

## IMPIANTI DI RAFFRESCAMENTO ESTIVO, TIPOLOGIE E DIMENSIONAMENTO

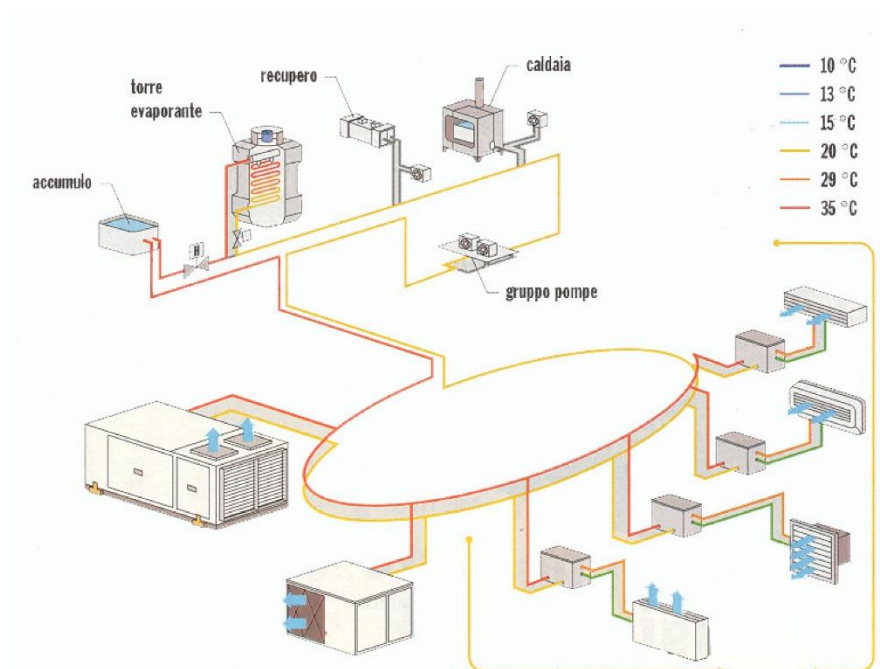
In Italia la climatizzazione è obbligatoria ed è responsabilità dell'architetto in sede di progettazione predisporre l'edificio per accogliere in maniera adeguata l'impianto di climatizzazione, l'architetto deve quindi essere in grado di scegliere il tipo d'impianto e dimensionare i suoi ingombri.

**Tipologie di impianto** secondo il fluido termovettore:

- ARIA
- ACQUA
- MISTI
- AD ESPANSIONE DIRETTA (SPLIT)

### IMPIANTI AD ACQUA

**Come è fatto un impianto di raffreddamento ad acqua di un edificio?**



L'**acqua refrigerata** viene prodotta in una centrale frigorifera detta **torre evaporante**, dove viene raffreddata l'acqua attraverso un ventilatore (la macchina produce rumore e vapore ed è ingombrante) e viene poi erogata ai vari utilizzatori attraverso delle tubazioni grazie ad un gruppo pompe. L'acqua refrigerata arriva agli scambiatori acqua/aria (fan coil), successivamente l'acqua che si è riscaldata a contatto dell'aria torna in dietro per essere nuovamente refrigerata.

#### Perché Torre evaporante?

Il raffreddamento dell'acqua che scorre all'interno della serpentina avviene grazie al fatto che sulla superficie esterna dei tubi viene spruzzata acqua a

perdere, che evapora subito (un corpo bagnato tende naturalmente a portarsi ad una temperatura di bulbo bagnato).

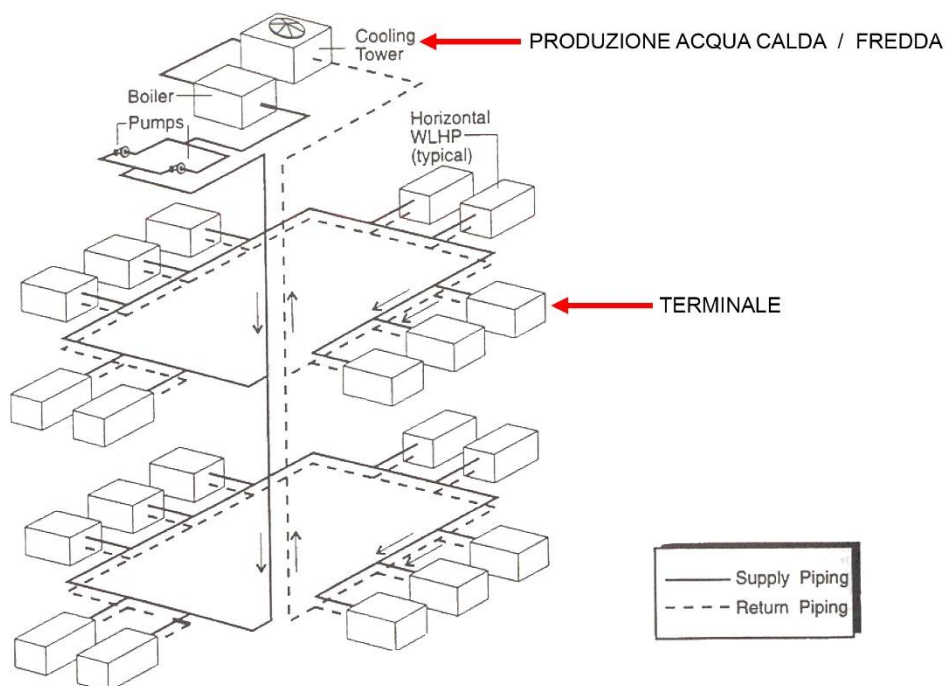
Quando d'estate c'è molto caldo ma relativamente secco è sufficiente bagnare un tubo per raffreddarlo (senza quindi l'ausilio di una macchina frigorifera): questo può sembrare un meccanismo economico ma bisogna considerare il costo dell'acqua.

Portrebbe essere più conveniente raffrescare con una macchina frigorifera che consuma energia elettrica e non acqua. (Parma rientra in questo caso!)

Negli **IMPIANTI AD ACQUA** il **riscaldamento** o **raffrescamento** è prodotto da un gruppo di macchine che è tipicamente composto da una macchina con compressore (quindi una macchina frigorifera) ed una torre di raffreddamento esterna (che può essere evaporante o non).

L'acqua riscaldata o raffreddata viene poi distribuita attraverso le tubazioni che terminano nei collettori e poi torna indietro.

E' il sistema più utilizzato nell'edilizia residenziale dove spesso serve per il solo riscaldamento, ma può anche essere di raffrescamento.



### Vantaggi:

- basso costo e semplicità di installazione e manutenzione, infatti sono simili ai tradizionali impianti dei termosifoni (cambia solo l'unità finale);
- limitato l'ingombro delle apparecchiature a differenza degli impianti ad aria: non si ha la centrale di trattamento dell'aria e le dimensioni delle tubature sono molto più ridotte;
- permettono di fornire calore in prossimità delle pareti perimetrali esterne;

- rapida risposta alle variazioni di carico;
- permettono di seguire con grande flessibilità i vincoli architettonici;
- permettono di sfruttare la grande capacità di trasporto del calore dell'acqua.

#### **Svantaggi:**

- **non permettono il controllo dell'umidità e della qualità dell'aria**, l'aria non viene ricambiata a differenza dei sistemi di ventilazione meccanica controllata.

#### **Componenti:**

**Generatore di freddo** (macchina frigorifera)

**Tubazioni di collegamento**

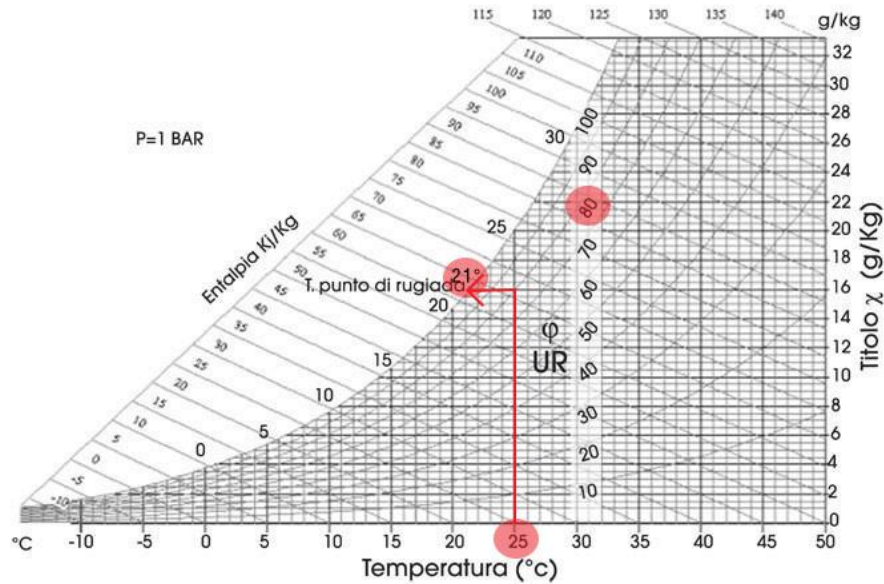
#### **Terminali:**

- **Pavimento radiante:** (Non bisogna esagerare perché potrebbe presentarsi il problema della condensazione superficiale, bisogna quindi evitare che la temperatura superficiale del pavimento scenda sotto la **temperatura di rugiada** \*);
- **Soffitto radiante:** crea moto convettivo perché il soffitto è più freddo dell'aria ambiente: l'aria a contatto dello stesso diventa più fredda e di conseguenza più densa e quindi scende, nel momento in cui si riscalda sale di nuovo, ecc..). In Italia è una tecnologia non ancora affermata nonostante i suoi vantaggi a causa di motivi estetici: il soffitto radiante necessita di controsoffittatura ed essendoci in Italia limitazioni sulle altezze massime di fabbricati risulta spesso impossibile la sua installazione senza sacrificare piani di calpestio.
- **Ventilconvettori:** o fan coil (edifici del terziario) sono economici, facili da regolare a zone per il singolo utente, possono essere anche deumidificatori.
- **Vaso d'espansione:** (essendo un impianto chiuso) perché l'acqua cambia di volume in base alla temperatura.

**Pompa di movimentazione:** fa girare l'acqua nelle tubazioni

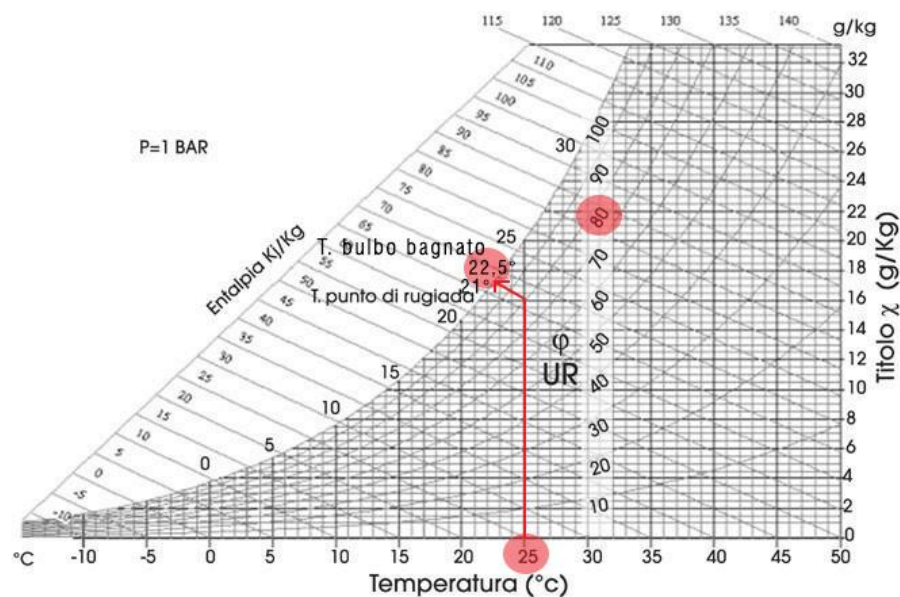
**Valvola di sicurezza:** nel caso in cui la pressione raggiunga livelli eccessivi.

\* la **temperatura di rugiada** è la temperatura alla quale, a pressione costante, la miscela aria-vapore diventa satura di vapore acqueo.

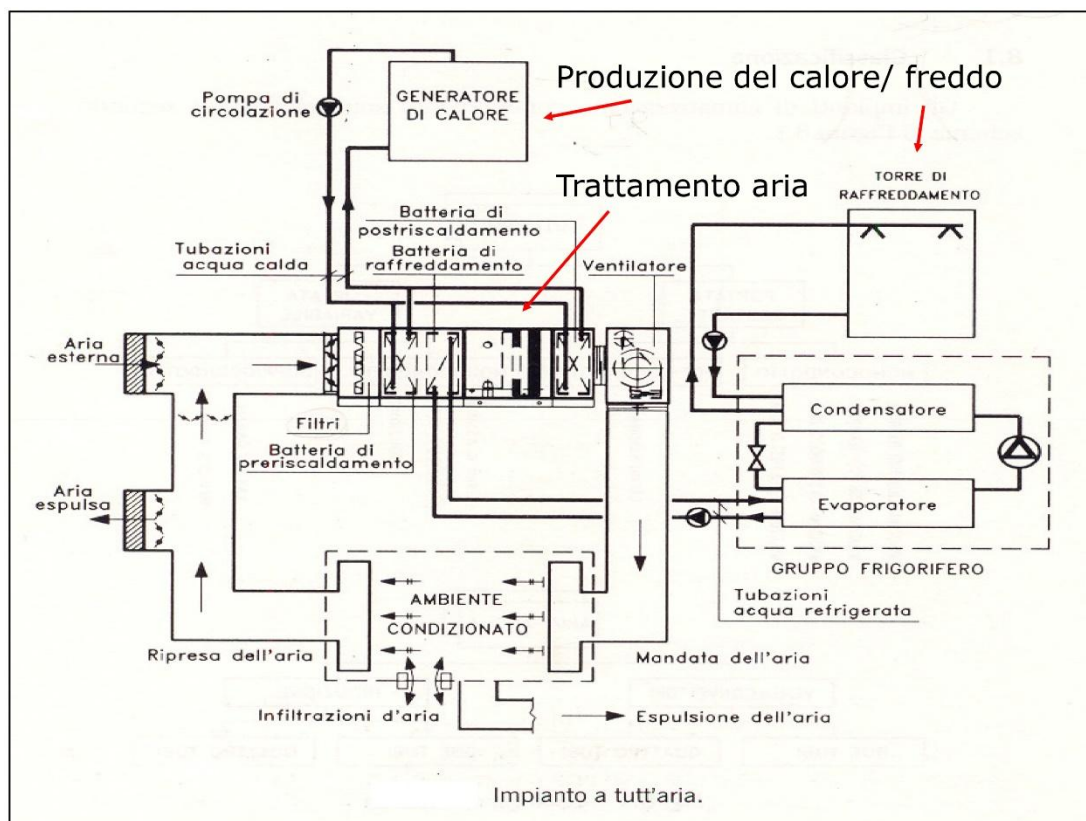


*Ipotesi:* siamo in estate in una situazione in cui la temperatura è di 25° e l'umidità relativa UR è dell'80%, dal grafico psicrometrico ricavo che la temperatura di rugiada è di circa 21°, quindi se la superficie del mio pavimento è inferiore a 21° avviene condensa.

La **temperatura di bulbo** bagnato è invece la temperatura a cui si porta il pavimento una volta che è coperto da un liquido ed è più alta rispetto a quella di rugiada perché si segue la linea a entalpia costante, in questo caso specifico sarà circa 22,5°.



## IMPIANTI AD ARIA



Sono impianti nei quali ci sono tipicamente due sistemi concomitanti chiamati **mandata** e **ripresa**.

I sistemi ad aria hanno una doppia funzione:

- apportare o togliere calore a seconda della condizione climatica (estate o inverno);
- provvedere al ricambio d'aria dei locali

Gli impianti ad aria tipicamente si sviluppano nei controsoffitto ad esclusione di un caso particolare che è quello dei teatri, nei quali si crea un *plenum* sotto la platea all'interno delle gradinate al fine di ovviare al problema acustico. Si tratta di un impianto molto ingombrante e molto complesso, costituito da diversi elementi (ventilatori, filtri, silenziatori, saracinesche, batterie...)

La progettazione di questo tipo di impianti viene fatta da specialisti, il nostro compito è quello di essere in grado di fare una stima grossolana basata sull'antica regola del pollice che mi dice: se all'interno di un locale devo dare un certo volume di ricambio orario ( edilizia residenziale 0.5 V\h, edilizia del terziario 1 V\h, edifici scolastici ospedalieri 2V\h ), la sezione di passaggio dell'aria dev'essere tale che la velocità dell'aria non superi un determinato valore al fine di non disturbare il comfort uditivo (2 m\s nell'edilizia residenziale, alberghi e ospedali e 5 m\s per ambienti di lavoro).



## IMPIANTI AD ESPANSIONE DIRETTA

Tendenza moderna è di usare come fluido termovettore direttamente il fluido frigorifero che si utilizza nel ciclo termodinamico delle pompe di calore o delle macchine frigorifere, tutto ciò nelle macchine cosiddette split a tubi esterni, tipologia di impianto utilizzato solo per singoli impianti di piccole dimensioni ad uso personale a metà strada tra l'impianto propriamente detto e l'elettrodomestico, questa tipologia d'impianto viene solitamente installata per rimediare alla mancata progettazione di un impianto ad acqua o aria precedentemente studiato dall'impresa edile.

### Esercizio

*Edilizia scolastica, 2 Vh (volumi di ricambio orario)*

$V_{locale} = 500 \text{ m}^3$

*Portata in Volume  $\dot{V} = V \cdot \text{volumi di ricambi orari} = 500 \cdot 2 = 1000 \text{ m}^3/\text{h} = (1000/3600) = 0.277 \text{ m}^3/\text{s}$*

*Ipotizziamo un sistema monocanale, dove quindi abbiamo un solo tubo che porta dentro aria fresca e pulita all'ambiente e lascia che l'aria viziata ed esausta se ne vada da sola senza recuperare energia da questa.*

*Tubazione circolare avente un diametro di 0.6 m, area di 0.282 m<sup>2</sup>.*

$W = \text{velocità media di percorrenza dell'aria attraverso la tubazione} = \dot{V} / A = 0.277/0.282 = 0.982 \text{ m/s}$

Questo semplice calcolo mi dà un'idea approssimativa dello spazio che dovrò lasciare per il passaggio dell'impianto al fine che le tubazioni non siano troppo piccole per la portata in Volume e quindi non idonee e rumorose.

Un altro elemento che condiziona il rumore prodotto dall'impianto è la scelta delle bocchette e diffusori.

Mentre negli impianti ad aria monocondotto si porta all'interno dell'edificio aria pulita (riscaldata o raffrescata a seconda del periodo) e si lascia che l'aria esausta fuoriesca naturalmente dall'edificio attraverso fessure e aprendo le finestre, negli impianti a doppio condotto questo avviene in maniera forzata attraverso un secondo sistema di tubazioni che oltre a portare fuori l'aria viziata recupera entalpia dalla stessa attraverso uno **scambiatore di calore a corrente incrociata**. Questa tecnologia è indispensabile per il risparmio energetico del mio edificio e per poterlo definire smart.

Esistono due metodi di approccio rispetto alla **qualità dell'aria all'interno dell'ambiente costruito (IAQ)**:

- uno più scientifico attraverso l'analisi delle sostanze inquinanti che tiene in considerazione la tipologia e la concentrazione valutando le soglie di tollerabilità dell'organismo umano (metodo più utilizzato nell'ambiente esterno)
- uno più antropico legato alle sensazioni delle persone rispetto alla qualità

dell'aria (metodo più utilizzato negli ambienti chiusi) dove non ci sono effettivi rischi per la salute ma si guarda di più al comfort e alla sensazione di benessere.

## LE UNITA' DI MISURA DI FANGER LEGATE ALLA QUALITA' DELL'ARIA

### Olf (causa)

1 Olf equivale al puzzo prodotto da una persona adulta pulita in condizione di comfort termoigrometrico. Al variare delle attività svolte dalla persone varierà il quantitativo di Olf pro capite, inoltre non sono solo le persone a produrre puzzo ma anche gli animali, le piante e gli oggetti presenti in un ambiente (esistono delle tabelle con i valori di Olf).

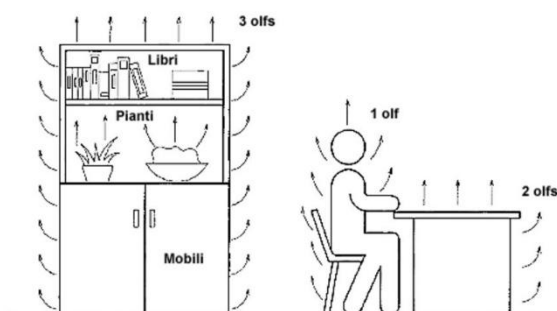


Table 3. Pollution load caused by occupants

	Sensory pollution load olf/occupant	Carbon dioxide l/(h·occupant)	Carbon monoxide <sup>2)</sup> l/(h·occupant)	Water vapour <sup>3)</sup> g/(h·occupant)
<b>Sedentary, 1-1.2 met <sup>1)</sup></b>				
0% smokers	1	19		50
20% smokers <sup>4)</sup>	2	19	11 · 10 <sup>-3</sup>	50
40% smokers <sup>4)</sup>	3	19	21 · 10 <sup>-3</sup>	50
100% smokers <sup>4)</sup>	6	19	53 · 10 <sup>-3</sup>	50
<b>Physical exercise</b>				
Low level, 3 met	4	50		200
Medium level, 6 met	10	100		430
High level (athletes), 10 met	20	170		750
<b>Children</b>				
Kindergarten, 3-6 years, 2.7 met	1.2	18		90
School, 14-16 years, 1-1.2 met	1.3	19		50

<sup>1)</sup> 1 met is the metabolic rate of a resting sedentary person (1 met = 58W/m<sup>2</sup> skin area, i.e. approx 100 W for an average person)

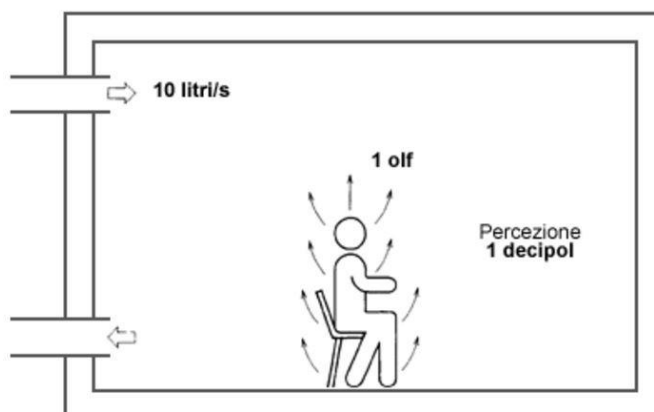
<sup>2)</sup> from tobacco smoking

<sup>3)</sup> applies for persons close to thermal neutrality

<sup>4)</sup> average smoking rate 1.2 cigarettes/hour per smoker, emission rate 44 ml CO/cigarette

## Decipol (effetto)

1 Decipol è la qualità dell'aria che si stabilisce all'interno di un ambiente confinato nel quale io faccio fluire, entrata e uscita, una portata di volume d'aria di 10 l/s, mentre all'interno di questo ho una persona che produce un Olf, questa unità di misura è quella che stabilisce quanto puzzo si è stabilito in un locale.



$$IAQ = 10 \cdot N_{olf} / V_{punto} (l/s) \text{ [decipol]}$$

$$IAQ \leq 1 \text{ decipol}$$

$$V_{punto} (l/s) = 10 \cdot N_{olf} / 1$$

Fanger attraverso un test su un certo numero di studenti ha stabilito la relazione causa effetto che dice come la percentuale di persone insoddisfatte è legata ai Decipol presenti in un locale.

Table 1. Three levels of perceived indoor air quality (examples)

Quality level (category)	Perceived air quality		Required ventilation rate* l/s · olf
	% dissatisfied	decipol	
A	10	0.6	16
B	20	1.4	7
C	30	2.5	4

\* The ventilation rates given are examples referring exclusively to perceived air quality. They apply only to clean outdoor air and a ventilation effectiveness of one.

### Esercizio (vedi esercizio precedente)

*200 studenti (in condizione di stress, ad esempio mentre fanno un esame)*

*1 studente = 3 Olf/pro capite*

*Olf tot = 600 Olf*

*Portata di ricambio d'aria necessaria per ottenere 1 Decipol = Olf tot \* 10 = 600 Olf \* 10 l/s = 6000 l/s = 6 m<sup>3</sup>/s (il risultato è molto maggiore di quello precedente!!!)*



### Esercizio inverso

*Palestra di  $V = 250 \text{ m}^3$ , Numero di ginnasti = 20, Olf pro capite = 10 Olf*

*Olf tot =  $20 \cdot 10 = 200$  Olf*

*$\dot{V} = (V \cdot 2) / 3600 = 0.139 \text{ m}^3/\text{s} =$  Quanti Decipol avrò?*

*Olf tot / ( $\dot{V} / 100$ ) =  $200 / (0.139 \cdot 100) = 14,39$  Decipol*

### Esercizio

*V edificio =  $270 \text{ m}^3$*

*4 abitanti*

*1 Olf pro capite*

*Olf tot = 4 Olf*

*Portata di volume richiesta per avere 1 Decipol =  $\dot{V} = 10 \text{ l/s} \cdot 4 = 40 \text{ l/s} = 0.04 \text{ m}^3/\text{s}$*

*Portata in volume effettiva =  $\dot{V} = (270 \cdot 0.5) / 3600 = 0.0375 \text{ m}^3/\text{s}$*

*IAQ = Olf /  $\dot{V} = 4 / 0.0375 = 106.66 = 1.06$  Decipol*