

## Capitolo 26

Un **impianto di climatizzazione** deve mantenere in un certo ambiente prefissate condizioni di temperatura e di umidità dell'aria. La **temperatura percepita** è funzione dell'umidità dell'aria; il **benessere termoisigrometrico** è quel particolare stato mentale per cui un essere umano è soddisfatto dell'ambiente che lo circonda. Le **condizioni ambientali medie ottimali** da mantenere sono:

- in inverno 20 °C e 40 ÷ 50% di umidità relativa;
- in estate 25 °C e 50 ÷ 60% di umidità relativa.

Gli impianti di climatizzazione si distinguono in: impianti di riscaldamento, di raffrescamento e di condizionamento. Si definisce **aria secca** una miscela di gas la cui composizione (in volume) è costante: 78% Azoto, 21% Ossigeno, 1% Gas rari e anidride carbonica. L'**aria umida** è una miscela fra aria secca e vapor acqueo che, in prima approssimazione, può essere considerata una miscela di due gas perfetti; per la legge di Dalton sarà  $p_t = p_a + p_v$ , ossia la **pressione barometrica totale**  $p_t$  è la somma delle pressioni parziali dell'aria secca e del vapor acqueo. Per ogni temperatura dell'aria ambiente esiste un valore limite del vapore (di  $p_v$ ) in essa presente, tanto più basso quanto più bassa è la temperatura; tale limite si chiama **pressione limite di saturazione**  $p_s$ .

Definiamo alcune grandezze importanti:

- **temperatura di bulbo secco** ( $t$ ): è la temperatura letta su un termometro schermato e ventilato;
- **temperatura di rugiada**  $t_r$  (o  $t_d$  dall'inglese *dew point temperature*): è la temperatura dell'aria in condizioni di saturazione: ogni raffreddamento, a partire da queste condizioni, provoca la condensazione del vapore presente. **Tale temperatura, in funzione della temperatura di bulbo secco e dell'umidità relativa, è data da:**

$$t_r = \frac{b \cdot \alpha}{a - \alpha} \quad (26.1) \quad \text{con} \quad \alpha = \frac{a \cdot t}{b + t} + \ln \varphi$$

dove  $0 < t < 60$  °C,  $0,01 < \varphi < 1$  è l'umidità relativa,  $a = 17,27$  e  $b = 237,7$  °C;

- **temperatura di bulbo bagnato**  $t_{bb}$  (o  $t_w$  dall'inglese *wet*): è la temperatura letta su un termometro schermato e ventilato, il cui bulbo è rivestito da una garza bagnata; oppure:

$$t_{bb} = t \cdot \left( 0,45 + 0,006 \cdot \varphi \cdot \sqrt{\frac{p}{1060}} \right) \quad (26.2)$$

dove  $p$  è la pressione ambiente in mbar;

- **umidità relativa U.R.** o **grado igrometrico**: è il rapporto tra la pressione parziale del vapore e la pressione di saturazione corrispondente alla temperatura:  $= p_v / p_s$  (26.3);
- **titolo dell'aria umida** (o **umidità specifica U.R.**):

$x = m_{vap} / m_{aria}$  (26.4), dove  $m_{vap}$  indica la massa del vapore e  $m_{aria}$  la massa dell'aria secca. Nel caso di aria secca  $x = 0$  mentre nel caso di vapore acqueo puro  $x = \infty$ . Nell'ipotesi di considerare aria e vapore acqueo gas perfetti:  $n_v / n_a = p_v / p_a$ , dove  $n_v$  e  $n_a$  rappresentano rispettivamente il numero di moli di vapore e di aria secca presenti nella miscela di aria umida considerata. Inoltre:

$$x = \frac{m_v}{m_a} = \frac{M_v \cdot n_v}{M_a \cdot n_a} = \frac{18}{29} \cdot \frac{p_v}{p_a} = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot p_s}{p_t - \varphi \cdot p_s} \quad (26.5)$$

dove  $M_v$  e  $M_a$  sono le masse molari dei due componenti, 18 è la massa molare dell'acqua e 29 è quella dell'aria,  $p_t$  è la pressione totale della massa d'aria umida considerata e  $p_s$  la pressione di saturazione del vapore alla temperatura considerata (ottenuta da apposite tabelle). Il valore di  $x$  tale per cui  $\varphi = 1$ , è detto **titolo di saturazione**. Per ogni particolare temperatura non è possibile che il titolo di una massa d'aria umida superi il titolo di saturazione (che varia in funzione di  $t$ ). Il metodo migliore per legare il titolo, il grado igrometrico e la temperatura è il **diagramma psicrometrico**;

- **entalpia specifica dell'aria umida:**

$$h = h_a + x \cdot h_v = h_v = x \cdot 2500 + t \cdot (1 + 1,9 \cdot x) \quad (26.6)$$

dove  $h_a$  è l'entalpia dell'aria secca e  $x \cdot h_v$  l'entalpia del vapore.

I raffrescatori si differenziano in macchine a compressione (Cap. 25) e **macchine ad assorbimento**: queste ultime sfruttano la solubilità e l'elevata affinità di due sostanze, di cui una funge da refrigerante e l'altra da assorbente, per realizzare un ciclo frigorifero in cui l'introduzione di energia avviene principalmente sotto forma di calore. La compressione del fluido frigorifero avviene solo dopo che questo è entrato in soluzione con un liquido (il solvente), in modo tale da comprimere una miscela liquida (richiede meno energia rispetto a un gas). Il ciclo frigorifero ad assorbimento opera con tre sorgenti termiche (figura A): la sorgente fredda che rappresenta l'ambiente da raffreddare (evaporatore), il pozzo caldo (a cui viene scaricato il calore) è l'ambiente esterno (a temperatura intermedia) e il generatore (rappresenta la temperatura più elevata per fare avvenire il ciclo). Il fluido frigorifero, che si trova a bassa pressione nell'evaporatore, viene fatto evaporare sottraendo calore all'ambiente che si desidera raffreddare. Nell'assorbente il fluido frigorifero viene assorbito dal solvente e ciò genera calore smaltito esternamente mediante un apposito circuito di raffreddamento. La soluzione così ottenuta viene portata a un livello di pressione più elevato tramite una pompa (è l'unico elemento che richiede energia elettrica) e raggiunge il generatore, in cui avviene la separazione tra solvente e fluido



pompa di calore si definisce il **coefficiente di prestazione COP** (Coefficient Of Performance) come il rapporto tra il calore ceduto all'ambiente (sorgente calda) e il lavoro assorbito dalla macchina:

$$\text{COP} = \frac{q_c}{l}, \quad \text{COP} = \frac{q_f + l}{l} = \frac{q_f}{l} + 1 = \varepsilon + 1$$

dove  $\varepsilon$  è il rapporto di utilizzazione frigorifero.

Dove esiste un impianto di climatizzazione le normative di prevenzione incendi prescrivono apposite attrezzature **antincendio**. Gli **incendi sono classificati** in classe A (causati da materiali solidi), Classe B (causati da idrocarburi e liquidi infiammabili), Classe C (causati da gas infiammabili) e Classe D (causati da metalli reattivi con l'aria o con l'acqua). Il **carico d'incendio**, indicativo del grado di pericolo presente in una struttura nel caso di sviluppo di un incendio, è la quantità di calore che si può sviluppare per unità di superficie in caso d'incendio; il carico d'incendio specifico è misurato, secondo la Normativa Italiana, dalla seguente formula:

$$q_{sp} = \frac{\sum^n m_i \cdot P_{csi}}{18,4 \cdot A} \text{ kg/m}^2 \text{ di legno equivalente}$$

dove  $m_i$  è la massa di sostanza combustibile *i*-esima tra le  $n$  presenti nel locale,  $P_{csi}$  (MJ/kg) è il suo potere calorifico superiore,  $A$  è la superficie del locale. Se in un locale si sviluppa un **incendio** esso **si può propagare** nei locali adiacenti per *cedimento delle strutture* di separazione, per *propagazione dei gas* prodotti dalla combustione, per *trasmissione del*

*calore* (in massima parte per *irraggiamento*). Per impedirlo occorrono strutture di separazione che anche sotto l'azione del fuoco conservino: la *stabilità R*, la *tenuta E*, l'*isolamento termico I*. Il valore di resistenza al fuoco REI è espresso in minuti e rappresenta il tempo al di sotto del quale l'elemento costruttivo è in grado di mantenere e garantire la propria stabilità, tenuta e isolamento (è il più basso fra i tre parametri). Per **classe** si intende il numero che esprime la durata minima di resistenza del singolo elemento costruttivo o delle strutture che delimitano un locale o un piano (Classe 15, 30, 45, 60, 90, 120 e 180). L'**estinzione di un incendio** può avvenire: per soffocamento o per raffreddamento. Gli impianti di spegnimento di un incendio possono essere fissi o mobili, automatici o manuali. Gli **impianti fissi di spegnimento automatico d'incendio** intervengono automaticamente per l'estinzione di un incendio, fin dalle fasi iniziali. Sono **impianti ad acqua** (*a pioggia* o *a diluvio*), **a schiuma**, **a polvere chimica**, **ad anidride carbonica** e **ad altri estinguenti sostitutivi degli halon**.

La **rivelazione automatica degli incendi** può essere effettuata con rivelatori: termici di calore, ottici di fiamma o di fumi o ionici di fumi e di gas di combustione. Nei sistemi di **protezione antincendio sulle navi**, la normativa di riferimento è stata fissata dall'**IMO** (International Maritime Organization) con la convenzione SOLAS (Safety Of Life At Sea) e STCW (Standard of Training, Certification & Watchkeeping). Nell'**aviazione civile**, l'**EASA** (European Aviation Safety Agency) ha elaborato la normativa a livello europeo.