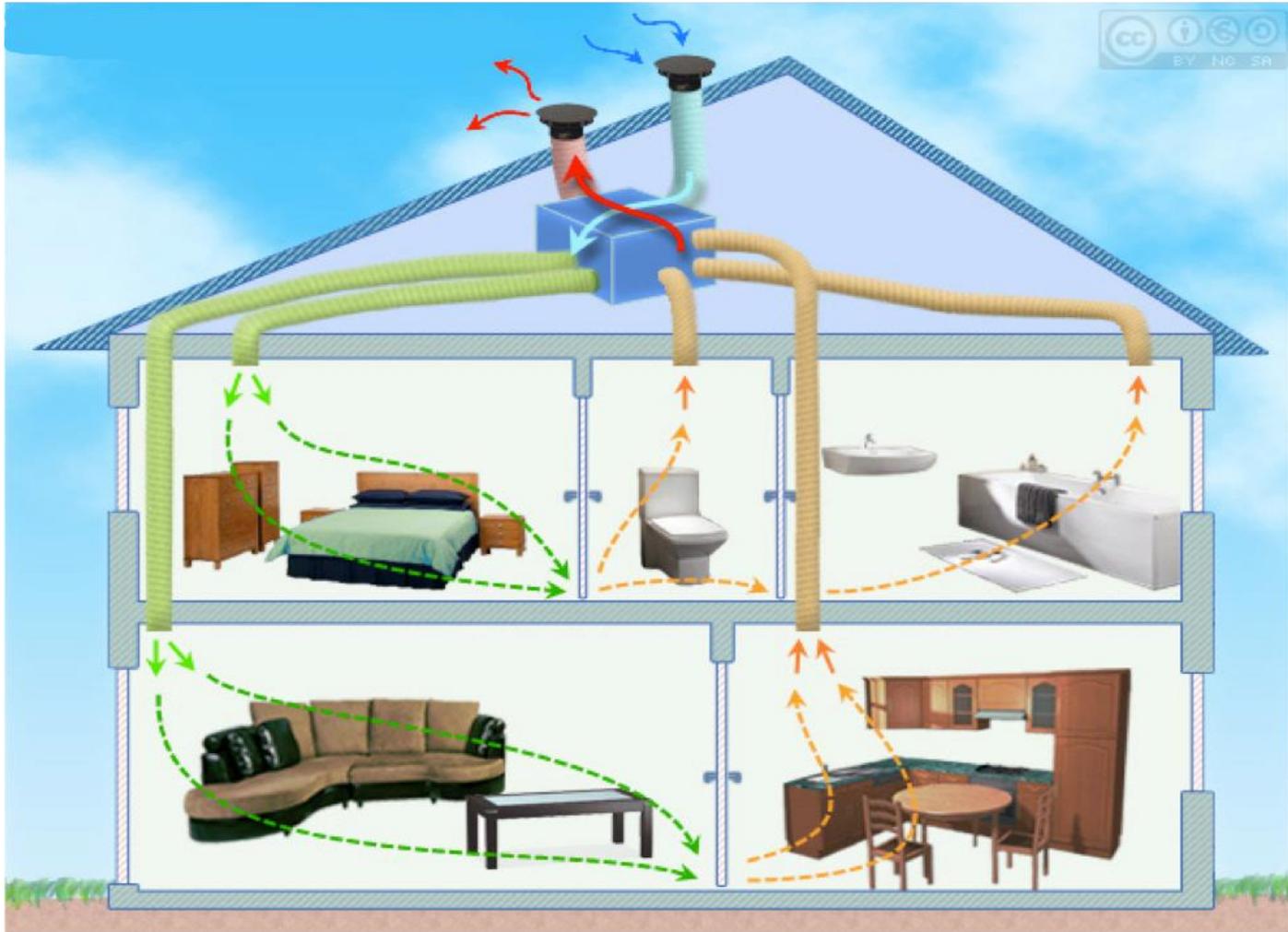
... come si fa?

La ventilazione

Immissione di aria di rinnovo in specifici ambienti in cui l' uomo svolge prevalentemente attività come soggiornare e dormire e gli inquinanti prodotti sono sostanzialmente CO₂ e vapore acqueo in concentrazioni standard

Estrazione dai locali in cui le attività svolte dall' utenza (cucinare, lavarsi, lavare i panni) comportano una maggiore produzione di vapore acqueo, CO₂, odori (cucine e bagni)

La ventilazione



Schema distribuzione in abitazione singola

La ventilazione

Energia, energia, energia, energia, energia, energia,
energia, energia, energia,
energia, energia,
energia...

La ventilazione

Quanto pesa sul bilancio energetico il ricambio dell'aria? (facciamo un'analisi invernale)



nous avons tous besoin
d'air frais

Renouveler l'air de la maison est

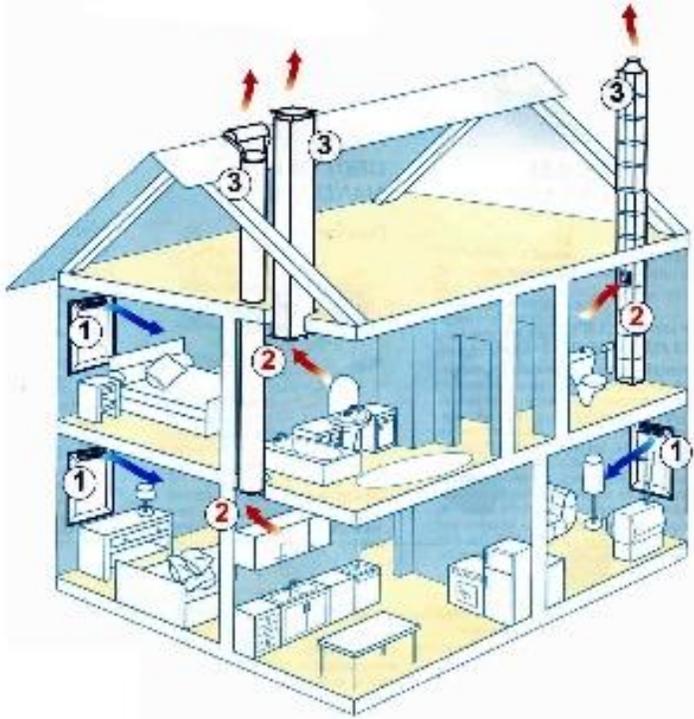
une nécessité vitale :

- pour y apporter un air neuf et pourvoir à nos besoins en oxygène ;
- pour évacuer les odeurs et les polluants qui s'y

Cerchiamo di scoprirlo e vedere cosa è avvenuto nel corso del tempo...

La ventilazione

Primi anni '80: il rinnovo d'aria previsto dalla Legge 373/76 era: **0,5 Vol/h.**



Quanto incideva sul fabbisogno energetico **invernale** di una abitazione?

La ventilazione

Caso ipotesi 1; con i dati si ottiene:

		Descrizione	Larghezza	Lunghezza	Superficie	Trasmittanza	Delta T	Potenza	
U muri =	1								
U pavimento=	0,8	MURI	12,5	8	114,8	1	25	2.870	
U soffitto=	1								
K vetri=	3,4	VETRI	12,5	8	28,7	3,4	25	2.440	
H netta locali=	2,7								
H lorda edificio=	3,5	PAVIMENTO	12,5	8	100	0,8	10	800	
% vetri=	20%								
T ambiente	20	SOFFITTO	12,5	8	100	1	25	2.500	
T esterna	-5						Potenza trasmissione	8.610	
T terreno	10	Ponti termici					0,05	430	
Ponti Termici	5%		larghezza	lunghezza	altezza	volume	Delta T	tasso	
Rinnovo	0,5	RICAMBI	12,5	8	2,7	270	25	0,5	1.181

Dispersioni totali 10.221

Incidenza ventilazione su totale 11,6%

In questa situazione (anni '80) l' energia per la **ventilazione** poteva essere il **10-11% circa** del fabbisogno totale

La ventilazione

Caso ipotesi 3; con i dati si ottiene:

		Descrizione	Larghezza	Lunghezza	Superficie	Trasmittanza	Delta T	Potenza	
U muri =	0,4								
U pavimento=	0,4	MURI	12,5	8	114,8	0,4	25	1.148	
U soffitto=	0,4								
K vetri=	2,4	VETRI	12,5	8	28,7	2,4	25	1.722	
H netta locali=	2,7								
H lorda edificio=	3,5	PAVIMENTO	12,5	8	100	0,4	10	400	
% vetri=	20%								
T ambiente	20	SOFFITTO	12,5	8	100	0,4	25	1.000	
T esterna	-5						Potenza trasmissione	4.270	
T terreno	10	Ponti termici					0,15	641	
Ponti Termici	15%		larghezza	lunghezza	altezza	volume	Delta T	tasso	
Rinnovo	0,5	RICAMBI	12,5	8	2,7	270	25	0,5	1.181

Dispersioni totali 6.092

Incidenza ventilazione su totali 19,4%

In questa situazione (anni 2000) l'energia per la **ventilazione** poteva essere quasi il **20%** del fabbisogno totale

La ventilazione

Caso ipotesi 4; con i dati si ottiene:

		Descrizione	Larghezza	Lunghezza	Superficie	Trasmittanza	Delta T	Potenza	
U muri =	0,1								
U pavimento=	0,15	MURI	12,5	8	114,8	0,1	25	287	
U soffitto=	0,12								
K vetri=	0,8	VETRI	12,5	8	28,7	0,8	25	574	
H netta locali=	2,7								
H lorda edificio=	3,5	PAVIMENTO	12,5	8	100	0,15	10	150	
% vetri=	20%								
T ambiente	20	SOFFITTO	12,5	8	100	0,12	25	300	
T esterna	-5						Potenza trasmissione	1.311	
T terreno	10	Ponti termici					0,3	393	
Ponti Termici	30%		larghezza	lunghezza	altezza	volume	Delta T	tasso	
Rinnovo	0,5	RICAMBI	12,5	8	2,7	270	25	0,5	1.181

Dispersioni totali 2.886

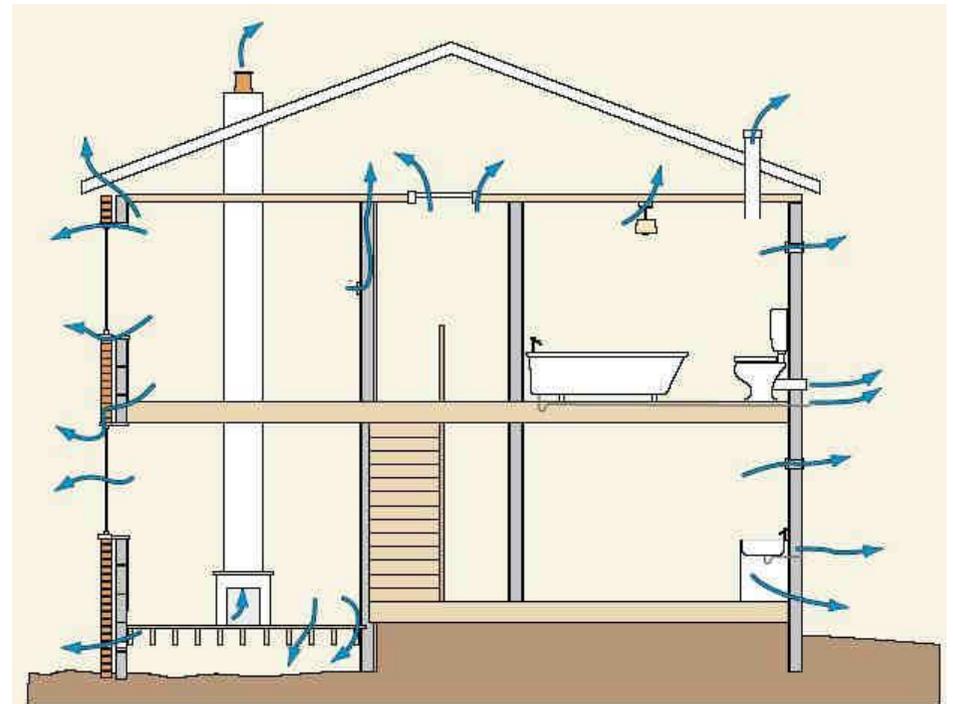
Incidenza ventilazione su totale 40,9%

In questa situazione (anni 2010) l'energia per la **ventilazione** supera il **40%** del fabbisogno totale!!

La ventilazione

Cosa significa in termini energetici quella potenza necessaria per riscaldare l'aria di rinnovo?

Facciamo 2 conti...



La ventilazione

Energia per ventilazione

E' possibile calcolare **quanto pesa l' energia dovuta al rinnovo dell' aria**; si tenga presente che viene qui fissato $n=0,5$ vol/h il numero di ricambi orari (lo stesso valore fin dai tempi della Legge 373/76) questa quota non ha subito variazioni.



La ventilazione

Energia per ventilazione

L'energia necessaria per la ventilazione si calcola come di seguito riportato:

$$Ev = n * V * 0,34 * GG * 24 \text{ [Wh]}$$

Nell'ipotesi che l'edificio valutato precedentemente si trovi in zona "E" con 2'400 gg, l'energia spesa per il rinnovo dell'aria vale:

$$Ev = 0,5 * 270 * 0,34 * 2400 * 24 = 2'643'840 \text{ [Wh]}$$

La ventilazione

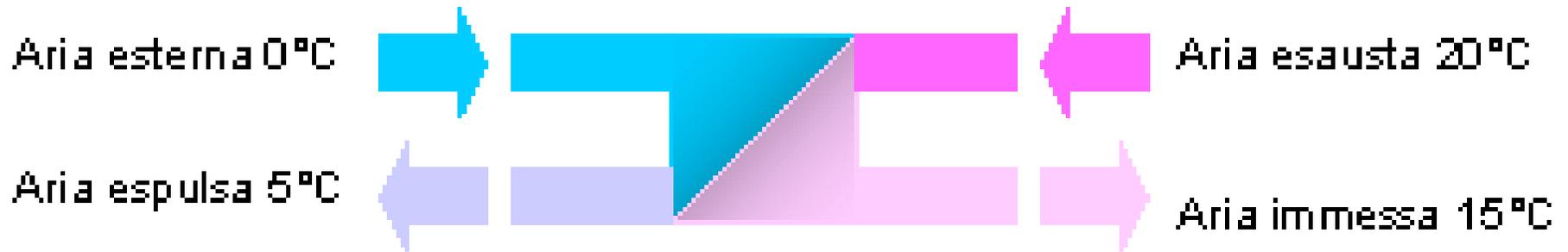
Energia per ventilazione

$$E_v = 2'643'840 \text{ [Wh]} = 2'643,8 \text{ [kWh]}$$

Per l'edificio di 100 m² ciò significa oltre 26 kWh/m² a!!



La ventilazione



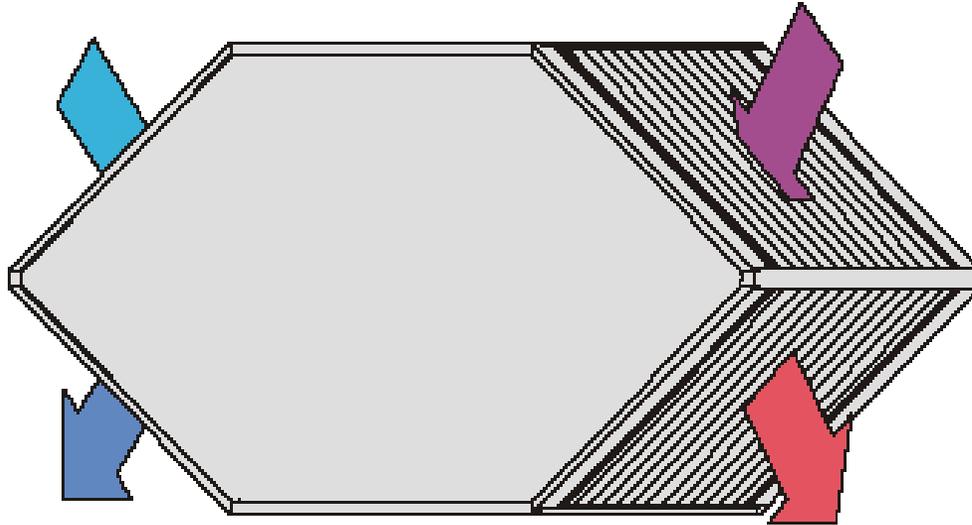
Recupero di calore

L'espulsione all'esterno dell'aria esausta comporta sempre **notevoli sprechi di calore** e questo è contrario al principio del risparmio energetico.

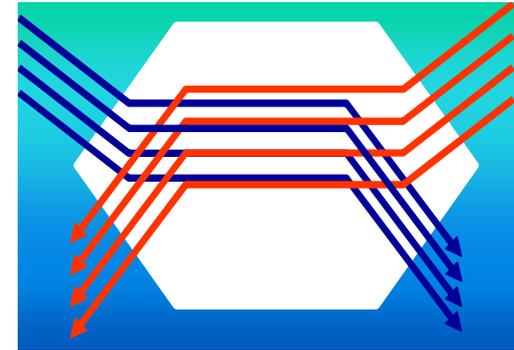
Molta energia può essere risparmiata, in inverno, con il recupero di calore dall'aria esausta in uscita. Gli **edifici ad alta efficienza energetica vanno pertanto dotati di impianti di ventilazione con scambiatori** in cui il calore dell'aria in uscita (20° C) viene conferito all'aria fresca in entrata.

La ventilazione

Aria esterna
 $T = 0^{\circ}\text{C}$



Aria ambiente estratta
 $T = 20^{\circ}\text{C}$



Aria espulsa
 $T = 2^{\circ}\text{C}$

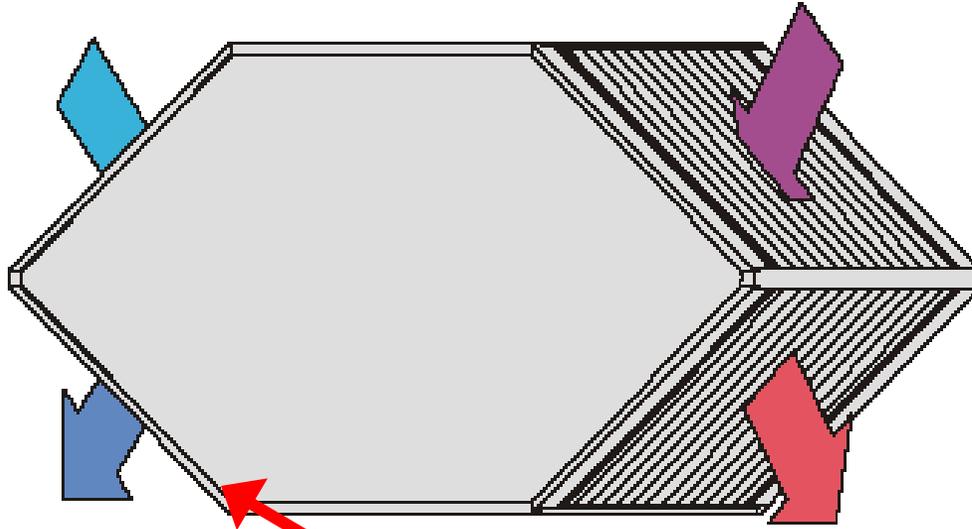
Aria nuova immessa $T = 18^{\circ}\text{C}$

Con efficienza 90%:

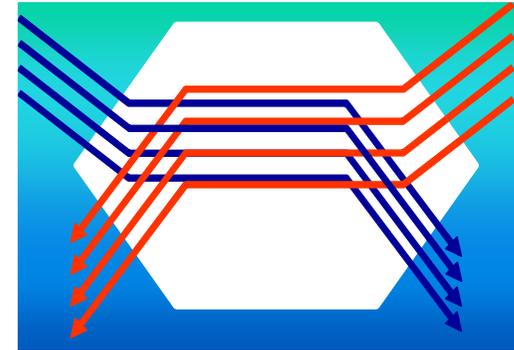
$$T_{\text{imm}} = T_{\text{est}} + 90/100 * (T_{\text{amb}} - T_{\text{est}})$$
$$T_{\text{imm}} = 0 + 0,9 * (20 - 0) = 18^{\circ}\text{C}$$

La ventilazione

Aria esterna
 $T = 0^{\circ}\text{C}$



Aria ambiente estratta
 $T = 20^{\circ}\text{C}$



Aria espulsa
 $T = 2^{\circ}\text{C}$

Aria nuova immessa $T = 18^{\circ}\text{C}$

ATTENZIONE: formazione di condensa!

Inverno

La ventilazione

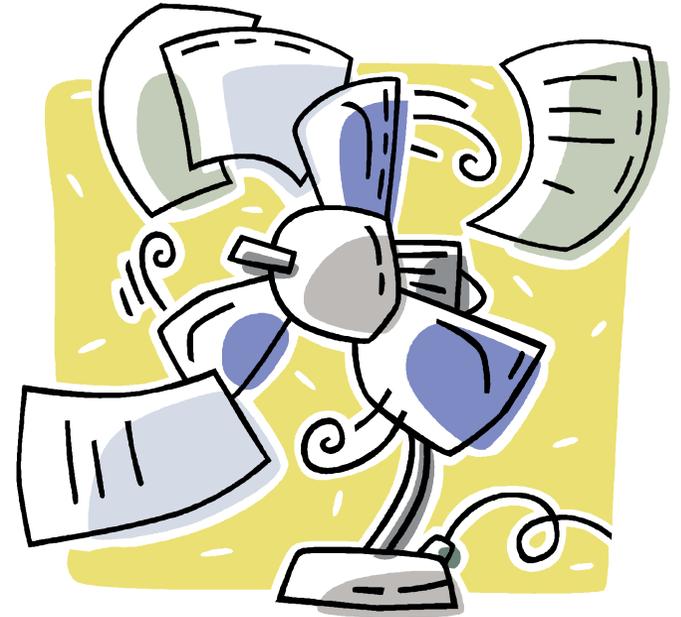
Scambiatori ad alta efficienza

Con efficienza 90%:

$$T_{imm} = T_{est} + 90/100 * (T_{amb} - T_{est})$$
$$T_{imm} = 0 + 0,9 * (20 - 0) = 18 \text{ } ^\circ \text{ C}$$

N.B.: Con uno scambiatore ad alta efficienza la **temperatura di immissione è molto prossima** al valore desiderato in ambiente.

L'aria può essere immessa senza bisogno di ulteriori trattamenti termici (**la temperatura non disturba**).



La ventilazione

Energia per ventilazione

Energia spesa per il rinnovo dell'aria

Energia primaria

N.B.: Si tratta di energia termica, NON di **energia primaria!**

Se il **rendimento** del sistema (produzione, distribuzione, regolazione, emissione) **fosse dell'80%** in termini di energia primaria si tratta di:

$$E_p = \frac{E_v}{\eta} = \frac{2'643'840}{0,8} = 3'304'800 \text{ [Wh]}$$

La ventilazione

Energia per ventilazione

Energia spesa per il rinnovo dell' aria:

$$E_p = \frac{E_v}{\eta} = \frac{2'643'840}{0,8} = 3'304'800 \text{ [Wh]}$$

N.B.: Uno scambiatore con efficienza 90% permette di recuperare il 90% dell' energia necessaria per il riscaldamento dell' aria di rinnovo.

Recupero: $90/100 * 3' 304 = 2 '974 \text{ kWh}$

NOTA: Si tratta di quasi 30 [kWh/m² a]! L' edificio può fare un salto notevole di classe energetica.

La ventilazione

Ma quanto mi costi?

Il recupero dell'energia comporta a sua volta un costo energetico (consumo elettrico dei ventilatori). Oggi è dunque importante utilizzare ventilatori ad alta efficienza (i calcoli energetici si fanno in termini di “energia primaria”).

Vale l'equivalenza:

1 kWh elettrico = 2,42 kWh energia primaria

La ventilazione

Ma quanto mi costi?

1 kWh elettrico = 2,42 kWh energia primaria

Per l'edificio visto in precedenza (volume pari a 270 metri cubi), il recuperatore dovrebbe avere 2 ventilatori, ciascuno per una portata d'aria di 135 m³/h.

Questi ventilatori potrebbero assorbire ciascuno una potenza elettrica (*dato prudenziale*) pari a 36 W.

In un inverno (182 giorni x 24 ore) il consumo elettrico diventa:

Consumo= $182 * 24 * 2 * 36 / 1000 = 314$ kWh elettrici

La ventilazione

Ma quanto mi costi?

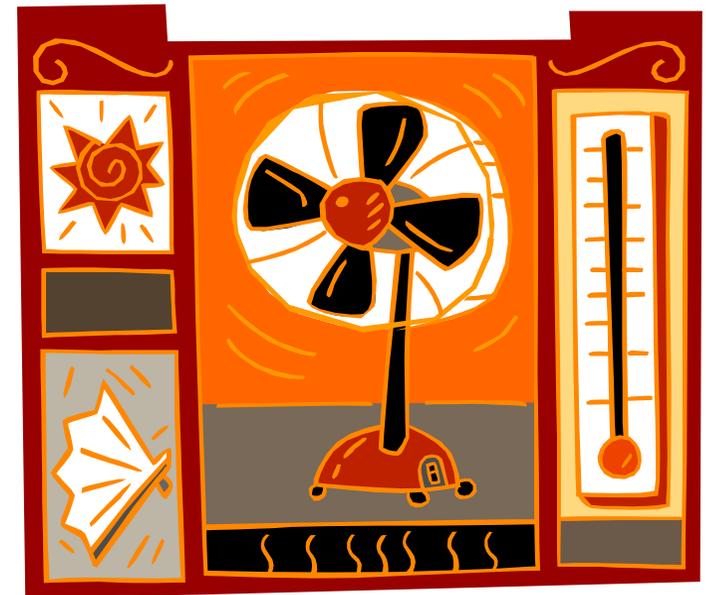
1 kWh elettrico = 2,42 kWh energia primaria

Consumo = $182 * 24 * 2 * 36 / 1000 = 314$ kWh

$314 \text{ kWh}_{\text{elettrici}} * 2,42 = 760$ kWh [energia primaria]

CONSIDERAZIONE: il consumo dei ventilatori (espresso in energia primaria) è pari a $(760/100) 7,6$ [kWh/m² a].

Oggi normalmente si riscontra un consumo < 6 [kWh/m² a].



La ventilazione

Ma quanto mi costi?

RIASSUNTO: il rinnovo aria comporta una perdita di energia primaria circa **33 [kWh/m² a]**.

Il recuperatore permette un cospicuo recupero di tale energia. Se il rendimento fosse del 90% il recupero sarebbe circa **30 kWh/m² a**.

Per ottenerlo si deve spendere dell'energia: **5 ÷ 7 [kWh/m² a]** di energia primaria.

Il guadagno netto è di 23 ÷ 25 [kWh/m² a] di energia primaria!

La ventilazione

Ma quanto mi costi?

Altra considerazione: è interessante verificare il rapporto tra l'energia guadagnata e quella spesa.

Nelle **condizioni di progetto**, con efficienza 90%, la potenza termica recuperata vale:

$$P = 90/100 * 0,34 * 0,5 * 270 * (20 - (-5)) = 1'033 \text{ W}$$

La potenza spesa per i 2 ventilatori è $2 \times 36 = 72 \text{ W}_{\text{elettrici}}$

$$\text{COP} = 1'033 / 72 = 14,3 \text{ !!!}$$

La ventilazione

Ma quanto mi costi?

Nella località considerata, zona climatica “E” con 2' 400 gradi giorno, la temperatura media invernale è:

$$T_{media} = 20 - 2400/182 = 7 \text{ } ^\circ \text{ C}$$

In **media invernale**, con efficienza 90%, la potenza termica recuperata vale:

$$P = 90/100 * 0,34 * 0,5 * 270 * (20 - 7) = 537 \text{ W}$$

La potenza spesa per i 2 ventilatori rimane 72 W_{elettrici}

$$\text{COP}_{medio} = 537 / 72 = 7,5 \text{ !!!}$$

La ventilazione

$$\text{COP} = 1'033 / 72 = 14,3 !!!$$

$$\text{COP}_{\text{medio}} = 537 / 72 = 7,5 !!!$$

Importante,...

ed energeticamente efficiente!

Il trattamento dell'aria con gli impianti di climatizzazione radiante.

La deumidificazione

Negli impianti radianti la produzione di **calore sensibile è a carico principalmente (o totalmente) dei pannelli radianti**, mentre la quota parte di **calore latente viene gestita dalle unità di trattamento aria**.

Questo aspetto fa sì che, a differenza degli impianti a tutt'aria, **l'apporto entalpico** che l'aria fornisce all'edificio sia **inferiore** e conseguentemente anche le **dimensioni** delle canalizzazioni saranno **minori**.



La deumidificazione

1) Se l' impianto radiante si incarica di provvedere alla totalità del calore sensibile:

Il trattamento dell' aria dovrà fornire aria neutra (per es.: 26° C con 50% UR), a tal scopo **sarà sufficiente deumidificare**. Si utilizzerà quindi un semplice deumidificatore che controlli il solo carico latente.

2) Se l' impianto radiante NON è sufficiente per provvedere alla totalità del calore sensibile:

Il trattamento dell' aria potrà fornire aria neutra (per es.: 26° C con 50% UR), in condizioni normali.

Nelle situazioni di “picco” (massimo carico estivo) e soltanto in questi momenti l' unità di trattamento aria **dovrà provvedere ad una integrazione di calore sensibile a comando**.

La deumidificazione

Uno degli aspetti importanti ai fini del comfort estivo è certamente **L' UMIDITÀ RELATIVA!**



IMPORTANTE: se si mantiene controllato questo parametro, **INDISPENSABILE per ragioni di comfort**, si previene anche l'indesiderato fenomeno di **condensa** sulle superfici attive!

Diagramma psicrometrico

Parametri di riferimento

Diagramma psicrometrico

$T = 26^\circ \text{C}$
 $\text{U.R.} = 50\%$



$T_{dp} = 14,8^\circ \text{C}$

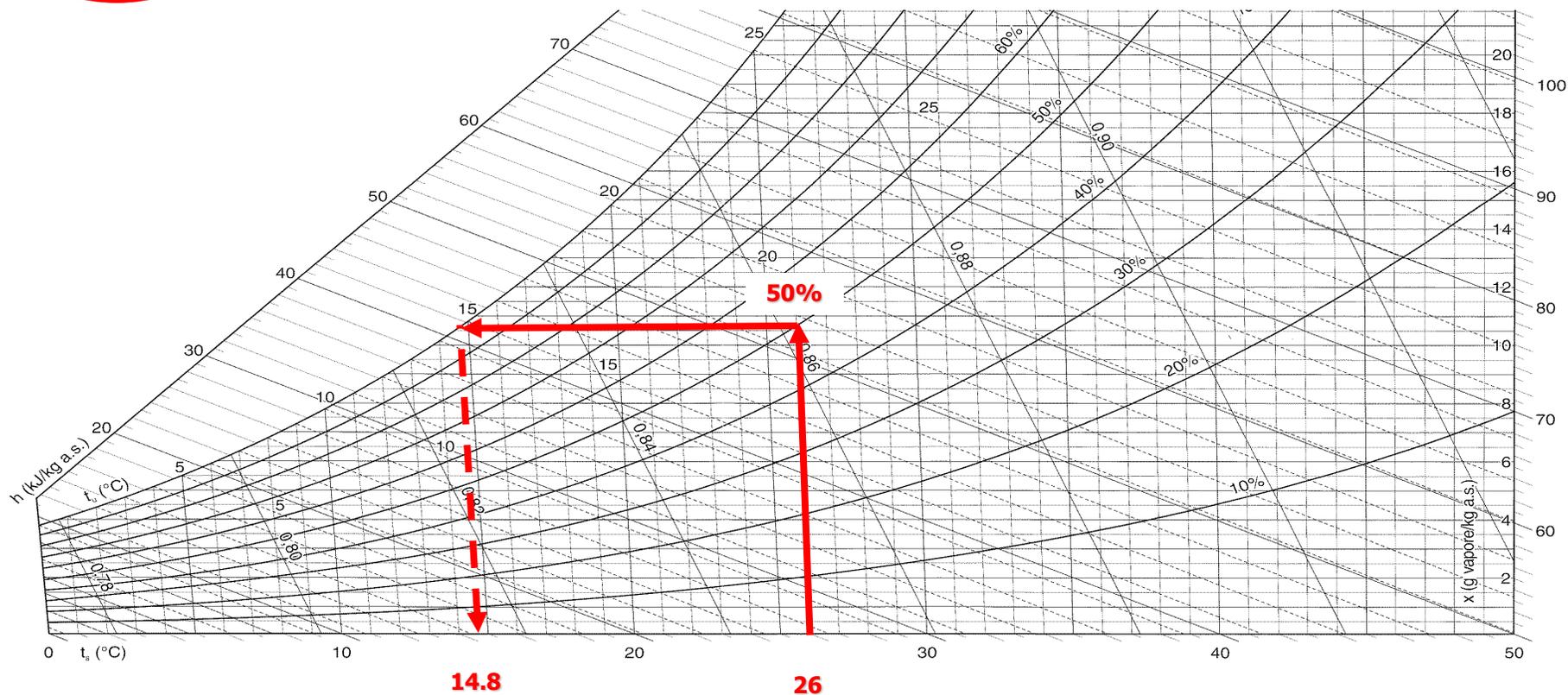
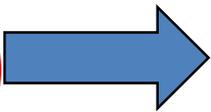


Diagramma psicrometrico

$T = 26^\circ \text{C}$
 $\text{U.R.} = 55\%$



$T_{dp} = 16,3^\circ \text{C}$

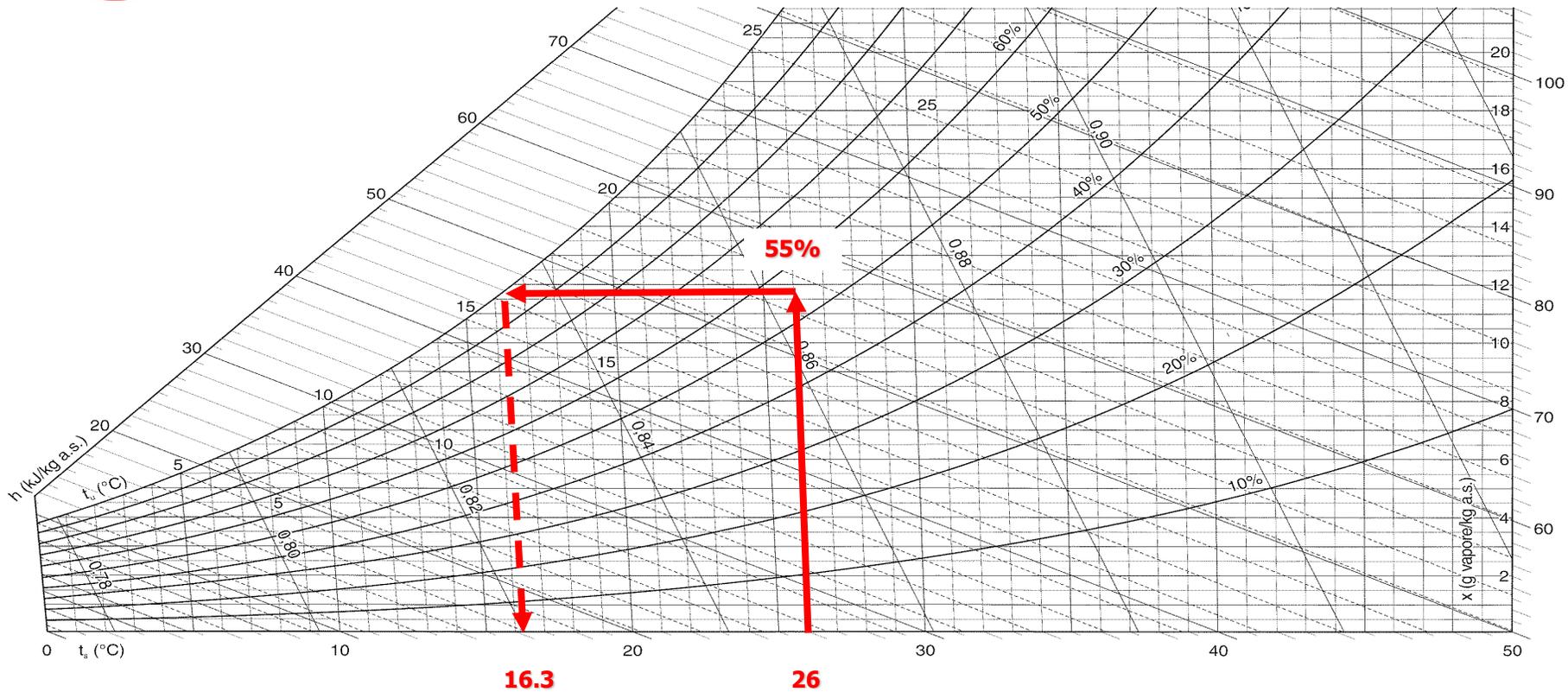
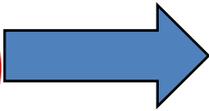
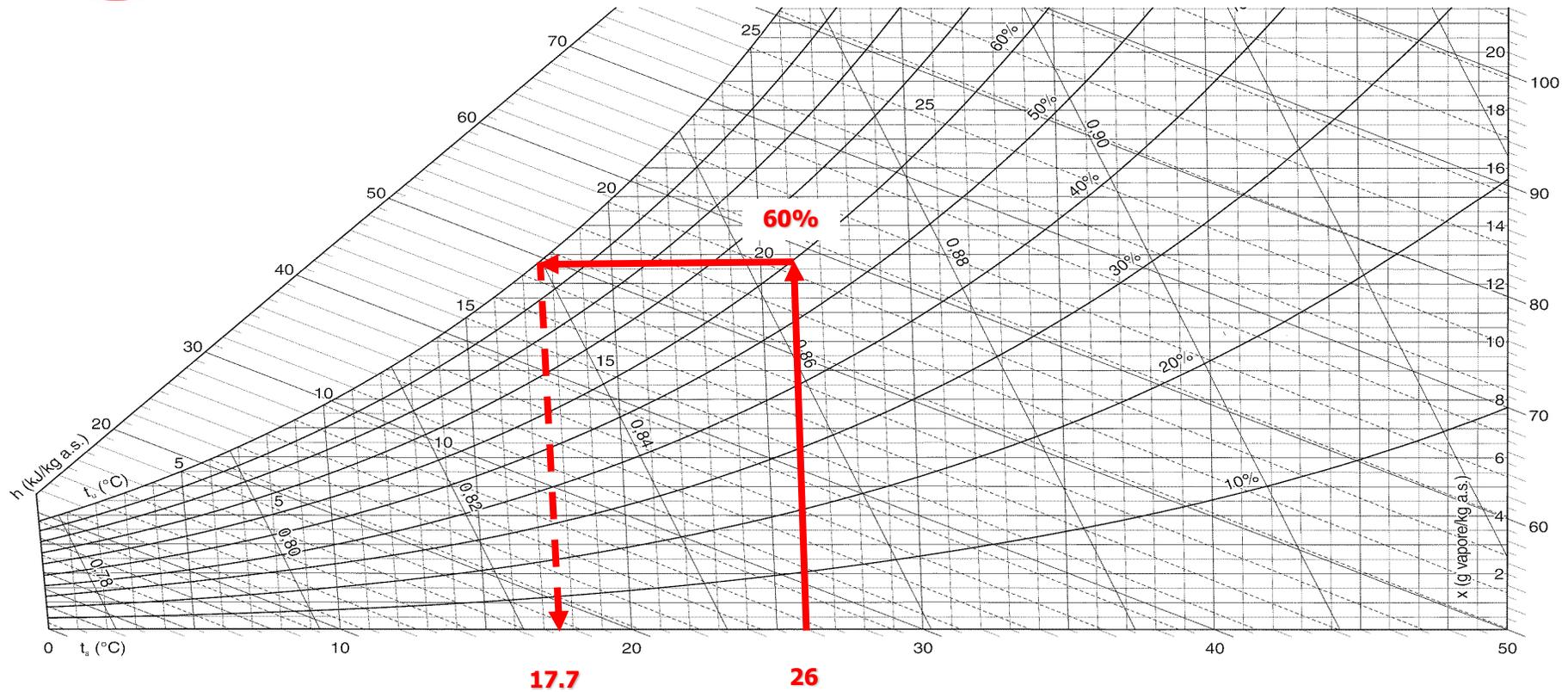


Diagramma psicrometrico

$T = 26^\circ \text{C}$
 $\text{U.R.} = 60\%$

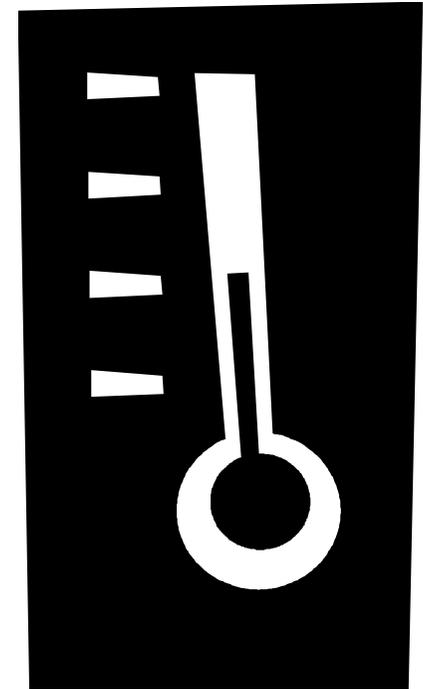


$T_{dp} = 17,7^\circ \text{C}$



La deumidificazione

Il punto di rugiada va dunque controllato e monitorato al fine di garantire il corretto valore di temperatura delle superfici radianti.



La deumidificazione

Il tipico “*condizionamento*” con l’ utilizzo di “Split” o “Fan Coils” porta in ambiente sia “*l’energia sensibile*” che “*l’energia latente*”. Uno dei 2 valori è sotto controllo, l’ altro no! (è determinato indirettamente).

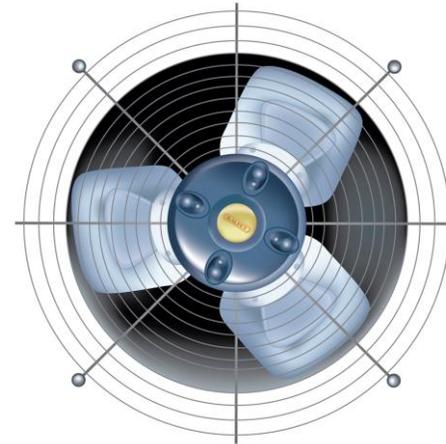
L’ utilizzo di tali soluzioni per il trattamento dell’ aria in abbinamento all’ impianto radiante comporta di avere 2 emettitori di calore sensibile (uno agisce in funzione dell’ umidità, l’ altro agisce in funzione della temperatura).

Tutto ciò potrà innescare fenomeni di interferenza tra i 2 emettitori: **il rischio di ultra-raffreddamento è reale!**

Per tale motivo la soluzione ideale in presenza dei sistemi radianti è quella di avere dei veri e propri deumidificatori (solo calore latente).

La deumidificazione

È NECESSARIO DEUMIDIFICARE!!



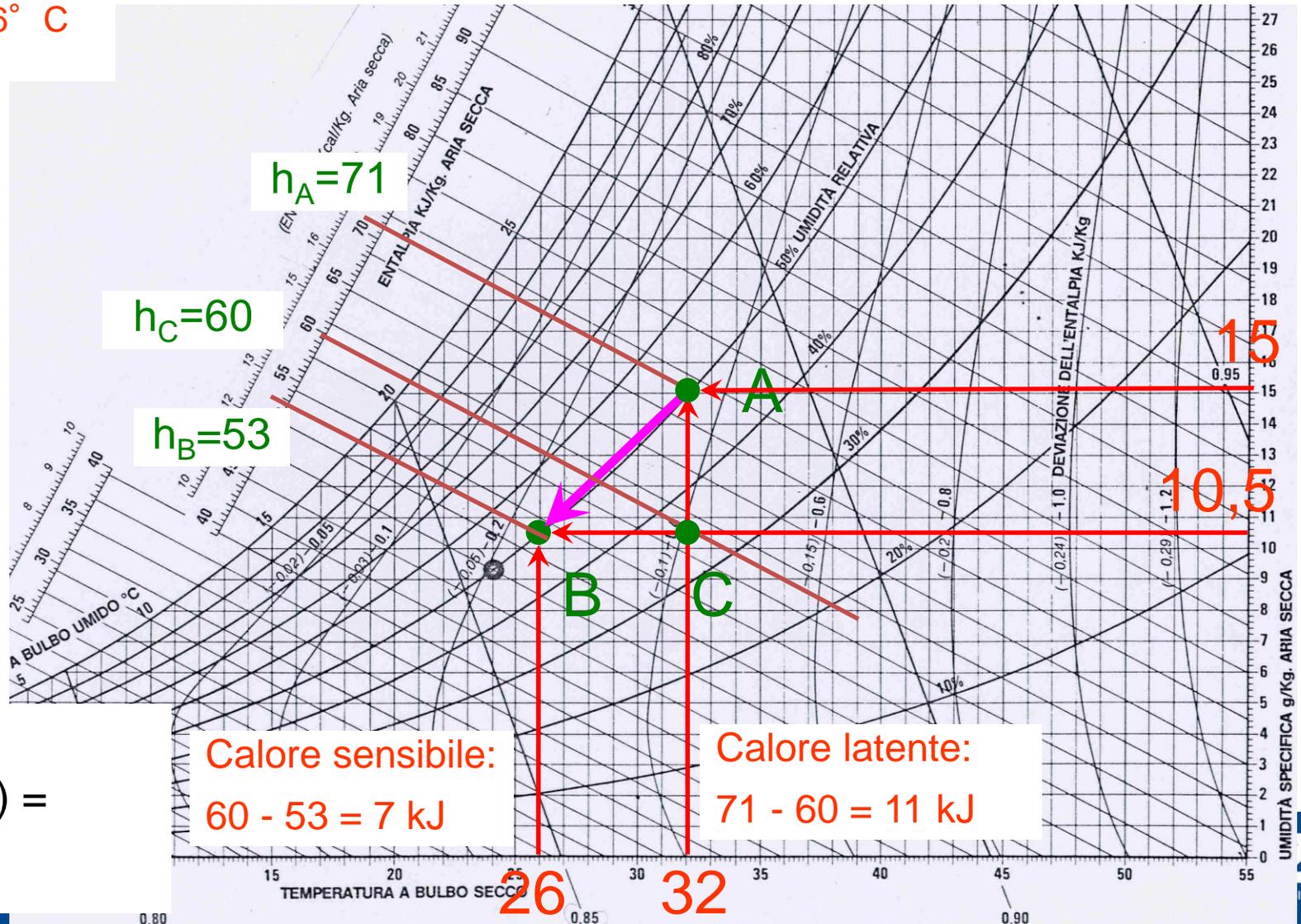
...e per deumidificare sarà necessario integrare
l' impianto radiante con
dei **dispositivi di deumidificazione.**

Calore Totale

Trasformazione ideale

Esempio:

1kg a.s a 32 ° C con il 50 % UR viene deumidificato e raffreddato alla temperatura di 26° C con il 50 % UR.



$$Q_T = m \cdot \Delta h =$$
$$= 1 \cdot (71 - 53) =$$
$$= 18 \text{ kJ}$$

Calore sensibile:
60 - 53 = 7 kJ

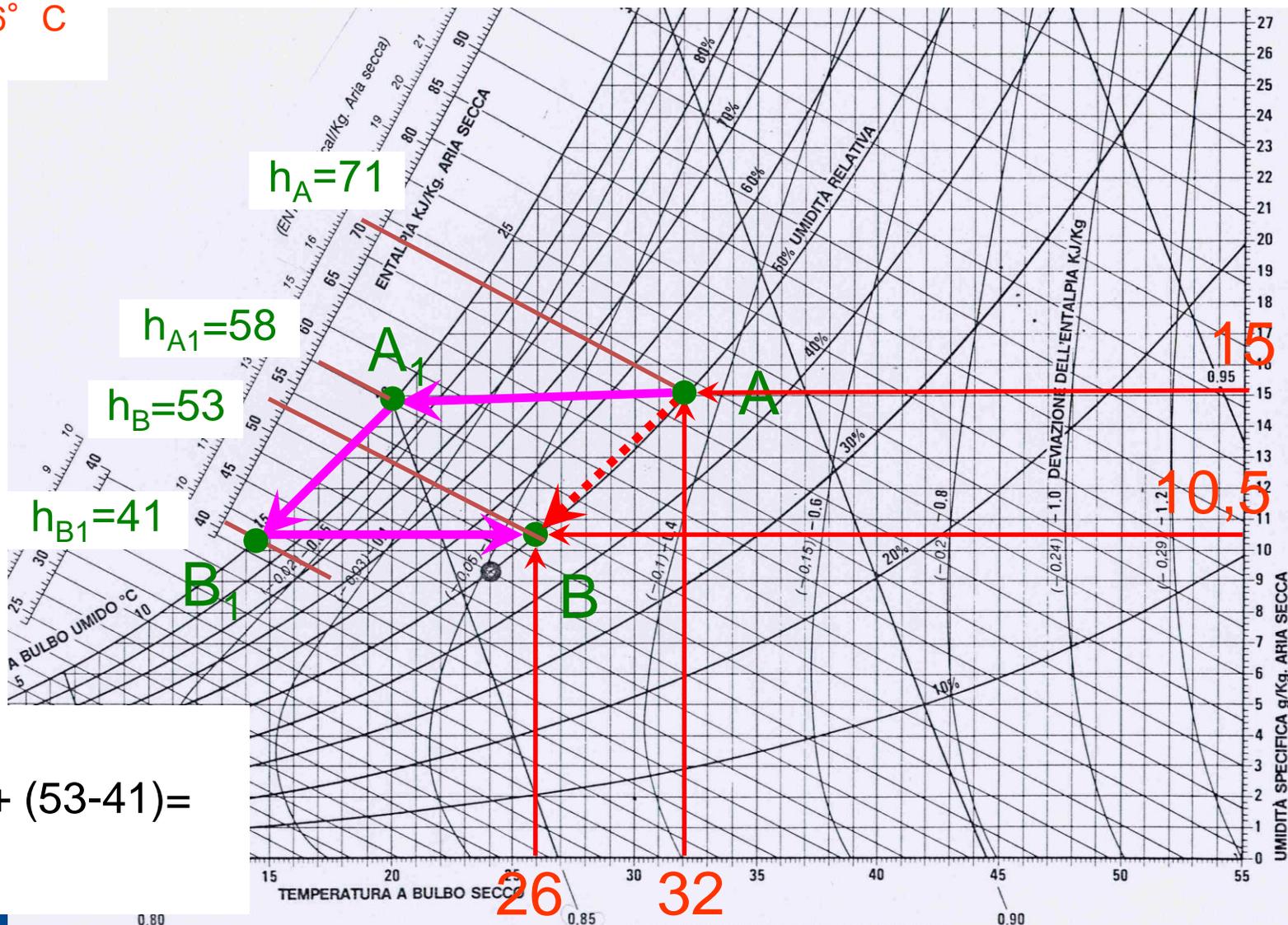
Calore latente:
71 - 60 = 11 kJ

Calore Totale

Trasformazione reale

Esempio:

1kg a.s a 32 ° C con il 50 % UR viene deumidificato e raffreddato alla temperatura di 26° C con il 50 % UR.

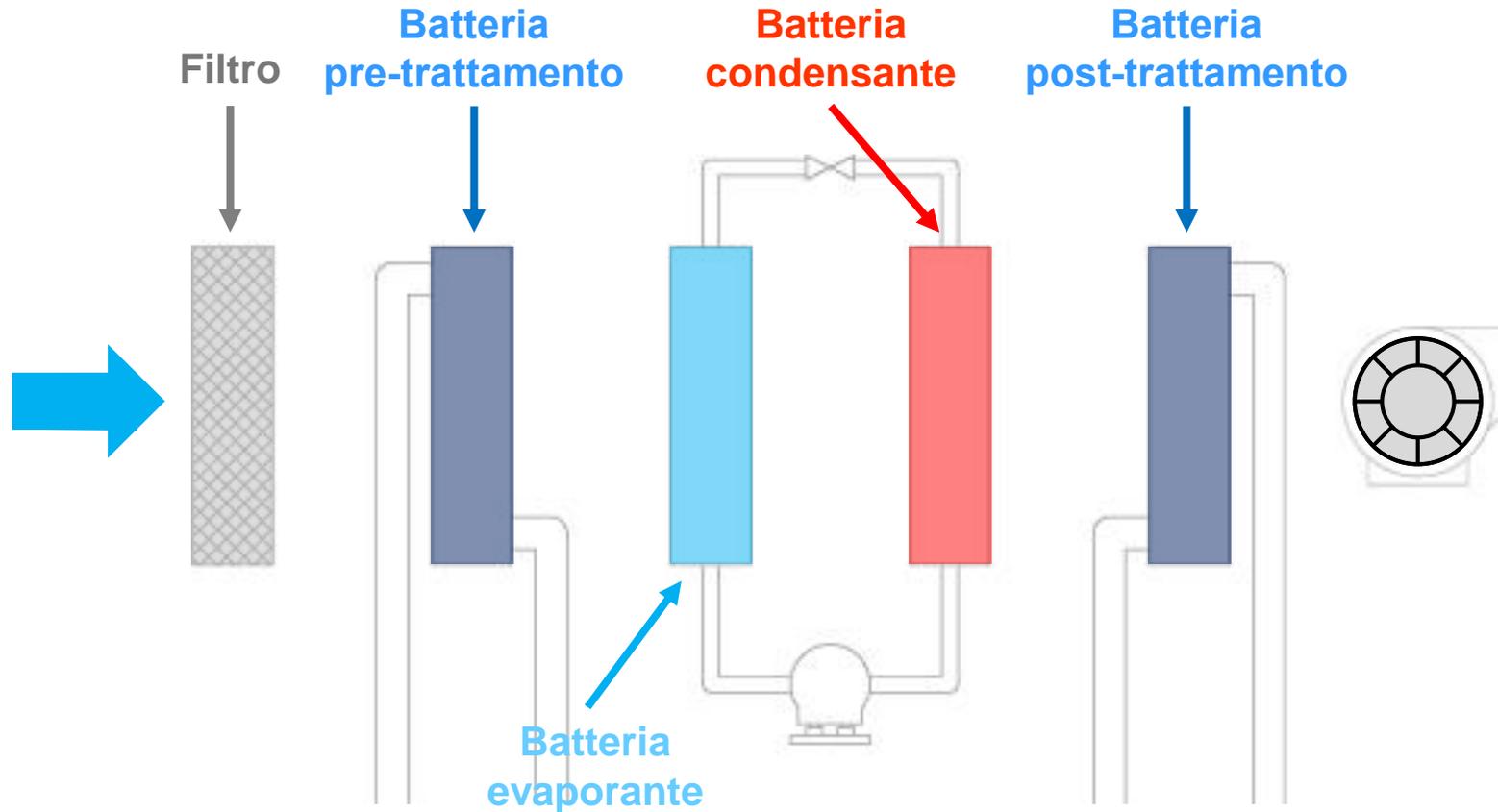


$$Q_T = m \cdot \Delta h =$$
$$= 1 \cdot (71 - 41) + (53 - 41) =$$
$$= 42 \text{ kJ}$$

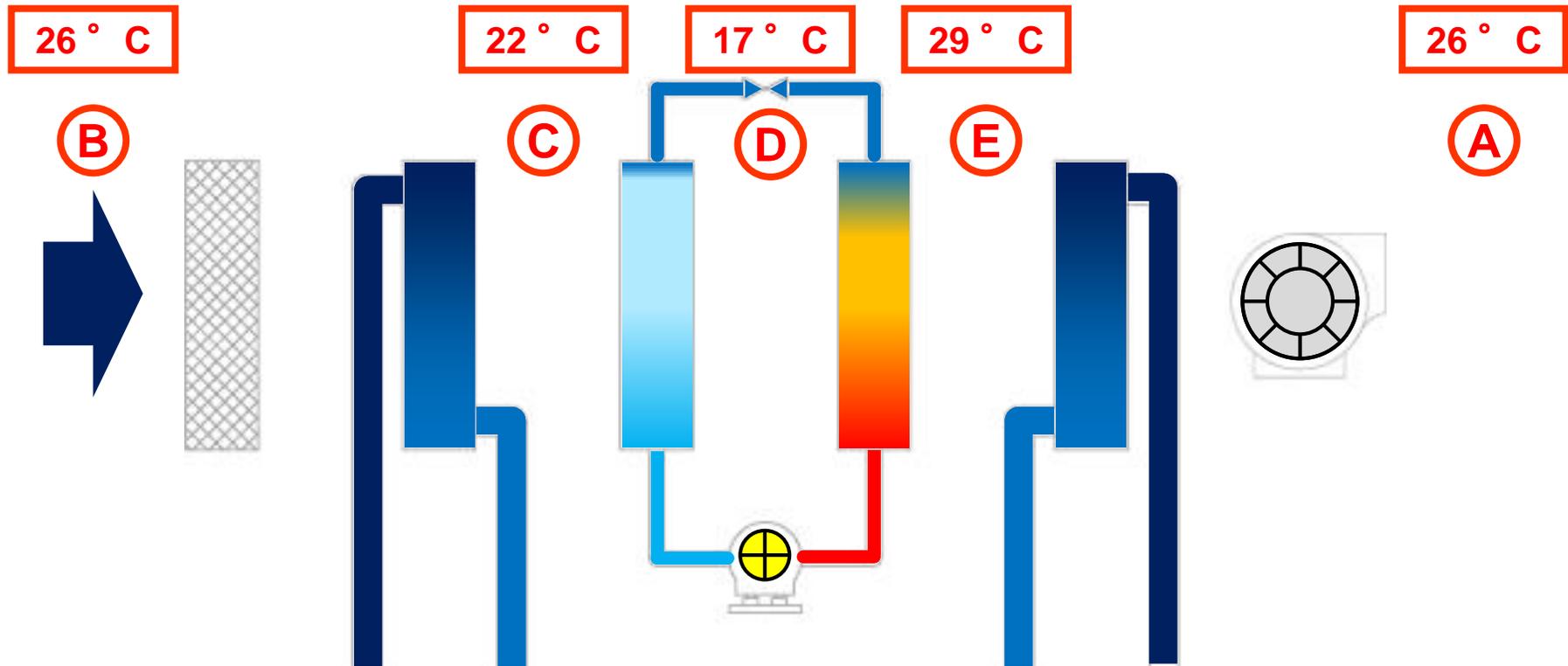
I deumidificatori

Principi di funzionamento

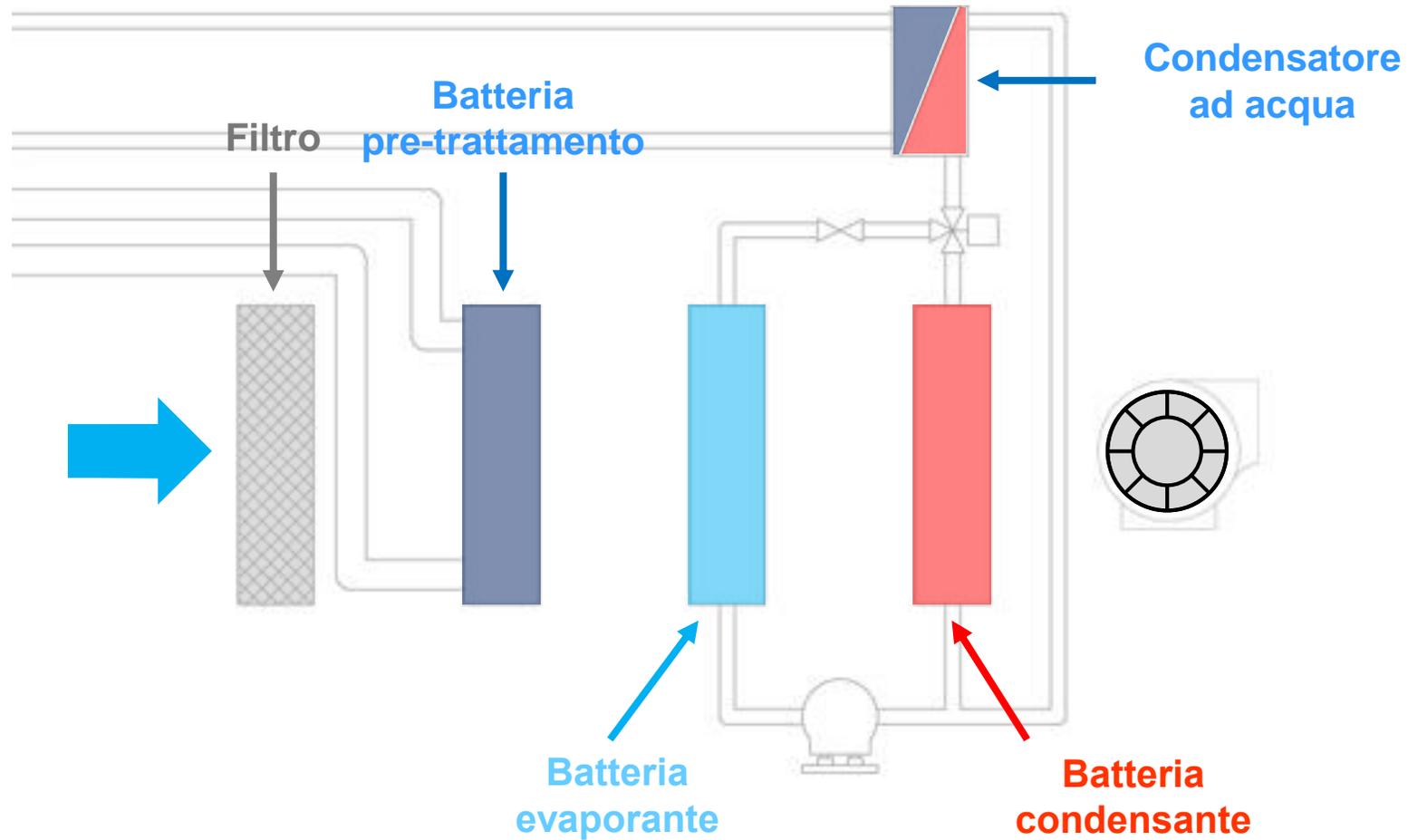
schema macchina condensazione ad aria



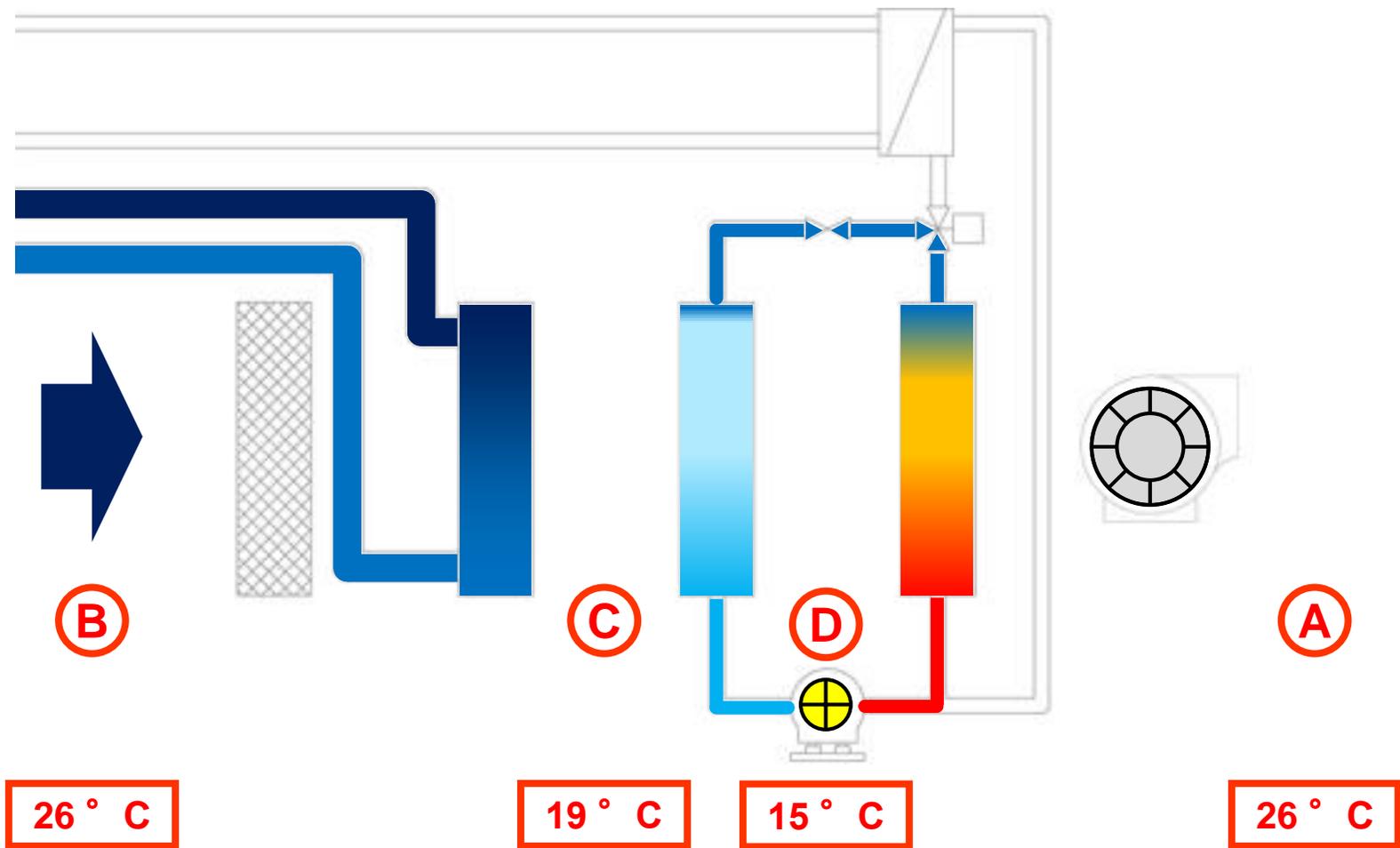
funzionamento condensazione ad aria



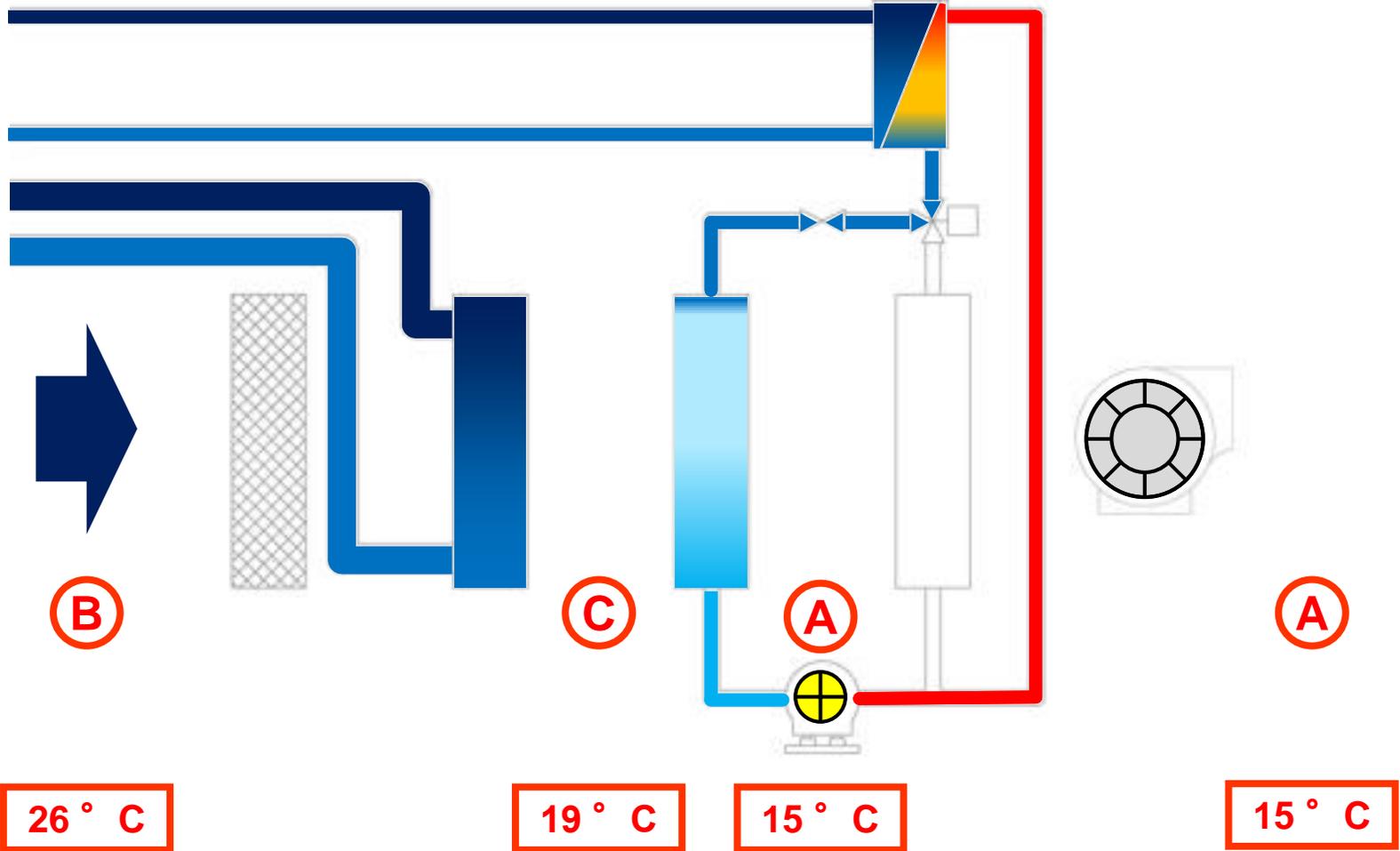
schema macchina condensazione ad acqua



funzionamento condensazione ad acqua **aria neutra**



funzionamento condensazione ad acqua **integrazione**





IL SISTEMA RDZ

Il sistema RDZ

Il sistema di riscaldamento e raffrescamento a pavimento, soffitto e parete è un sistema completo. Per ottenere la massima efficienza in estate e in inverno, è necessario l'integrazione di

4 sottosistemi:

- 1 – Il sistema radiante
- 2 – Il trattamento dell'aria
- 3 – Le pompe di calore
- 4 – La termoregolazione

Impianto radiante a pavimento e soffitto



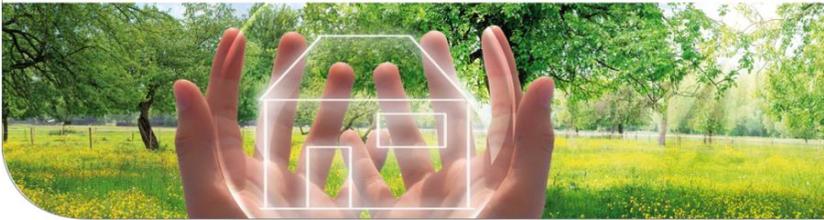
Termoregolazione



Trattamento dell'aria



Pompe di calore



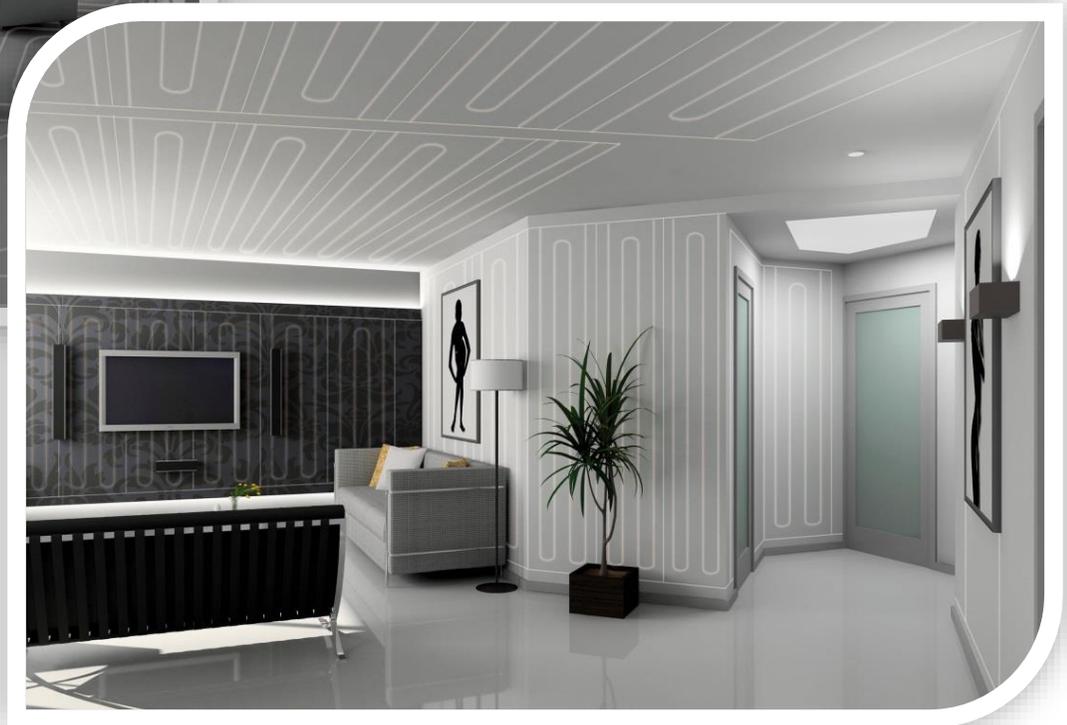
L'IMPIANTO RADIANTE RDZ

Impianti radianti RDZ



Pavimento radiante

Soffitto radiante



L'obiettivo è il COMFORT

L'impianto **radiante** modifica i parametri della temperatura favorendo la “**temperatura operante**” (temperatura percepita); si ottiene perciò:

- In INVERNO: **temperatura radiante più elevata** (e temperatura dell'aria più bassa)
- In ESTATE: **temperatura radiante più bassa** (e temperatura dell'aria più alta)

Impianti radianti RDZ

Peculiarità dei sistemi radianti

La differenza di temperatura ambiente comporta una riduzione dei fabbisogni di energia.

Inverno: -10% ÷ -20%

Estate: -5% ÷ -10%

I migliorati rendimenti di distribuzione (fluido a minore differenza di temperatura) producono a loro volta una riduzione del fabbisogno energetico.

Inverno: -3% ÷ -5%

Estate: -2% ÷ -3%

Fare efficienza

VENTILAZIONE MECCANICA RDZ

Ventilazione meccanica RDZ

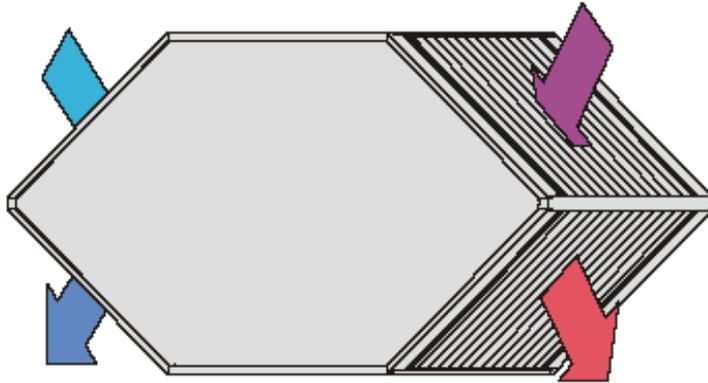
La maggiore coibentazione degli edifici e l'impiego di serramenti a tenuta, per contenere le dispersioni termiche, ha reso indispensabile provvedere con sistemi meccanici al necessario ricambio dell'aria.

L'impianto VMC viene dotato di recuperatore di calore ad alta efficienza (~90%) per evitare di sprecare l'energia termica contenuta nell'aria di espulsione

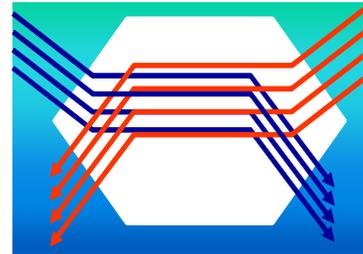


Ventilazione meccanica RDZ

Aria esterna
 $T = 0^{\circ}\text{C}$



Aria ambiente estratta
 $T = 20^{\circ}\text{C}$



Energia!

Aria espulsa
 $T = 2^{\circ}\text{C}$

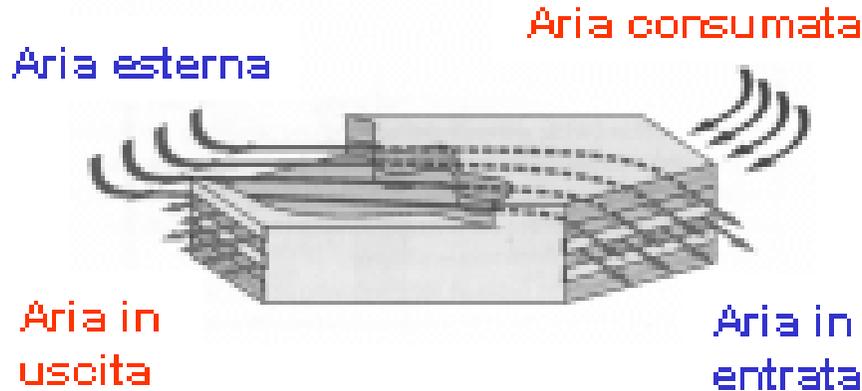
Aria nuova immessa $T = 18^{\circ}\text{C}$

Zona climatica E, 2400 GG.

**Un recuperatore di calore ad alta efficienza
permette di guadagnare ~ 30 [kWh/m² a]
utilizzando ~ 6 [kWh/m² a]**

Questo costituisce un salto di Classe Energetica!

Ventilazione meccanica RDZ



Energia!

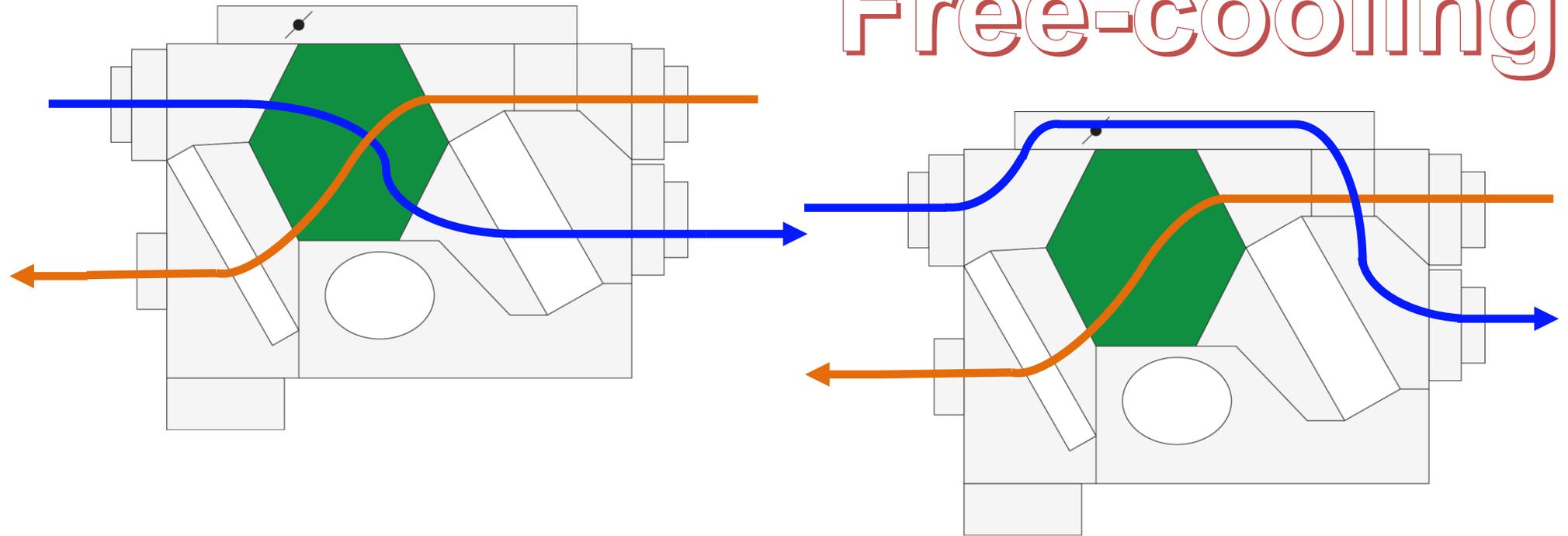
Considerazione pratica:

Il fabbisogno termico invernale per ventilazione di una moderna abitazione costituisce circa il **40%** del fabbisogno termico invernale.

Recuperare il 90% di questo 40% significa abbattere i consumi invernali del **~36%!**

Ventilazione meccanica RDZ

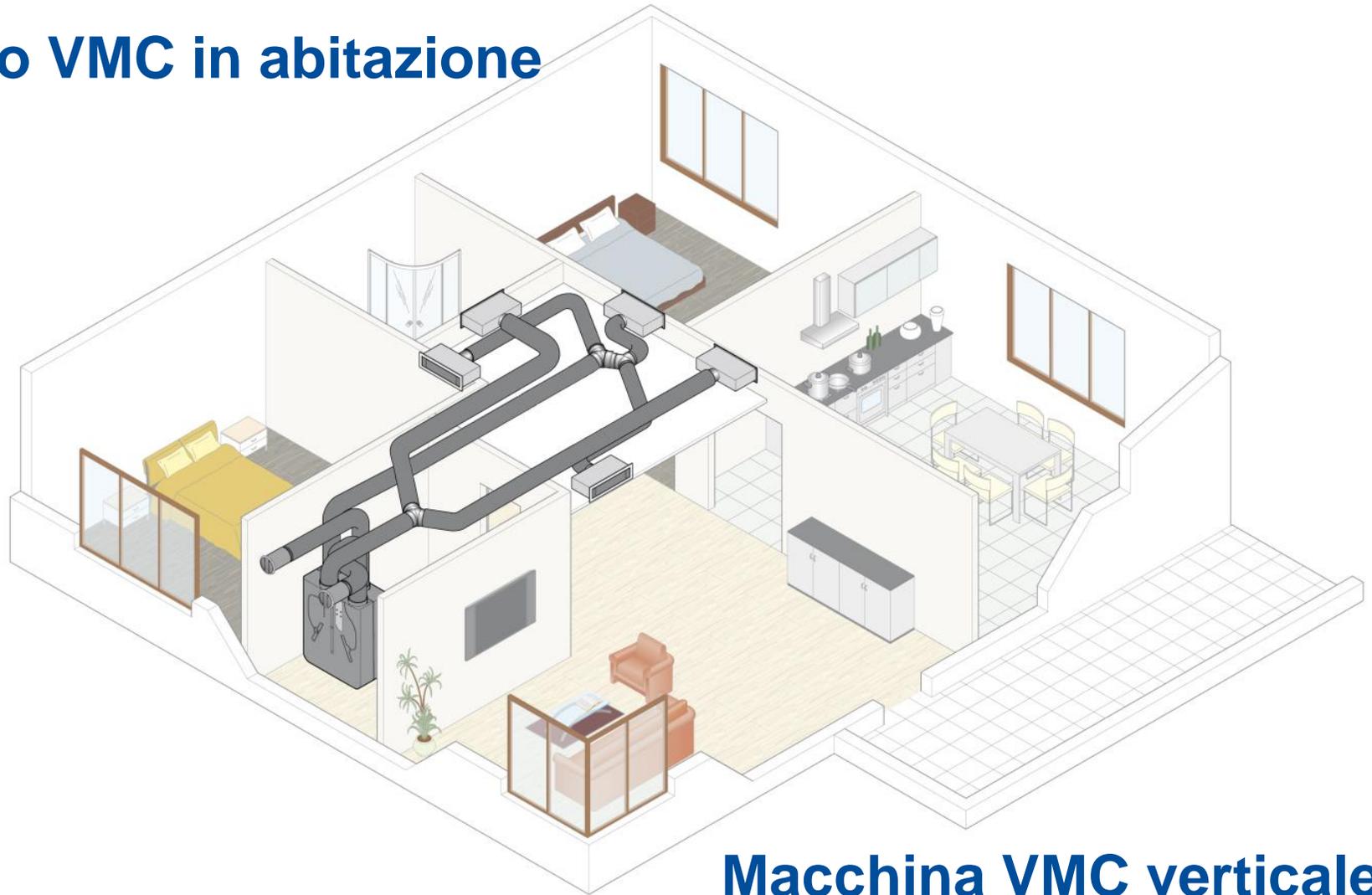
Free-cooling



Il free-cooling permette il controllo della temperatura ambiente in tutti i periodi intermedi, *impedendo temperature interne troppo elevate, senza bisogno di ulteriore energia!*

Ventilazione meccanica RDZ

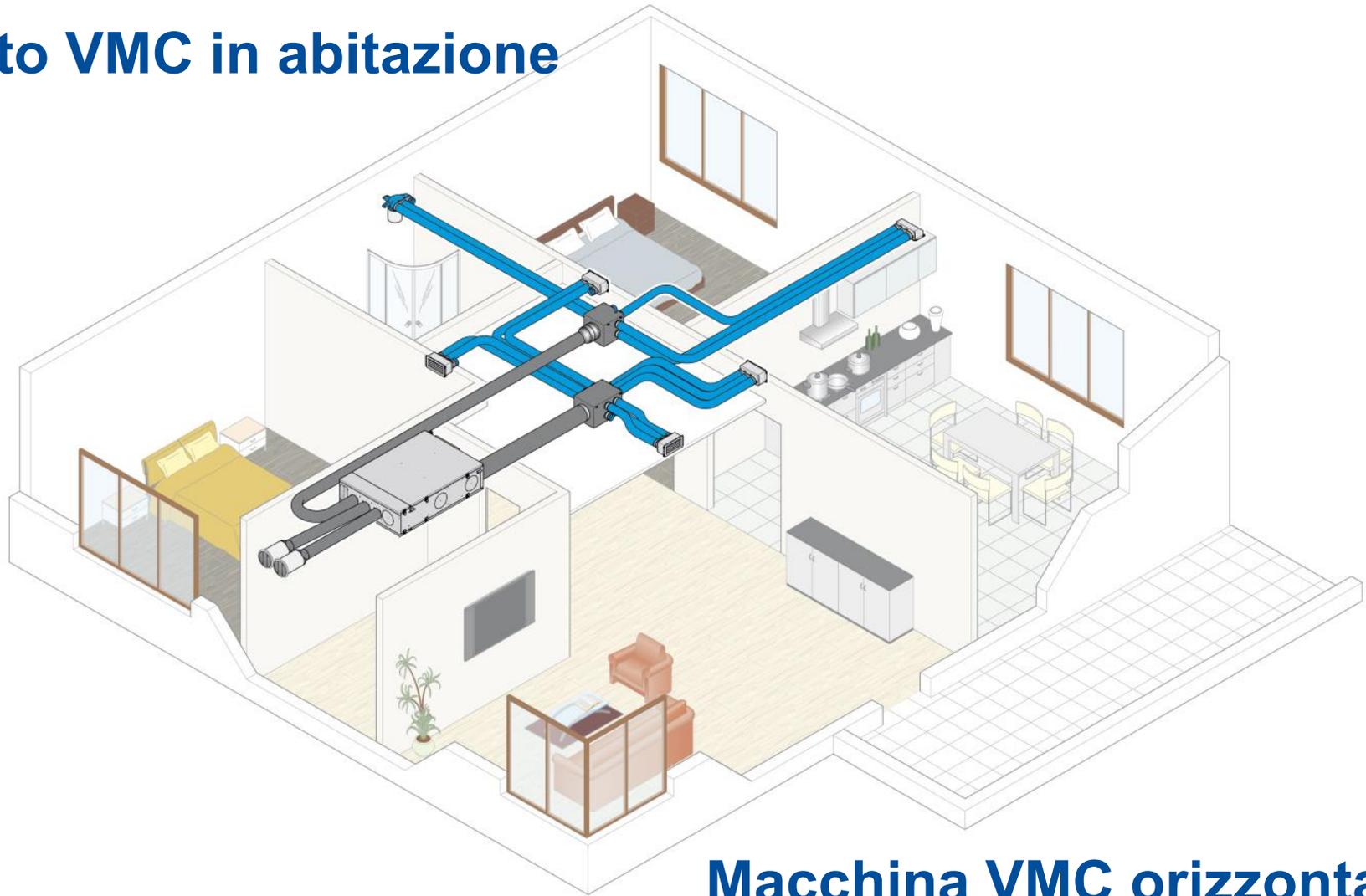
Impianto VMC in abitazione



Macchina VMC verticale

Ventilazione meccanica RDZ

Impianto VMC in abitazione



Macchina VMC orizzontale

Ventilazione meccanica RDZ

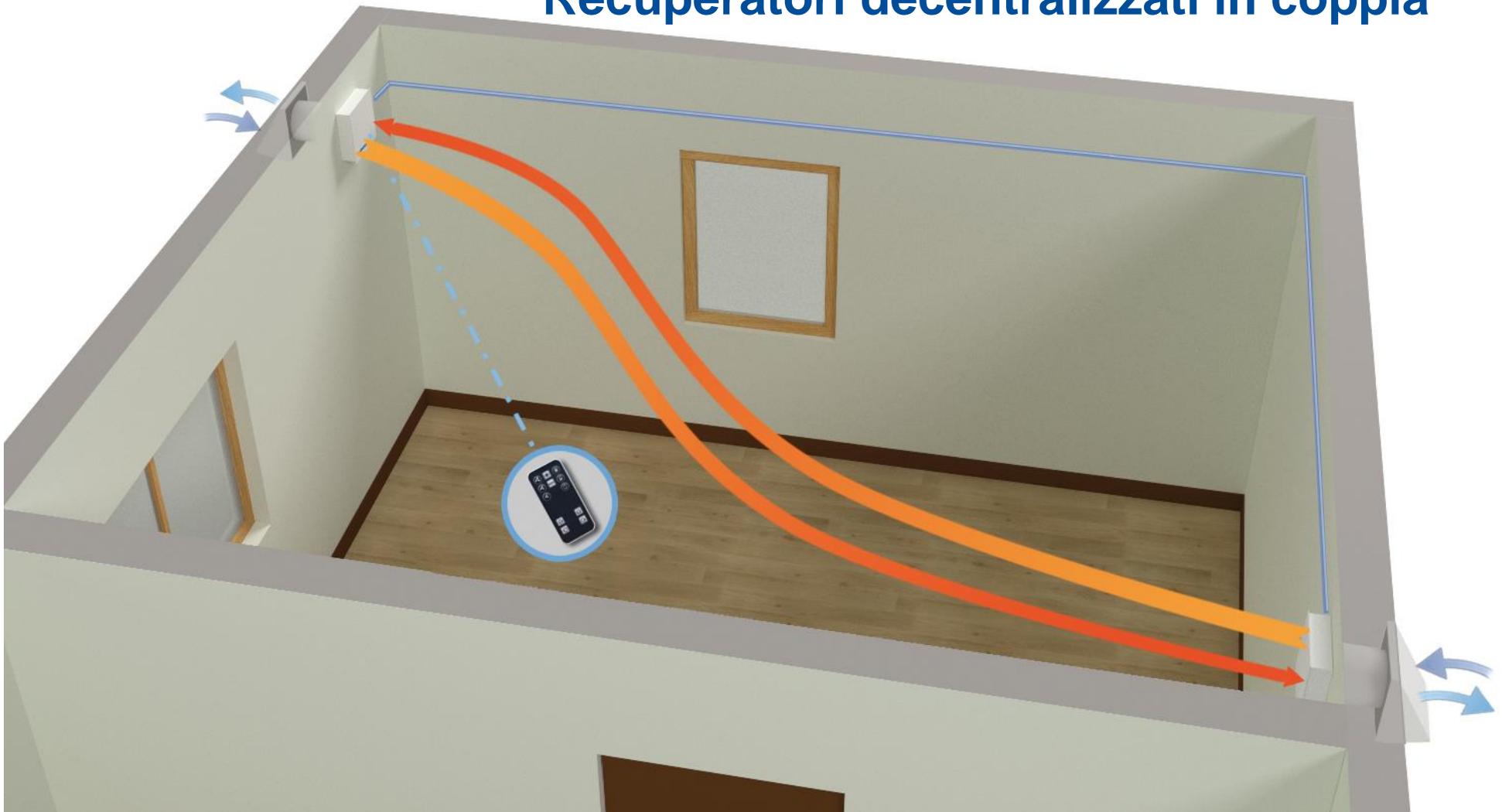
Edifici esistenti. Recuperatori decentralizzati



Ventilazione meccanica RDZ

Edifici esistenti.

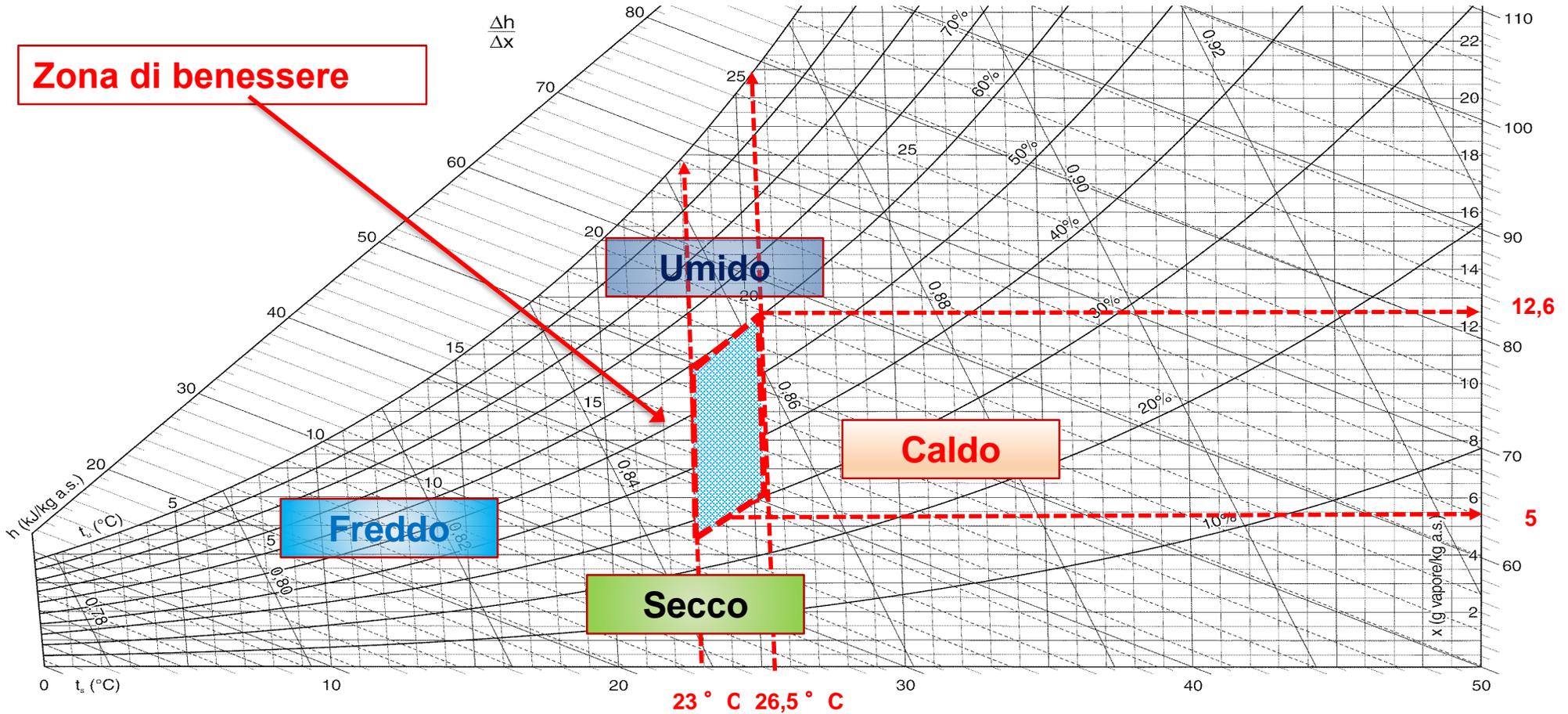
Recuperatori decentralizzati in coppia



DEUMIDIFICAZIONE RDZ

Deumidificazione RDZ

Parametri per il comfort estivo



Deumidificazione RDZ



Nelle condizioni estive la sensazione di benessere del corpo umano risente in maniera considerevole dell'umidità dell'aria.

Il controllo dei parametri di comfort (temperatura e umidità) viene demandato agli appropriati terminali (impianto radiante e sistema di trattamento aria).

E' necessario che i 2 terminali siano perfettamente in grado di agire: un dispositivo che per deumidificare debba anche raffreddare l'aria comporta **il rischio di ultra-raffreddamento!**

Per tale motivo la soluzione ideale in presenza dei sistemi radianti è quella di avere dei veri e propri deumidificatori (per il solo calore latente).

Ventilazione meccanica RDZ

Impianto VMC in abitazione

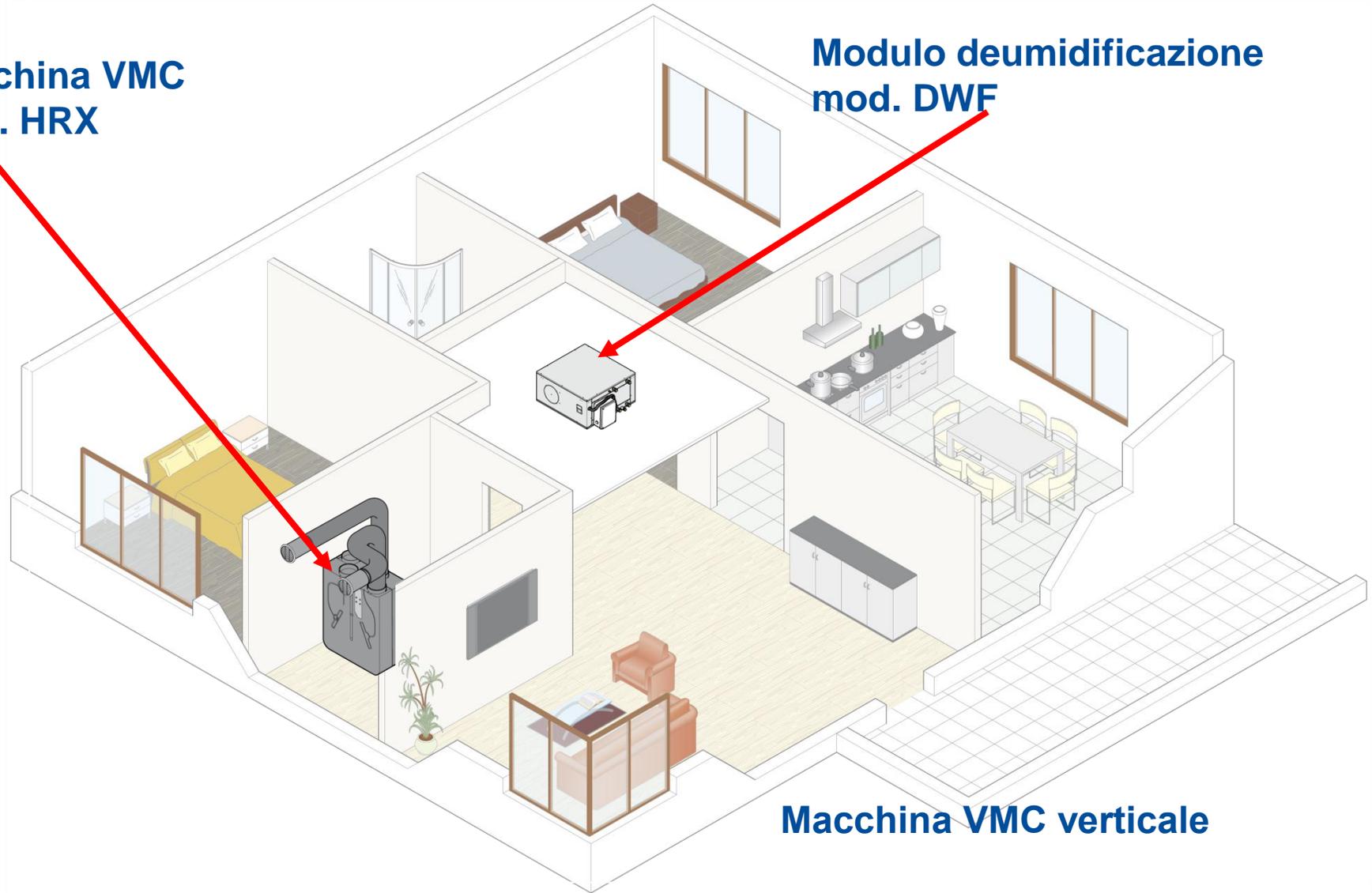


Macchina VMC verticale

Deumidificazione RDZ

Macchina VMC
mod. HRX

Modulo deumidificazione
mod. DWF

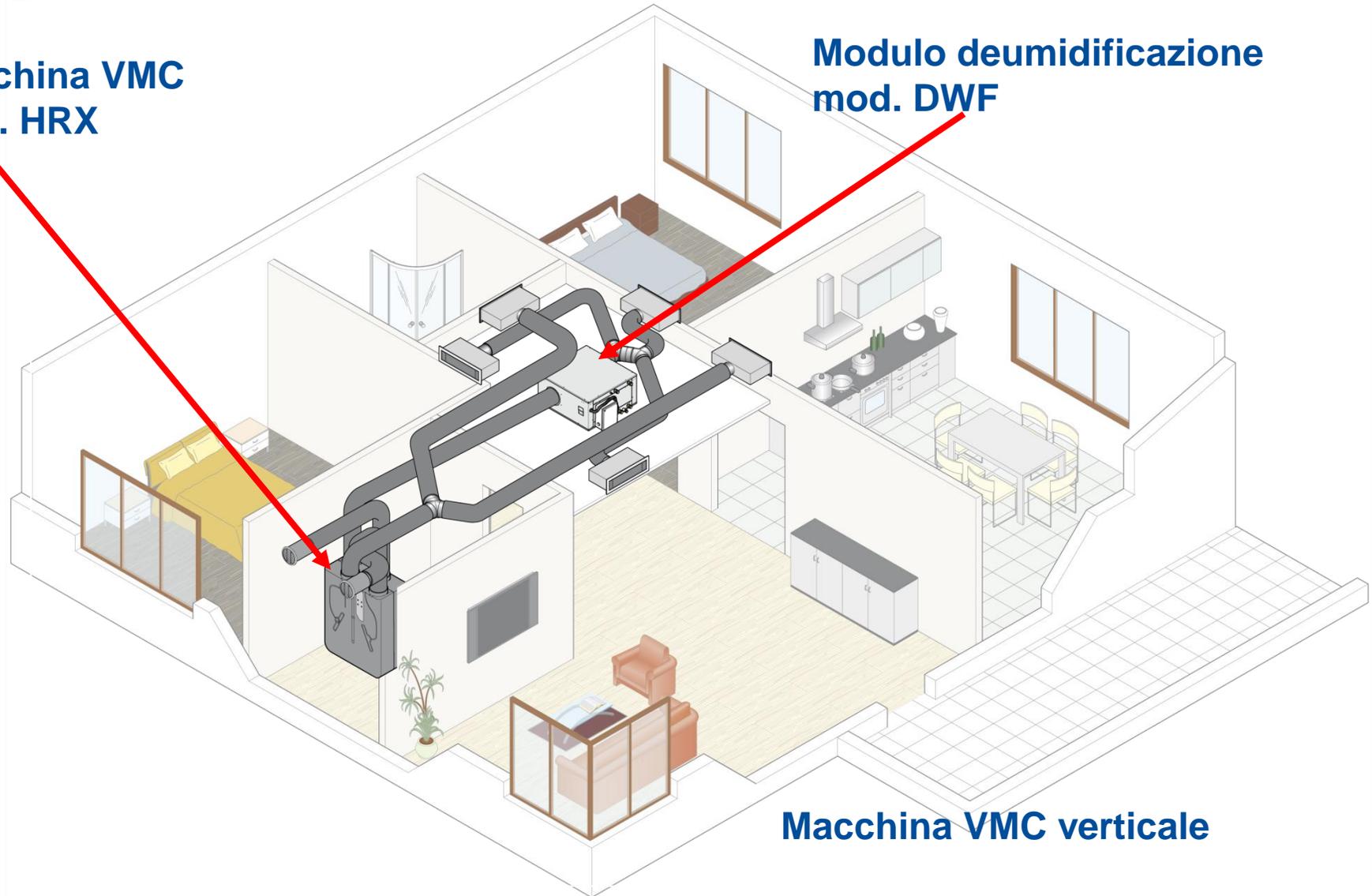


Macchina VMC verticale

Deumidificazione RDZ

Macchina VMC
mod. HRX

Modulo deumidificazione
mod. DWF

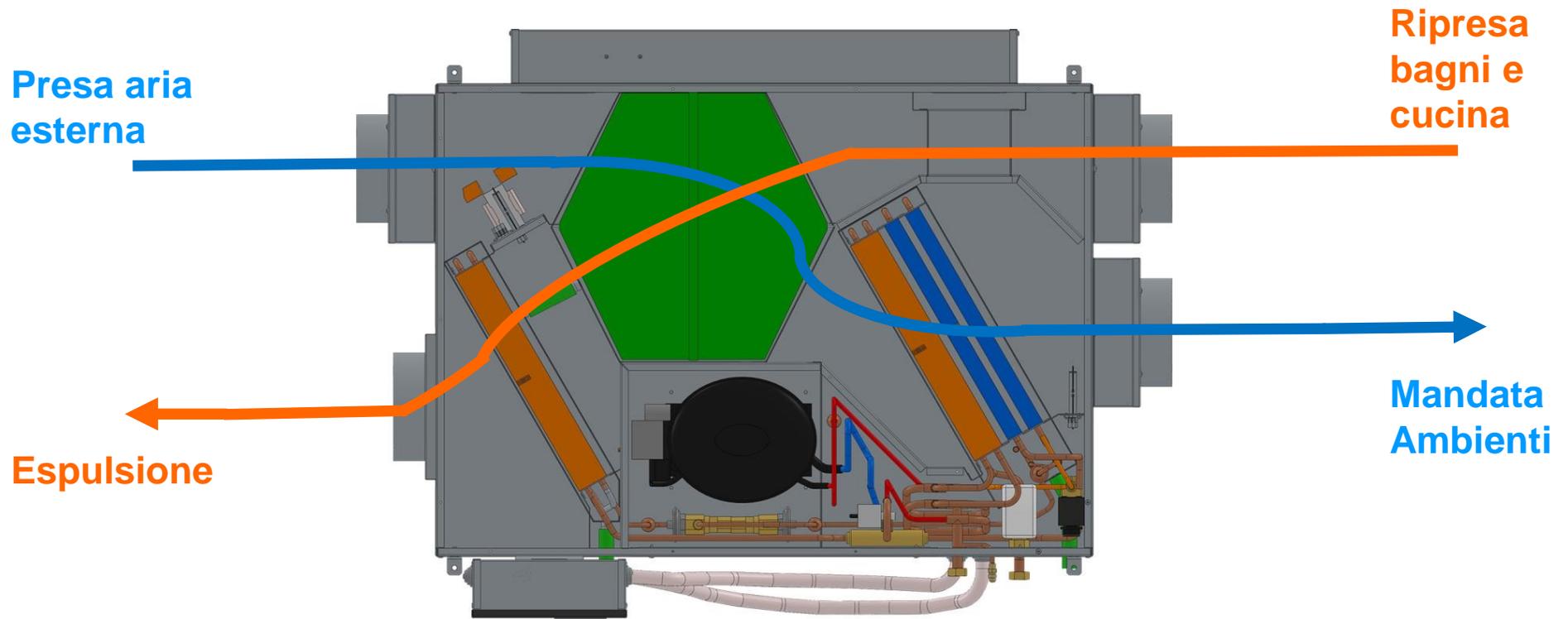


Macchina VMC verticale

Deumidificazione RDZ

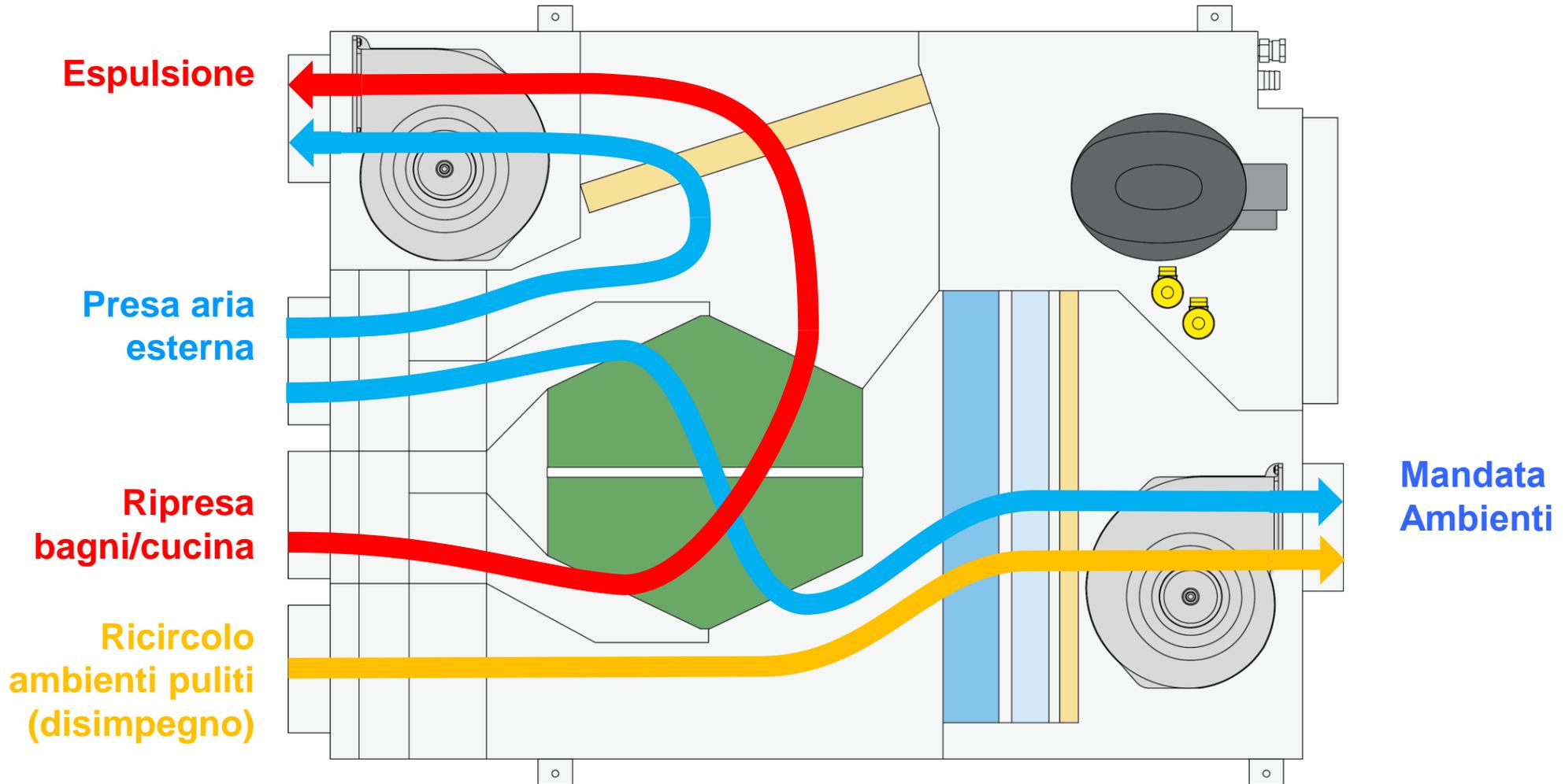
Unità aria primaria UAP 200-PDC

Flussi aria



Deumidificazione RDZ

UC 300-MHE - flussi base



Deumidificazione RDZ

Comparazioni UC 300-Mxx -UTA

Tabella comparativa

	Fabbisogno energia primaria			
	UC 300-MHE	UC 300-M	UTA+elettrico	UTA+caldaia
Trattamento				
Demidificazione	1.911	2.635	3.145	3.872
Integrazione	2.008	3.236	2.309	2.309

	Fabbisogno energia primaria			
	UC 300-MHE	UC 300-M	UTA+elettrico	UTA+caldaia
Trattamento				
Demidificazione	37,1%	51,2%	100,0%	75,3%
Integrazione	87,0%	140,1%	100,0%	100,0%

Fare efficienza

POMPE DI CALORE RDZ

Pompe di calore RDZ

Pompe di calore: cosa sono

Le pompe di calore permettono di utilizzare l'energia presente nell'aria, nell'acqua e nel suolo, consentendo **elevati risparmi di energia primaria** e riducendo notevolmente le emissioni di CO₂.



Pompe di calore RDZ

Pompe di calore: cosa sono

I sistemi a pompa di calore hanno una naturale vocazione per la climatizzazione degli ambienti.

D'inverno, portano il calore dall'esterno all'interno.

D'estate, con ciclo contrario, portano il calore dall'interno all'esterno.

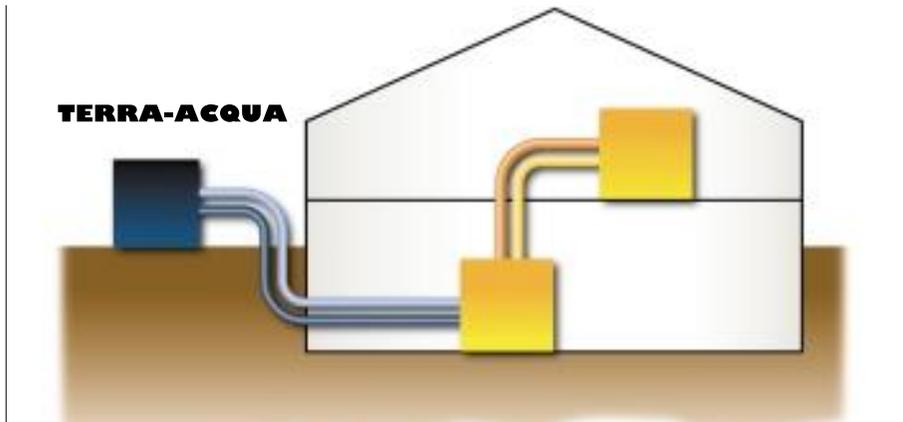
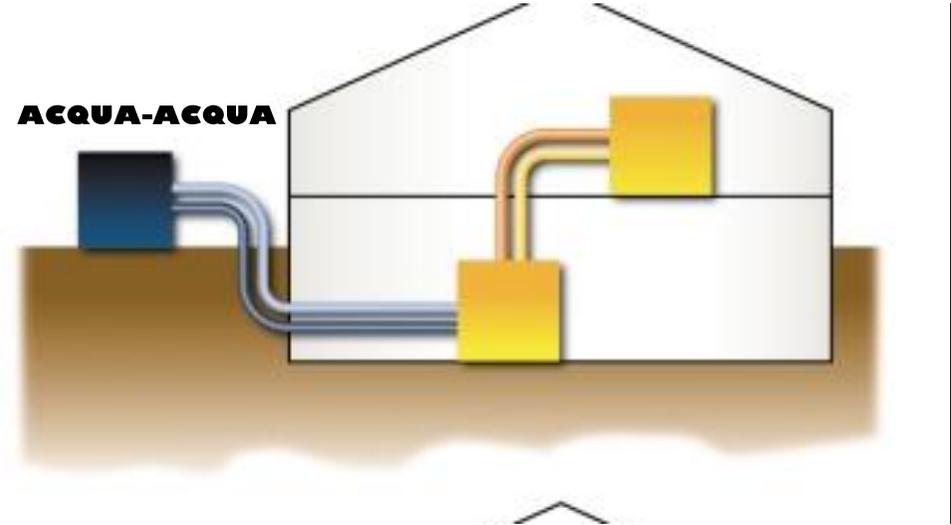
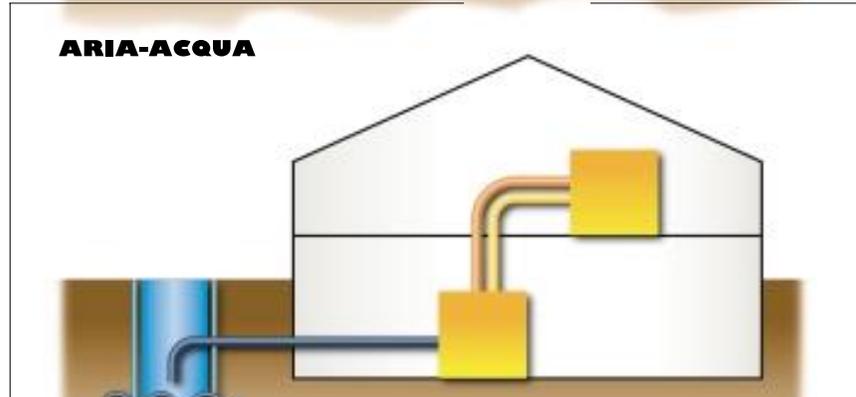
Il punto chiave della questione è che la pompa di calore è un sistema che trasporta calore, utilizzando una certa quantità di energia (elettrica, assorbita dal compressore).

In generale l'energia trasportata da un ambiente a un altro è ben superiore all'energia impiegata per il trasporto.

Nel caso della pompa di calore, si dispone di una macchina che trasporta energia in forma termica utilizzando tipicamente energia che viene fornita dalla rete elettrica.

Pompe di calore RDZ

Come produce energia?



Tipi di sorgente termica

Aria / Acqua

Acqua / Acqua

Terra / Acqua

TERMOREGOLAZIONE RDZ

Regolazioni RDZ

Per garantire il **massimo comfort** degli ambienti e un opportuno **risparmio energetico** è necessario utilizzare un sistema di termoregolazione.

Il controllo elettronico deve garantire la **gestione ottimale** di tutti gli elementi che entrano in gioco nel funzionamento dell'impianto.

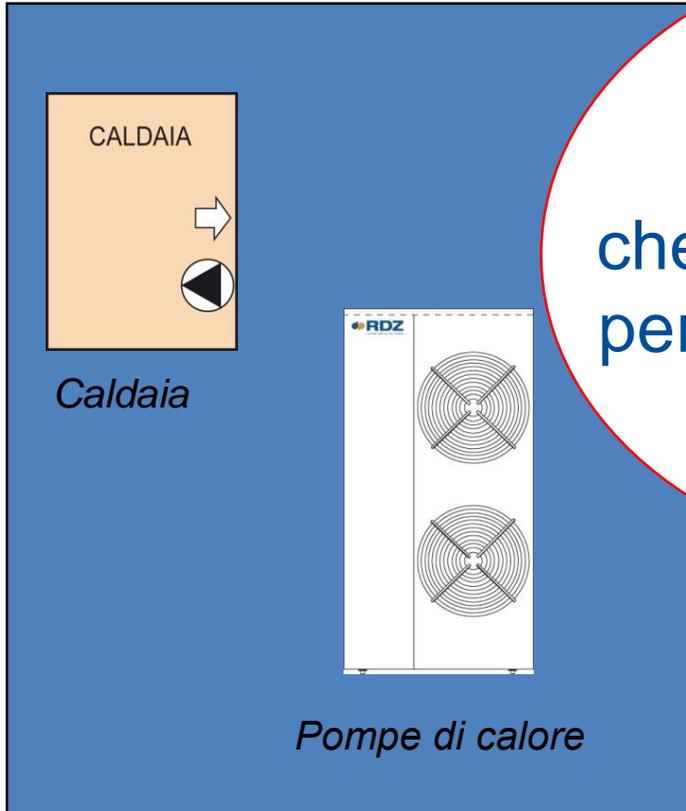


Regolazioni RDZ

Produzione energia

Utilizzo energia

Centrale termica

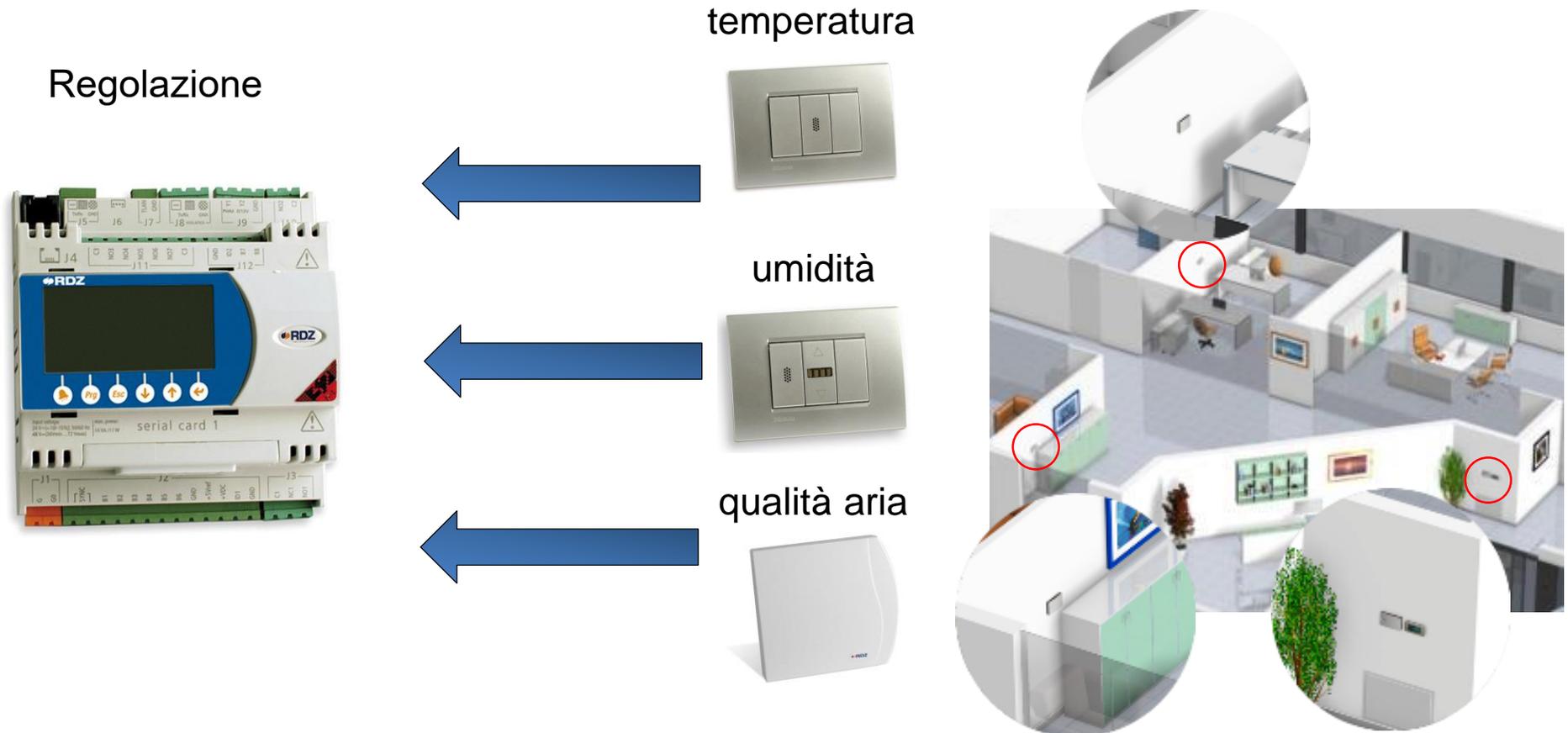


La regolazione
è l'intelligenza
che gestisce l'impianto
per garantire il comfort
con la massima
efficienza



Regolazioni RDZ

Il sistema di regolazione prevede all'interno dei locali dei dispositivi (**sonde ambiente di temperatura, temperatura/umidità e qualità dell'aria**) che rilevano il microclima negli ambienti e inviano informazioni al regolatore.



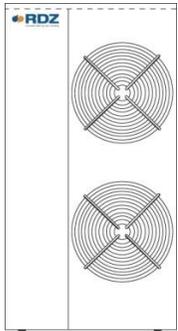
Regolazioni RDZ

Cosa controlla la termoregolazione?

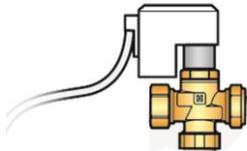
Il regolatore centrale, grazie alle informazioni ricevute dalle sonde ambiente, gestisce le valvole **miscelatrici** e comanda le **pompe** impianto, il **generatore** di calore/freddo, le macchine del trattamento **aria**, ecc.



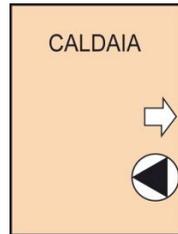
Pompa di calore



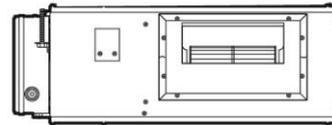
Valvola miscelatrice



Caldaia



Deumidificatori



Trattamento aria



Regolazioni RDZ

Gruppo GM-VJ

Modulo di miscela con
servomotore a segnale 0-10

UM 08 PLUS

Pompa di calore
monoblocco HP Inverter

UC 500-MVHE

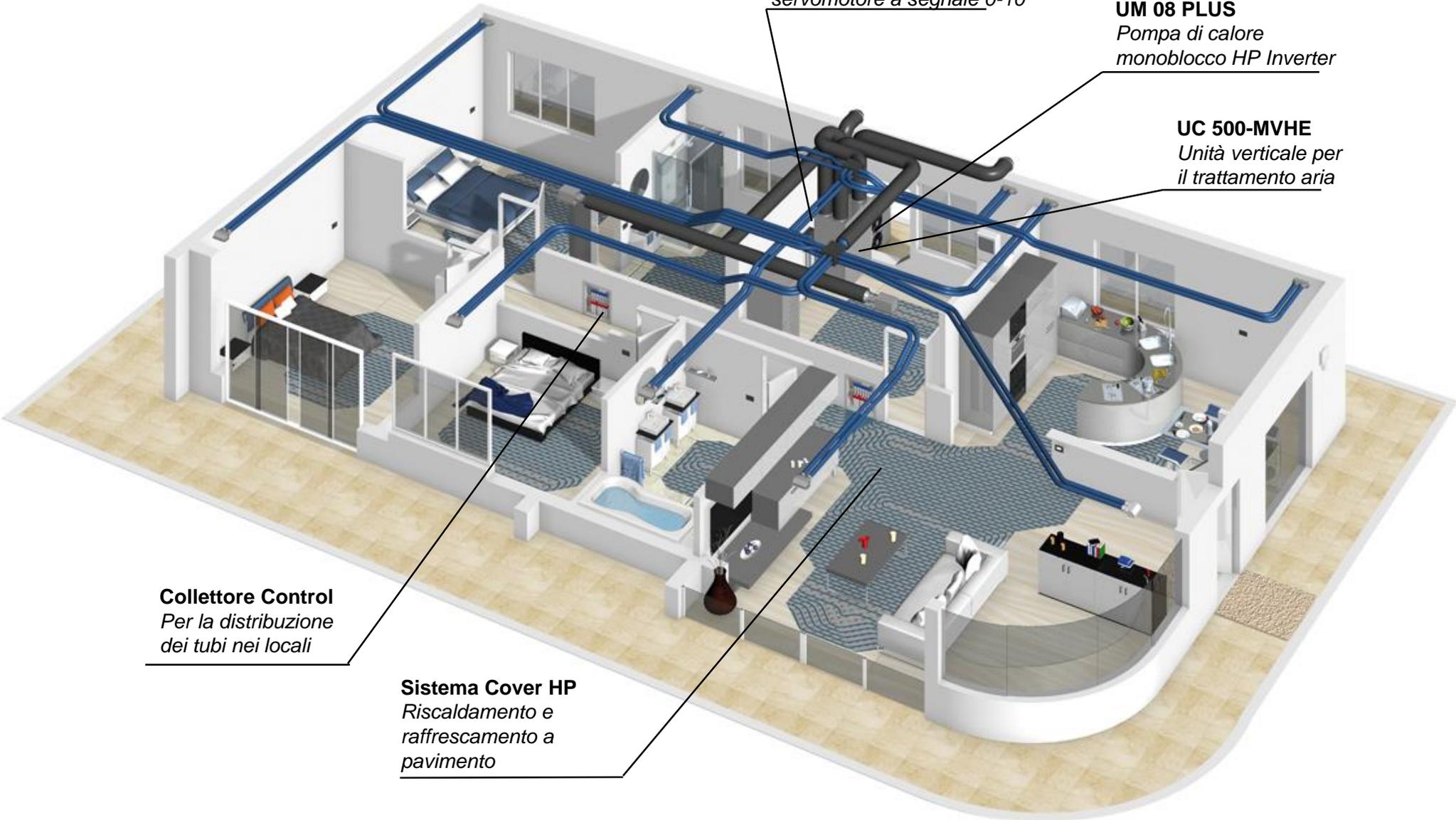
Unità verticale per
il trattamento aria

Collettore Control

Per la distribuzione
dei tubi nei locali

Sistema Cover HP

Riscaldamento e
raffrescamento a
pavimento



Regolazioni RDZ

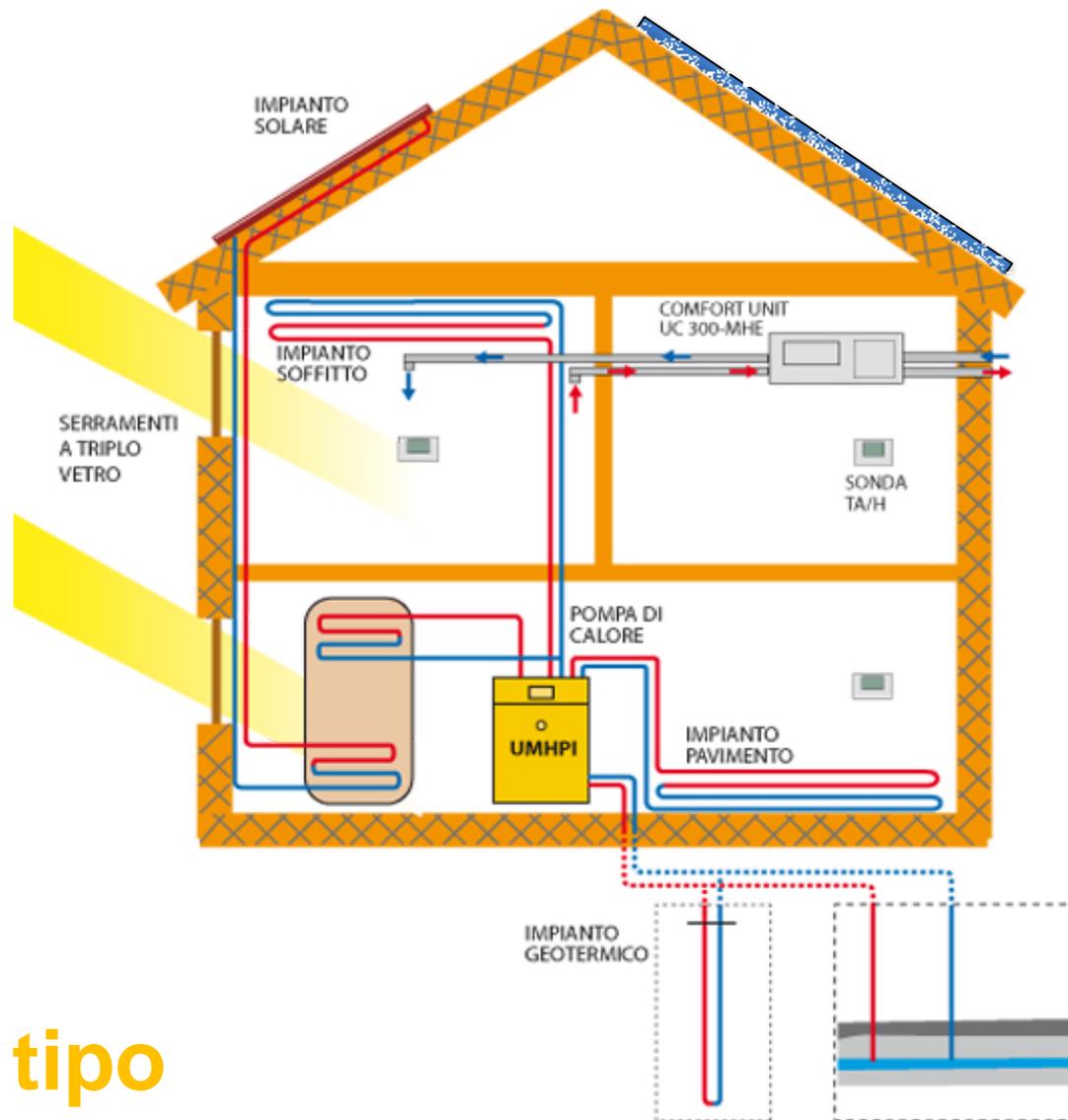
La termoregolazione

- ✓ Riduzione consumi energetici
- ✓ Massimo comfort
- ✓ Velocità di reazione

Fare efficienza

**Garantendo sempre
le condizioni di sicurezza.**

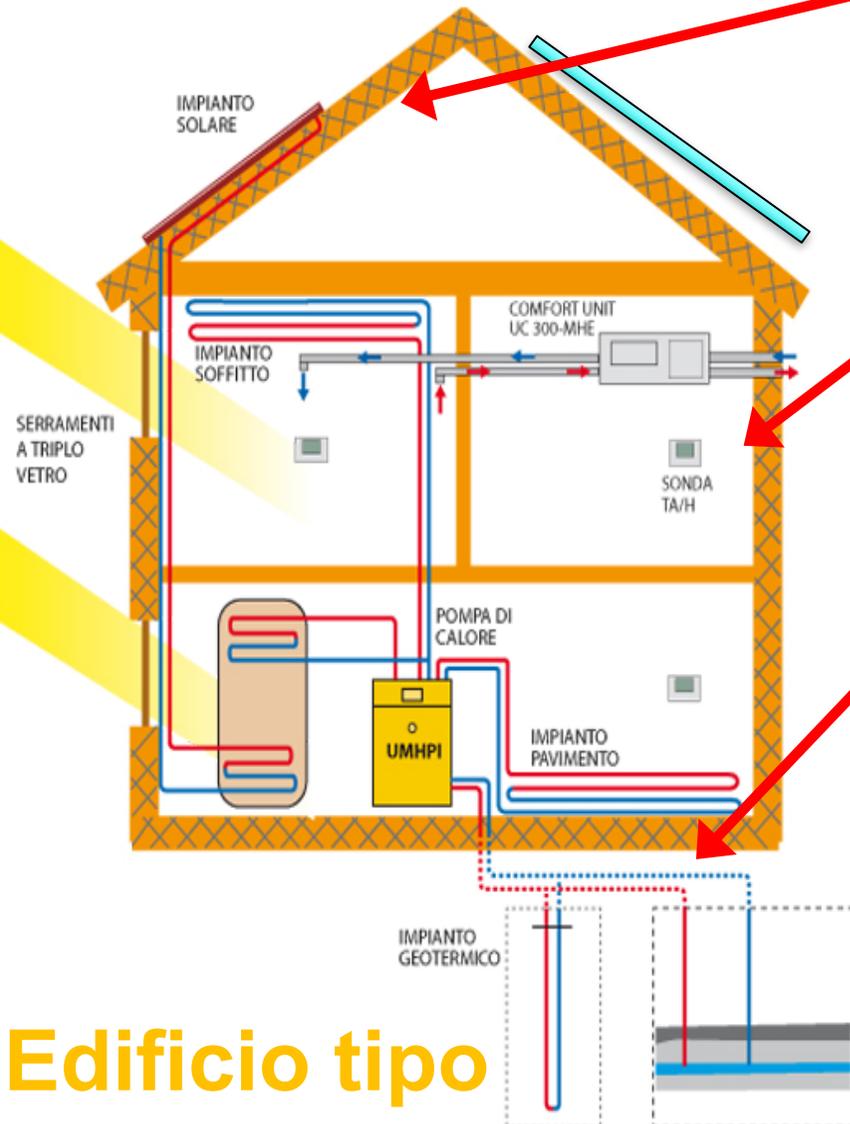
Soluzione tipo



Edificio tipo

Soluzione tipo

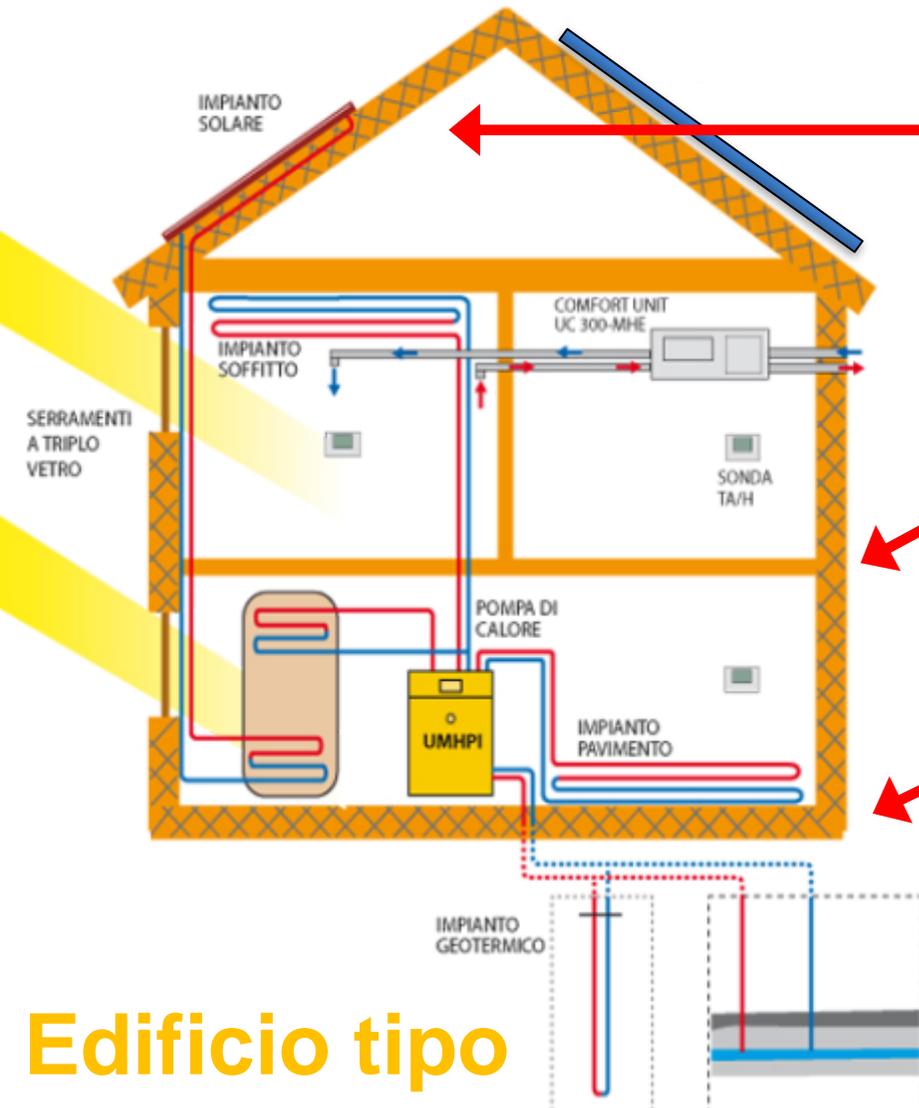
Cura nella scelta di materiali: basso impatto ambientale, ridotte emissioni inquinanti



Edificio tipo

Soluzione tipo

**Involucro edilizio
fortemente coibentato**



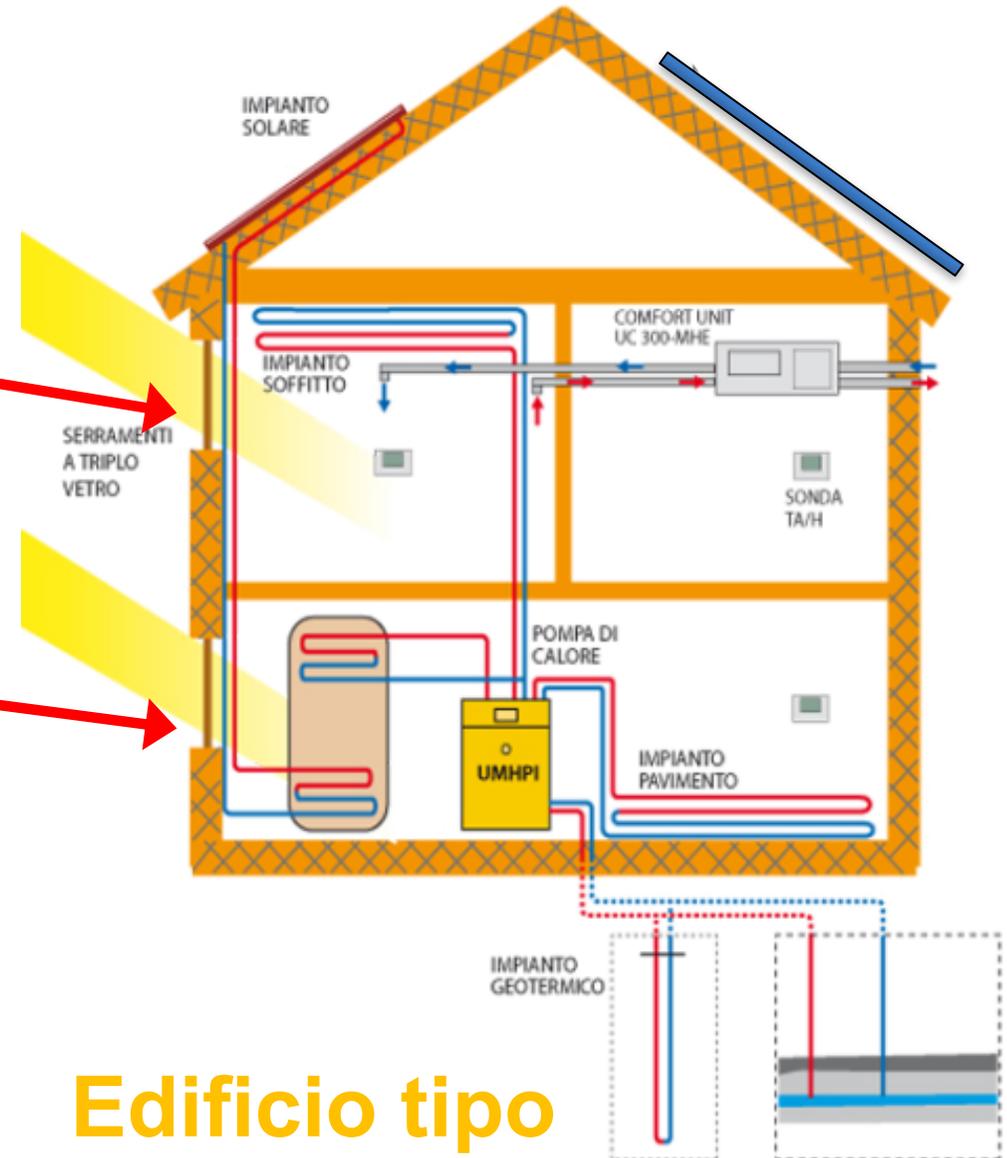
**Ponti termici
corretti
(temperature
superficiali)**

Edificio tipo

Soluzione tipo

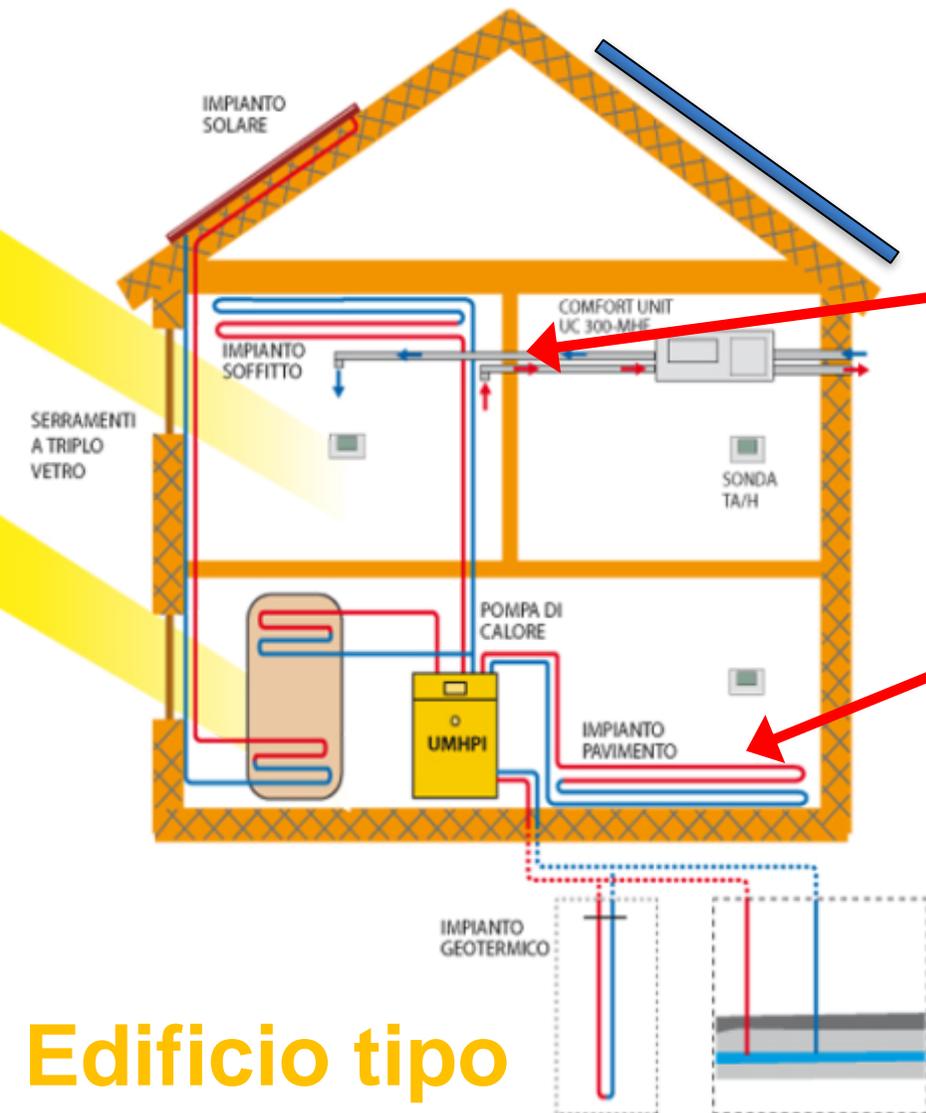
**Superfici vetrate
basso emissive.
Tenuta ermetica
all'aria.**

**Bassa trasmittanza,
basso fattore solare
(contenimento le
rientrate estive)**



Edificio tipo

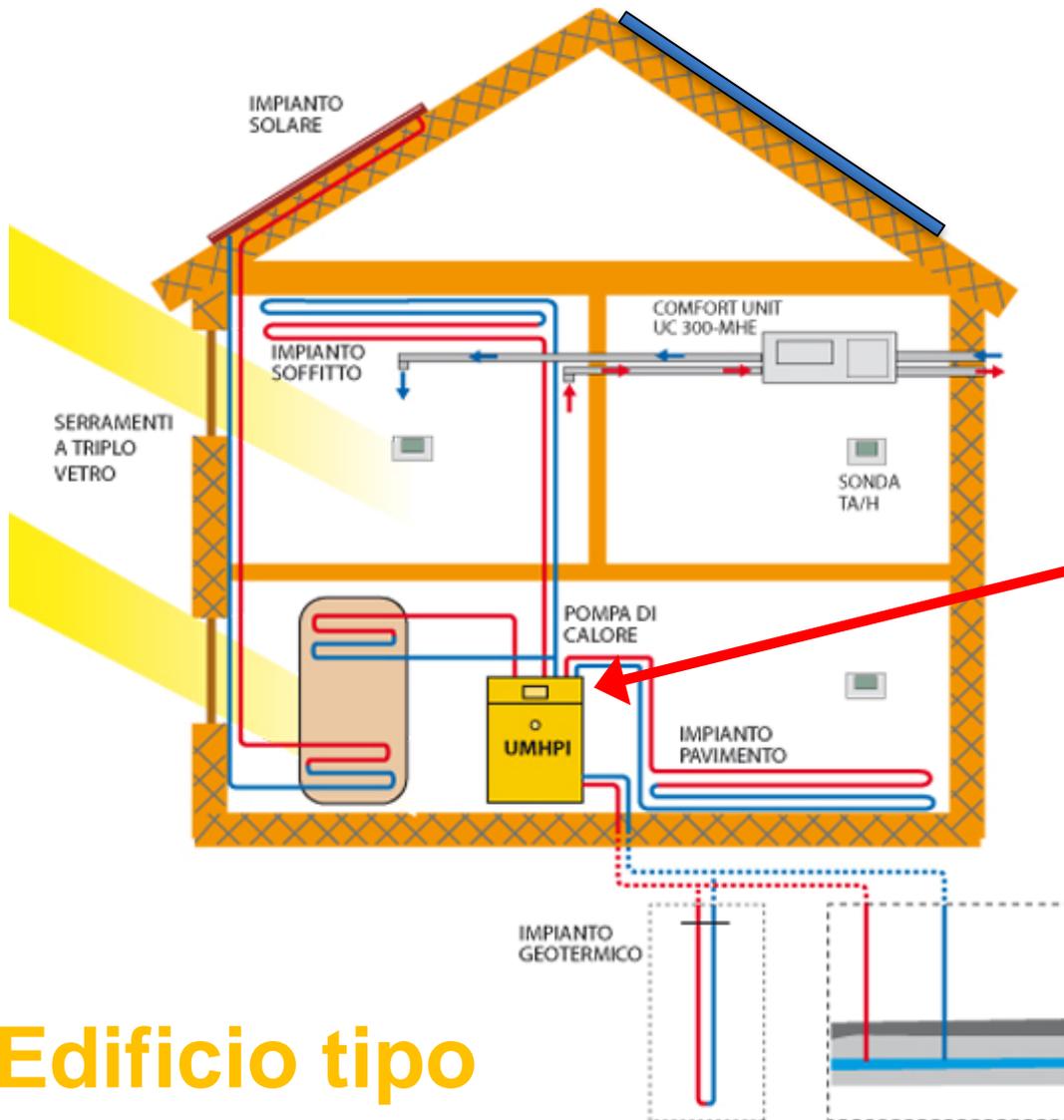
Soluzione tipo



**Impianto radiante
estate/inverno:
a pavimento
oppure a soffitto**

Edificio tipo

Soluzione tipo

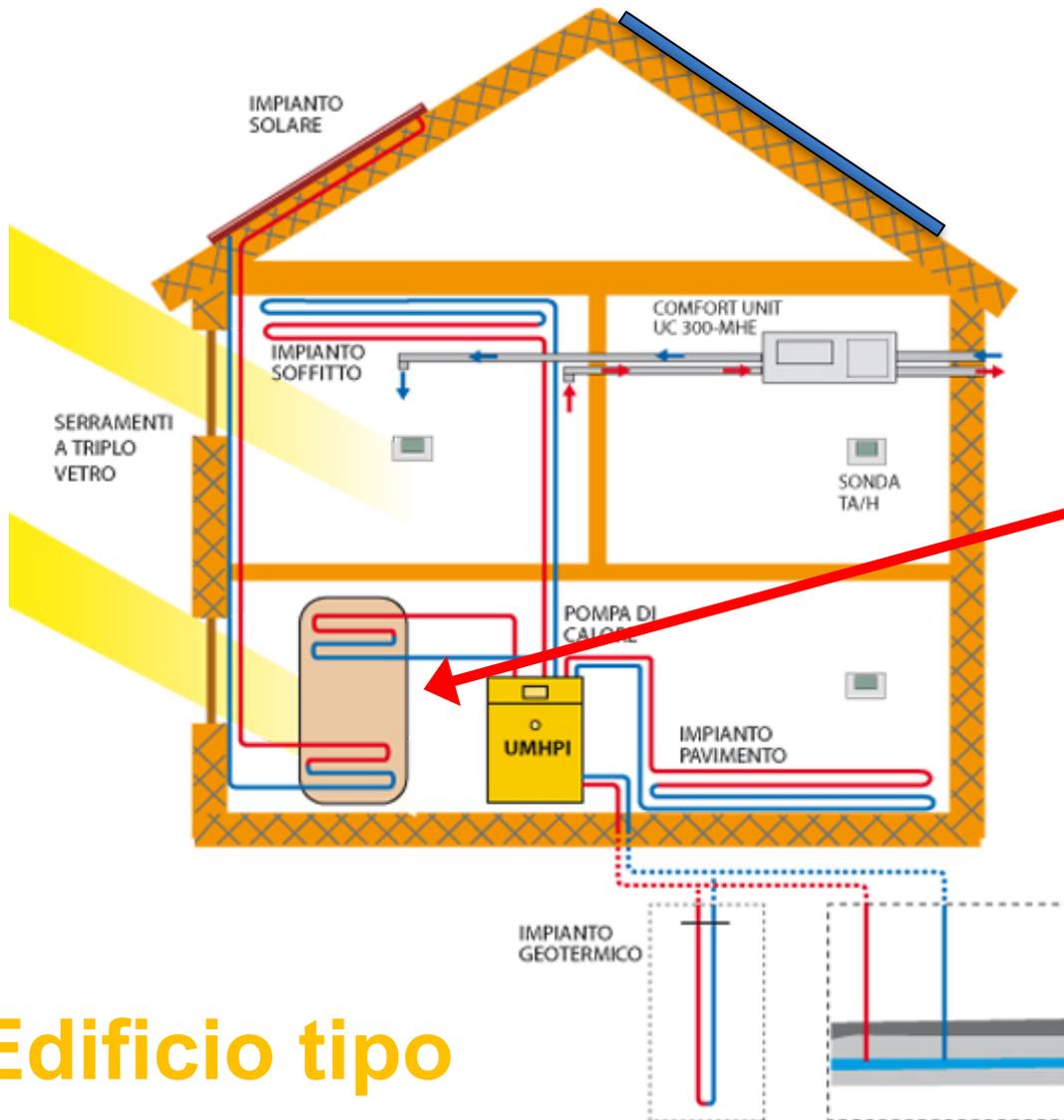


Produzione dell'energia: con pompa di calore.

- Geotermica**
- Aerotermica**

Edificio tipo

Soluzione tipo

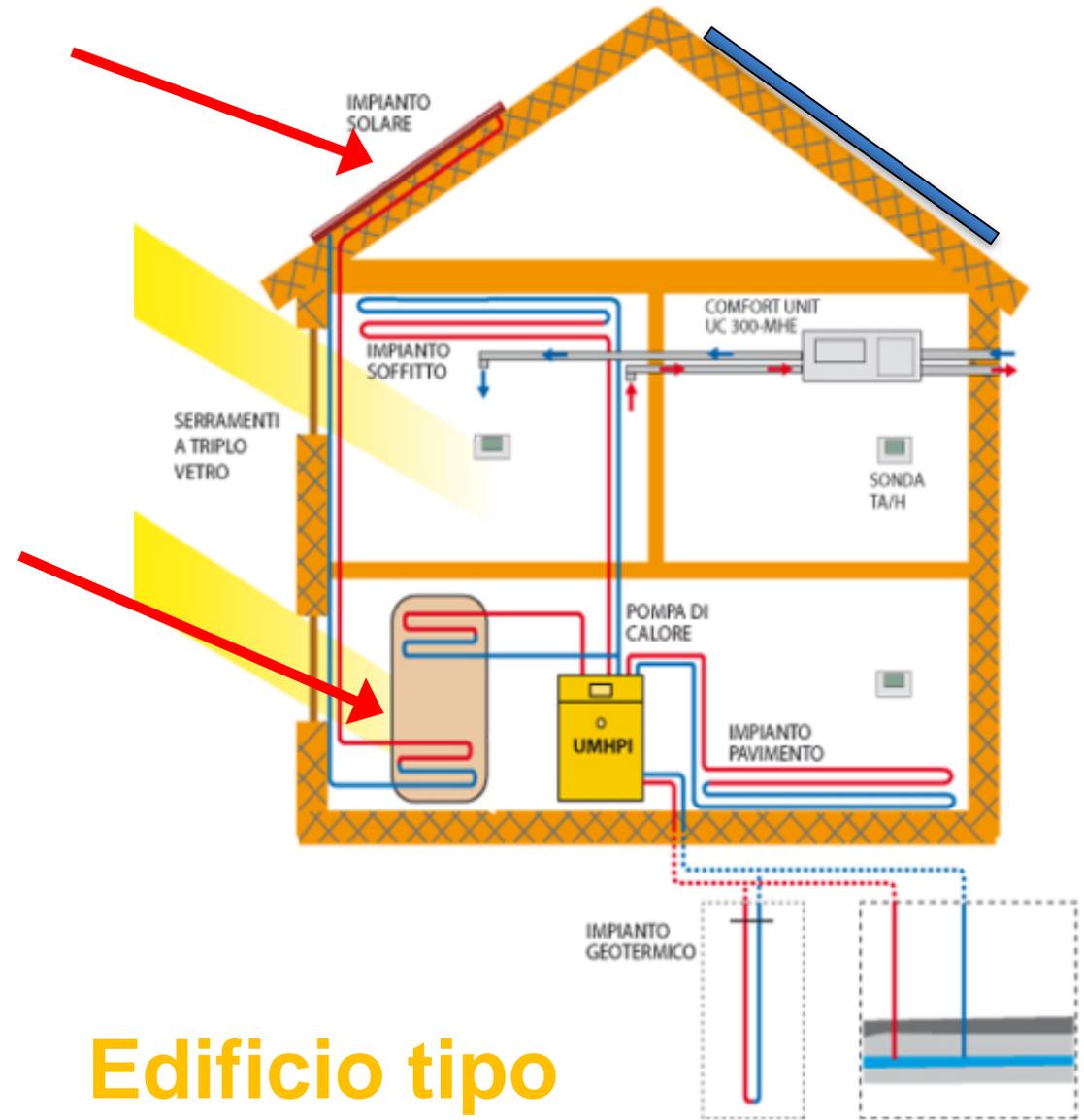


La pompa di calore soddisfa anche le esigenze di acqua calda sanitaria.

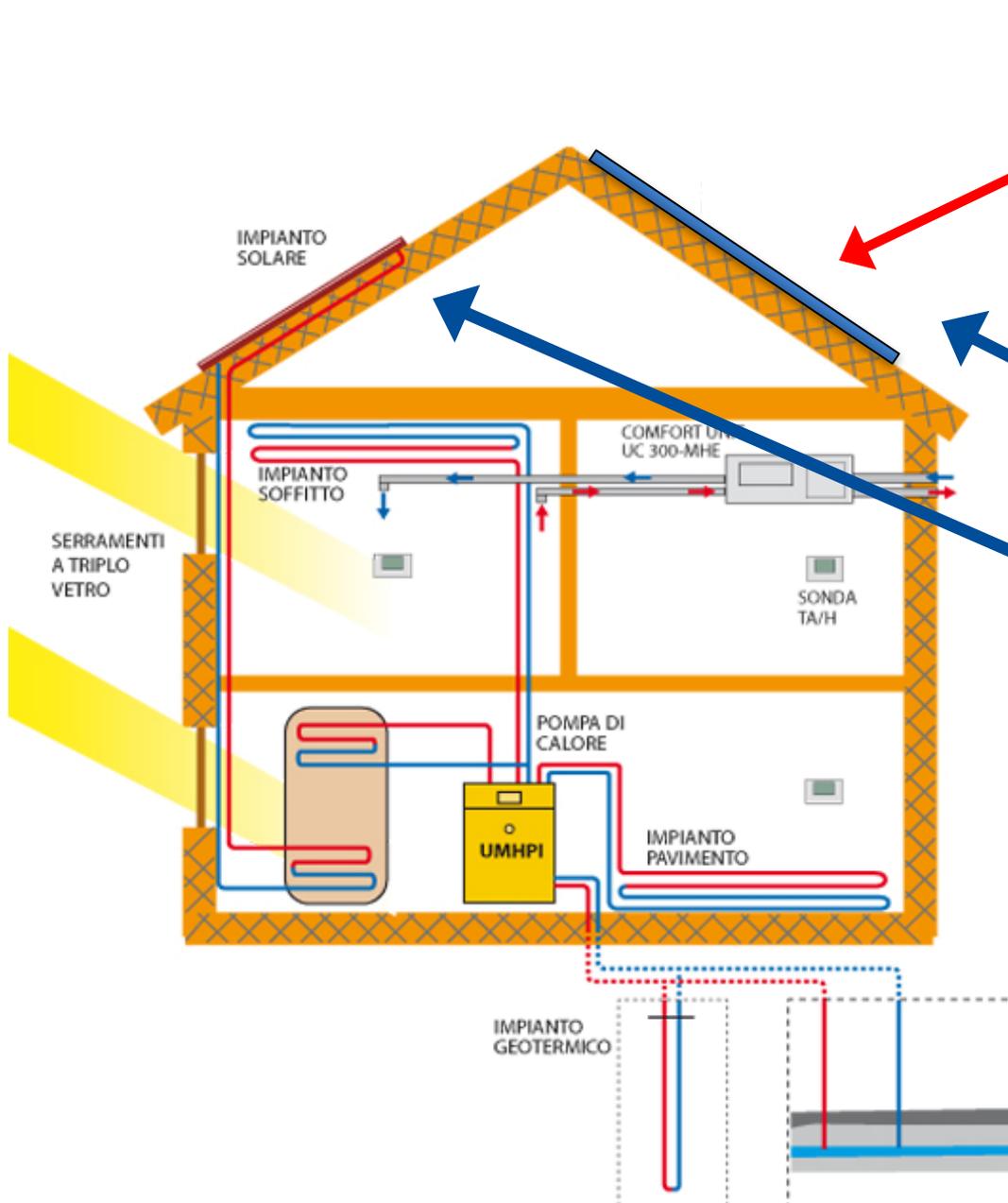
Edificio tipo

Soluzione tipo

Per la produzione di ACS c'è la collaborazione di un impianto solare termico (autonomia estiva, forte copertura invernale)



Edificio tipo



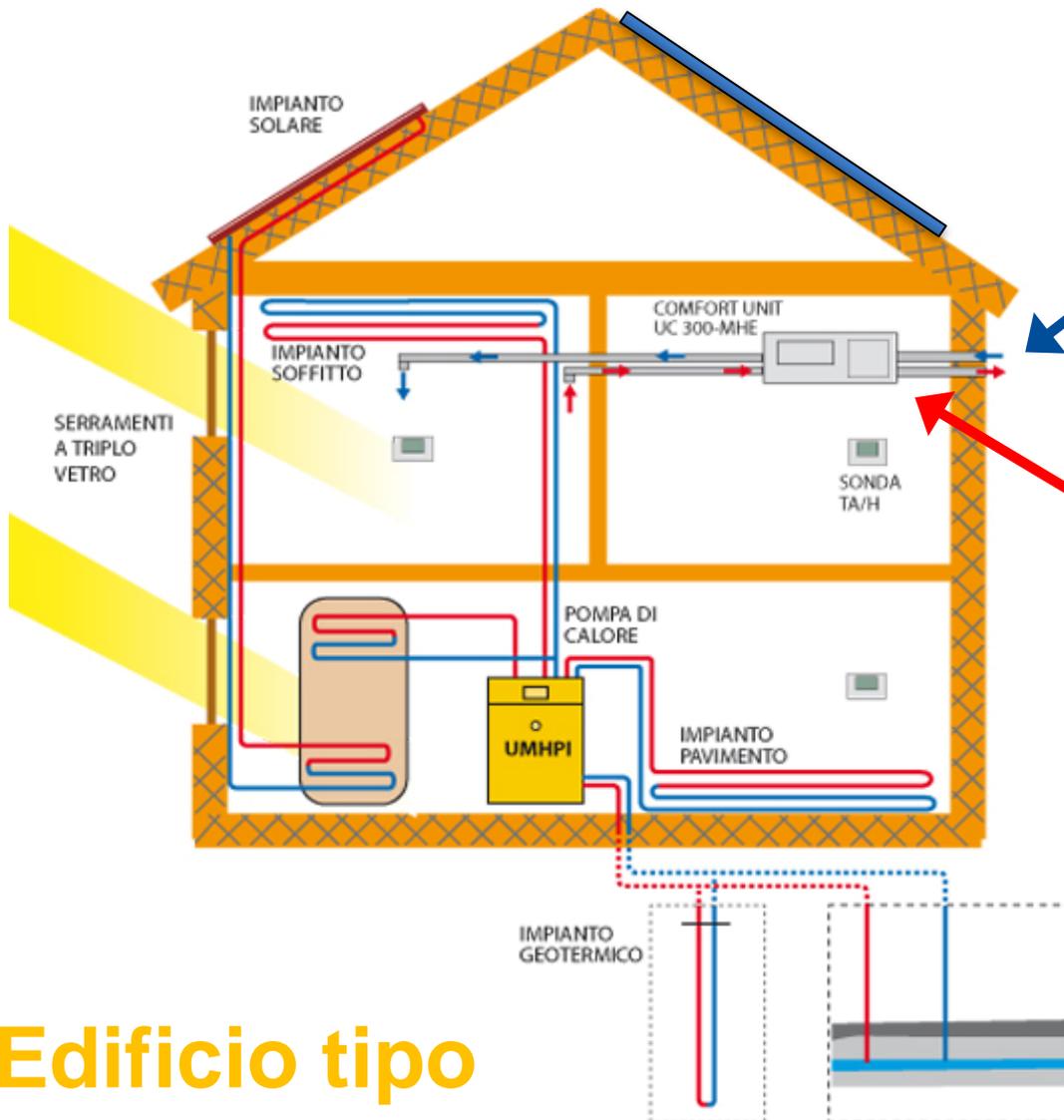
Per alimentare la pompa di calore si usufruisce di un impianto fotovoltaico.

Energia rinnovabile!

Edificio tipo

Soluzione tipo

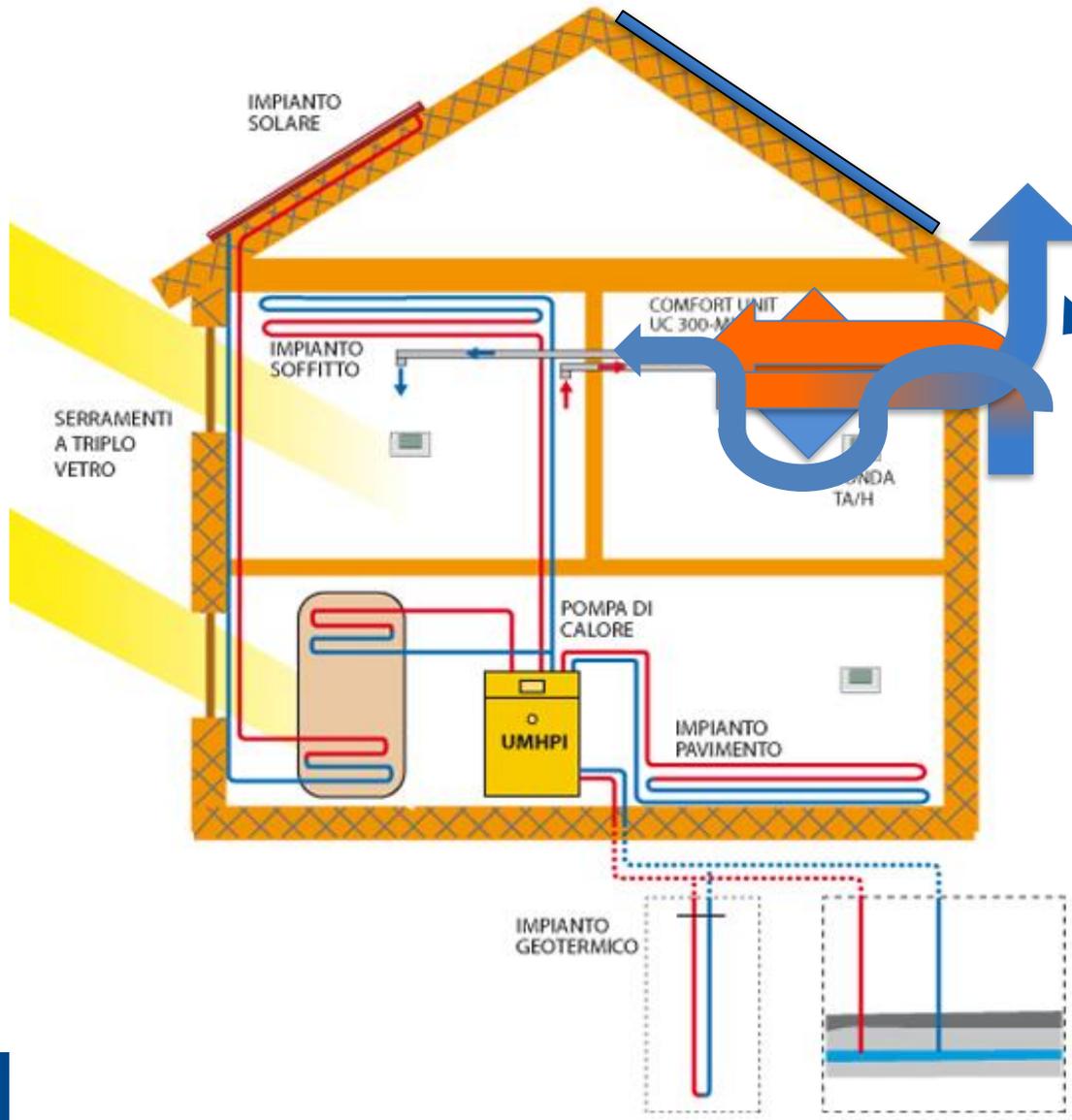
Ricambio aria con
recupero del
calore



Controllo termo-
igrometrico e qualità
dell'aria: VMC con
trattamento,
compresa
deumidificazione
estiva.

Edificio tipo

Soluzione tipo



Free-cooling

La ventilazione con “free-cooling” garantisce il comfort nelle stagioni intermedie e previene la possibilità di surriscaldamenti

Edificio tipo

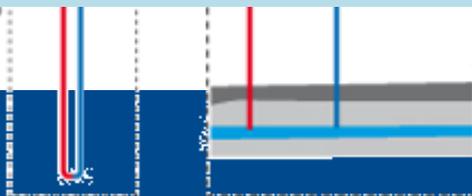
Soluzione tipo

Queste tecnologie sono già mature... e già disponibili oggi!

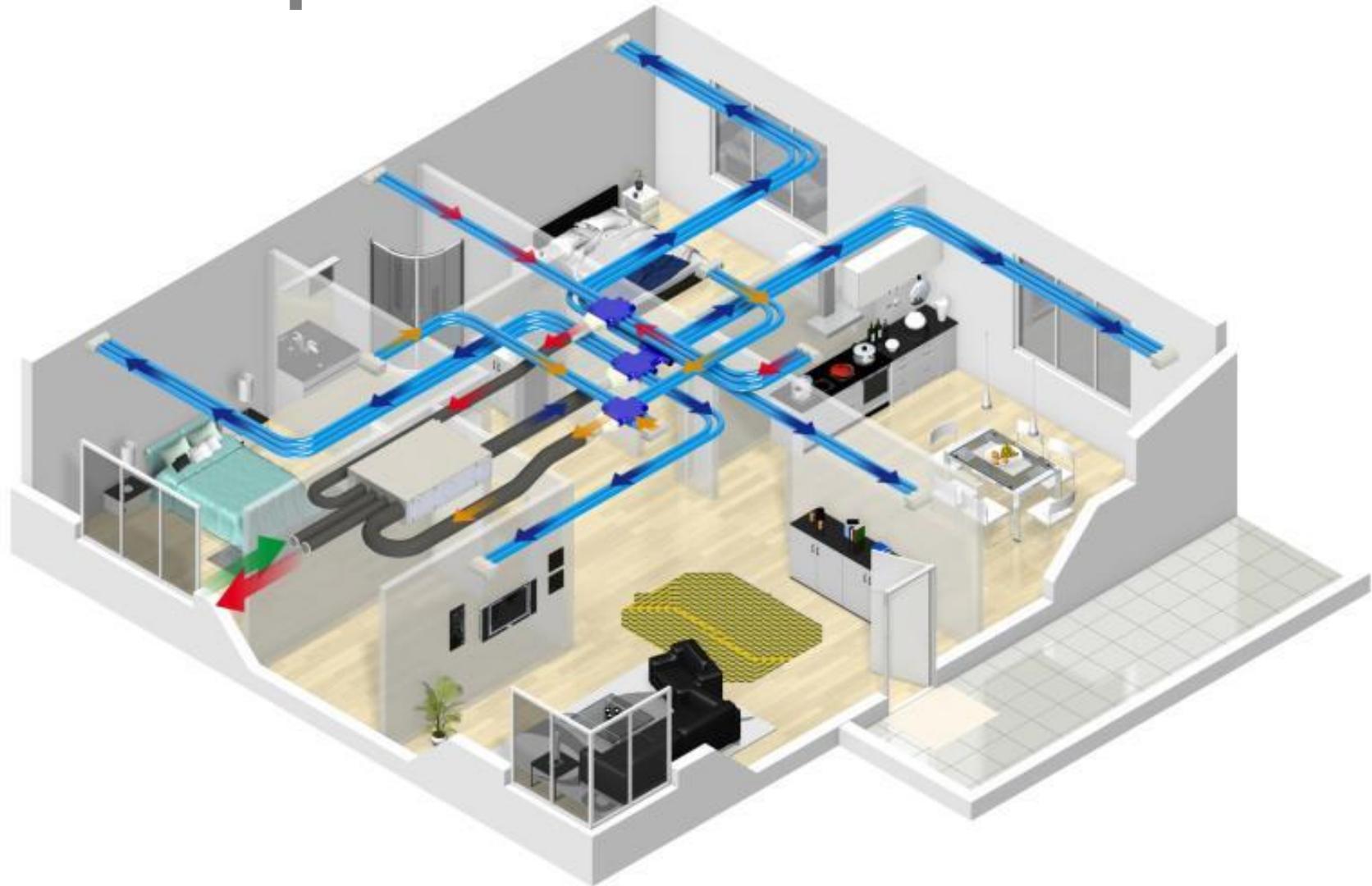
L'edificio a consumo ZERO è già a portata di mano...

E' necessaria una BUONA PROGETTAZIONE (conoscere e applicare...)

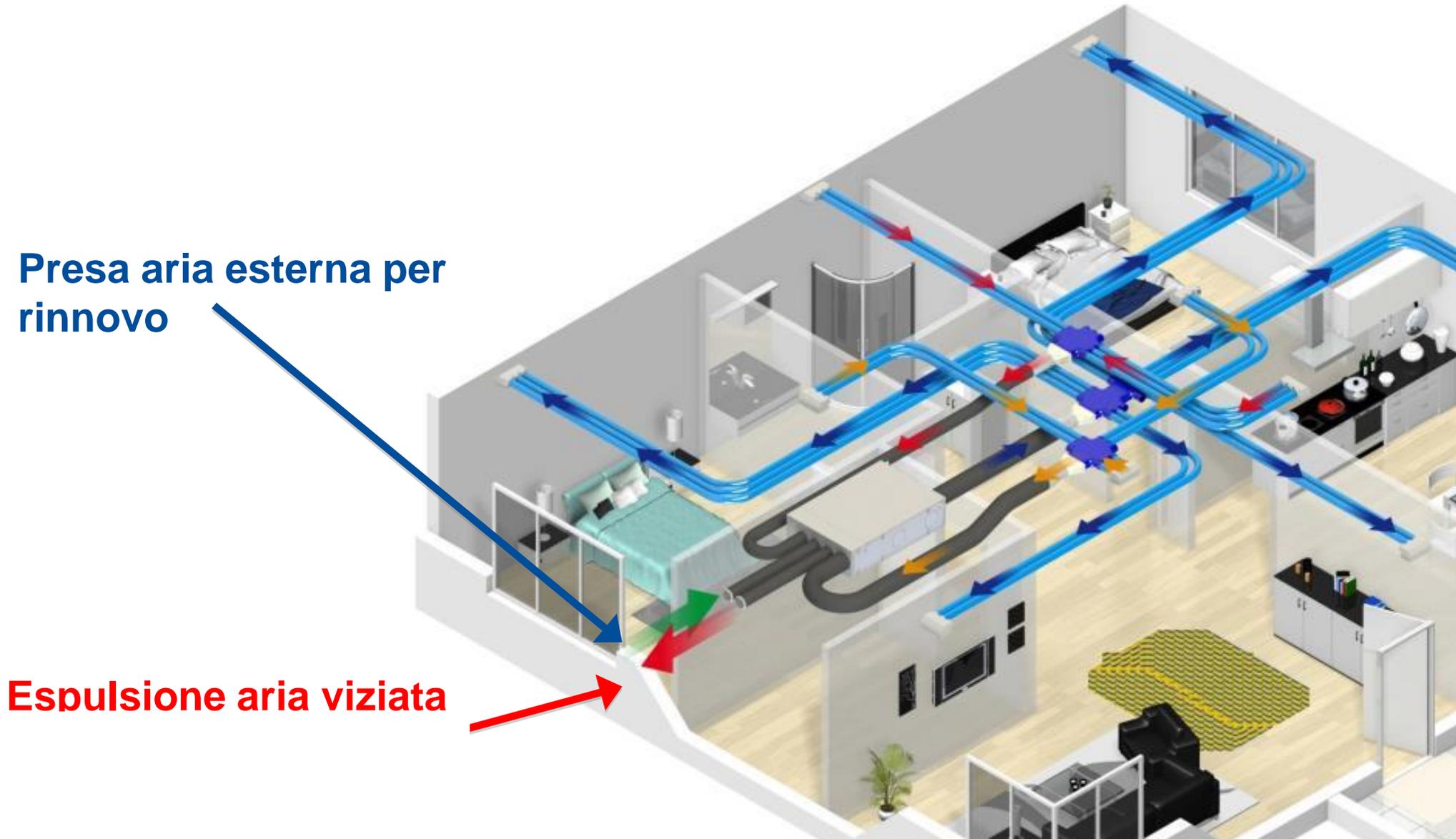
GEO TERMICO



Esempio di impianto con sistema completo di trattamento aria



Esempio di impianto con sistema completo di trattamento aria

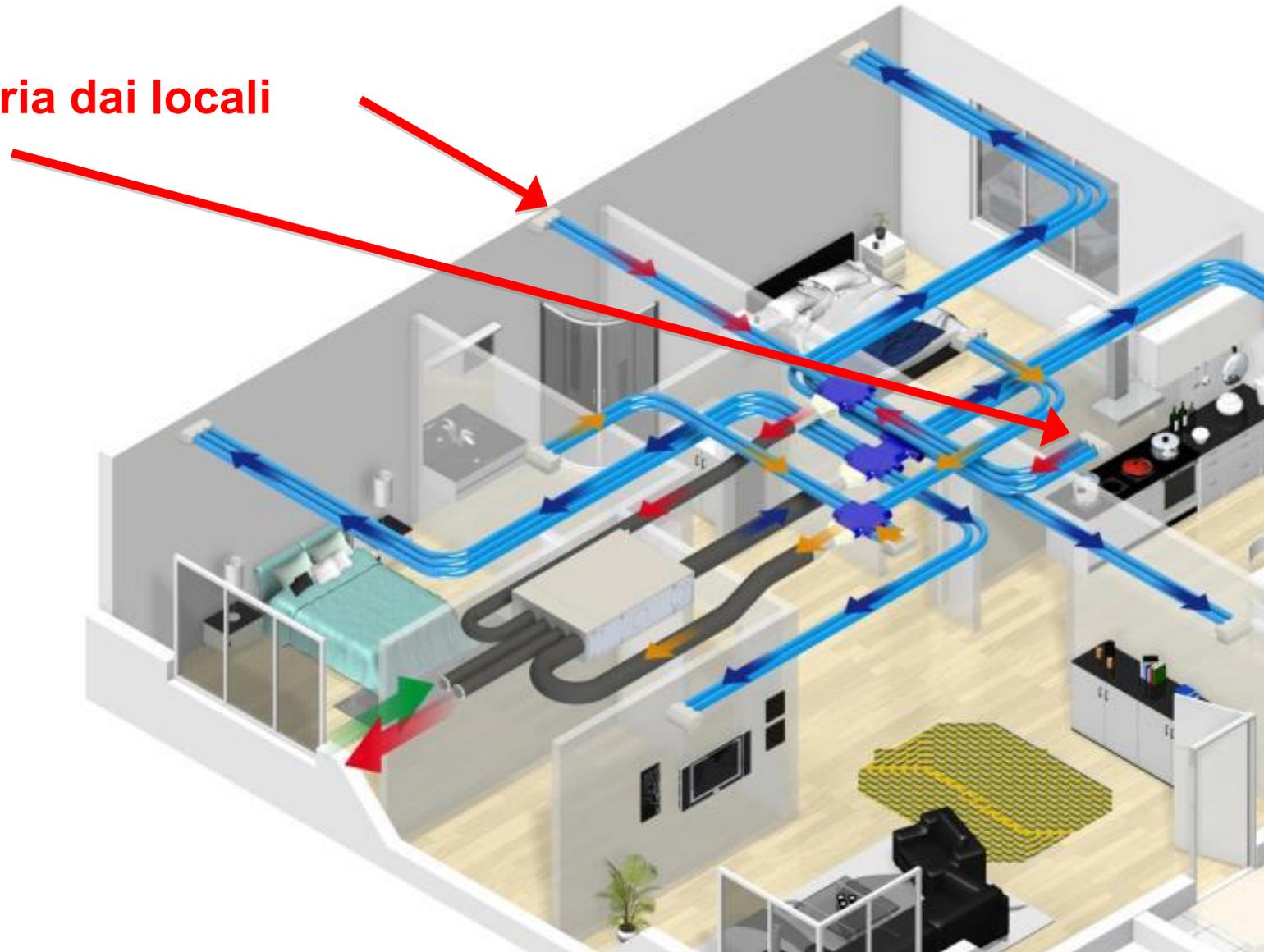


Esempio di impianto con sistema completo di trattamento aria



Esempio di impianto con sistema completo di trattamento aria

Ripresa aria dai locali
"umidi"



Esempio di impianto con sistema completo di trattamento aria

Domanda: gli spazi per queste apparecchiature e questi impianti ... (?)



Ieri

Caldaia

Canna fumaria

Rete gas

Oggi

Pompa di calore

Macchina ventilazione

Rete distribuzione aria



Ventilazione meccanica RDZ

Rinnovo aria

70 sec

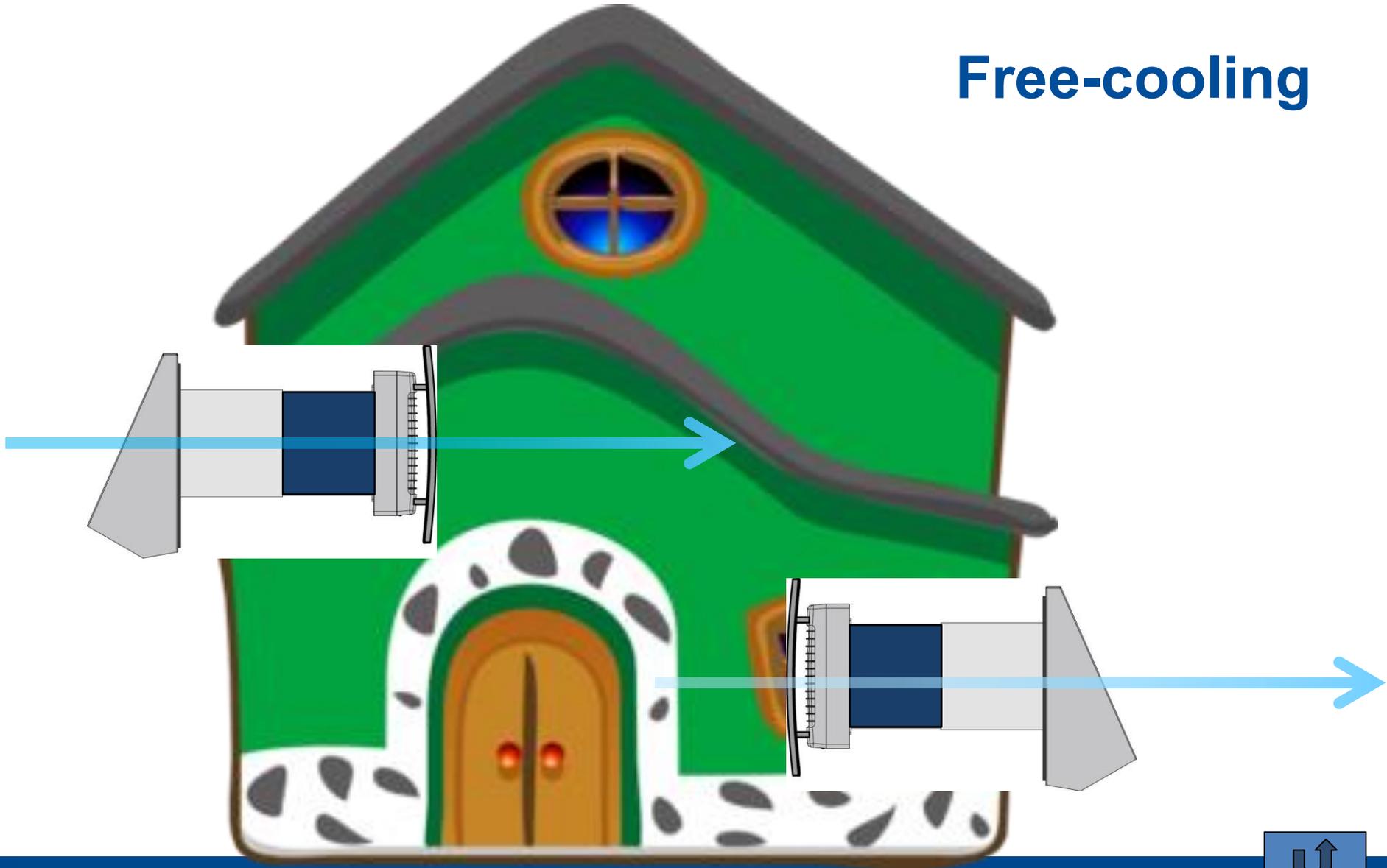


70 sec



Ventilazione meccanica RDZ

Free-cooling



Ventilazione meccanica RDZ

Immissione

