

ENR

n.7 Luglio 05



Copertina

*Impianti olimpionici:
Palavela di Torino*



Personaggi

*Willis Carrier
e la psicommetria moderna*

Ventilazione

*Calcolo del fabbisogno
energetico degli edifici*

Impianti

*Climatizzazione
a radiazione e induzione*

CONDIZIONAMENTO DELL'ARIA • RISCALDAMENTO REFRIGERAZIONE • ORGANO UFFICIALE DELL'AICARR

SOMMARIO

N. 7/LUGLIO 2005



cda

Comitato di redazione: Franco Adami, Paolo Bassi,
Marco Masoero, Marco Noro, Michele Vio,
Alberto Zambelli

Direttore Scientifico: Paolo Bassi

Direttore editoriale: Franco Adami

Redattori: Adriana Del Longo, Eleonora Monti, Federica Orsini,
Stefano Rimassa, Federica Villa

Segreteria: Brunelia Chiari, Maria Ranieri

Prezzo di copertina 2005: un fascicolo Euro 7,00

Arretrato Euro 14,00

Abbonamenti 2005: Italia Euro 76,00 - Estero 5114,00 Euro 114,00

La rivista è inviata ai Soci AICARR.

Il prezzo dell'abbonamento è incluso nella quota associativa.

Informativa ai sensi dell'art. 13, d. lgs 196/2003

I dati sono trattati, con modalità anche informatiche, per l'invio della rivista e per svolgere le attività a ciò connesse. Titolare del trattamento di Reed Business Information S.p.A. - Viale Giulio Richard, 1/A - 20143 Milano (MI). Le categorie di soggetti incaricati del trattamento dei dati per le finalità suddette sono gli addetti alla registrazione, modifica, elaborazione dati e loro stampa, al confezionamento e spedizione delle riviste, ai call center, alla gestione amministrativa e contabile.

Ai sensi dell'art. 7, d. lgs 196/2003 è possibile esercitare i relativi diritti (fra cui consultare, modificare, aggiornare o cancellare i dati, nonché richiedere elenco completo ed aggiornato dei responsabili, rivolgendosi al titolare al succitato indirizzo).

Organo direttivo nazionale dell'AICARR (Associazione Italiana Condizionamento dell'Aria Riscaldamento Refrigerazione).

Associazione Refiva, Ashrae, IIF, UNI, CTI, Via Melchiorre Gioia n.168 - 20125 Milano - telefono 02 67479270 fax 02 67479262

Gli abbonamenti possono essere sottoscritti anche versando il relativo importo sul c/c postale

n. 33668666 intestato a Reed Business Information Spa
Viale G. Richard 1/a, 20143 Milano.

L'iva sugli abbonamenti, nonché sulla vendita di fascicoli separati, è assolta dall'Editore ai sensi dell'art. 74 primo comma lettera C del DPR 26/10/72 N. 633 e successive modificazioni ed integrazioni. Pertanto non può essere rilasciata fattura.

Informativa dell'editore al pubblico ai sensi dell'art. 13, d. lgs 196/2003

Ai sensi del decreto legislativo 30 giugno 2003, n° 196 e dell'art. 2, comma 2 del Codice deontologia relativo al trattamento dei dati personali nell'esercizio dell'attività giornalistica, Reed Business Information S.p.A. - titolare del trattamento - rende noto che presso i propri locali siti in Milano (MI), Via Giulio Richard 1/A, vengono conservati gli archivi di dati personali e di immagini fotografiche cui i giornalisti, praticanti, pubblicitari e altri soggetti (che occasionalmente redigono articoli o saggi) che collaborano con il predetto titolare addegnano nello svolgimento della propria attività giornalistica per le finalità di informazione connesse allo svolgimento della stessa. I soggetti che possono conoscere i predetti dati sono esclusivamente i predetti professionisti, nonché gli addetti preposti alla stampa ed alla redazione editoriale della testata. Ai sensi dell'art. 7, d. lgs 196/2003 si possono esercitare i relativi diritti, fra cui consultare, modificare, cancellare i dati od opporsi al loro utilizzo, rivolgendosi al predetto titolare. Si ricorda che, ai sensi dell'art. 138, d. lgs 196/2003, non è esercitabile il diritto di conoscere l'origine dei dati personali ai sensi dell'art. 7, comma 2, lettera a), d. lgs 196/2003, in virtù delle norme sul segreto professionale, limitatamente alla fonte della notizia.

Reed Business Information Spa è associata a

A.N.E.S.

ASSOCIAZIONE NAZIONALE
RIVISTE PERIODICHE SPECIALIZZATE



CONFINDUSTRIA

CONDIZIONAMENTO DELL'ARIA RISCALDAMENTO REFRIGERAZIONE
Direttore responsabile Alberto Banal. Registrazione Tribunale di Milano n. 4545 del 7-2-1958. Iscrizione al ROC n. 1136. La Direzione non risponde delle idee od opinioni espresse dagli autori nei loro articoli - Copyright Reed Business Information Spa - Milano Italia.

Terminato di stampare 28-06-2005 presso Teograf,
via Tacito 15/17, Corsico (MI)

Testata volontariamente sottoposta a certificazione di tiratura e diffusione in conformità al Regolamento C.S.S.T.

Certificazione Stampa Specializzata Tecnica



Per il periodo 01/01/2004-31/12/2004
Tiratura media n. 3.936 copie
Diffusione media n. 3.660 copie
Certificato CSST n. 2004-0986 del 22/02/2005
Società di Revisione Metodo Srl

Tiratura del presente numero: n. 4.000 copie



Associato all'USPI
Unione Stampa
Periodica Italiana

5 Editoriale

WWW.WEBCDA.IT

P. Bassi

22 Impianti

INSTALLAZIONI OLIMPIONICHE

M. Noro

29 Impianti

CLIMATIZZAZIONE A RADIAZIONE E INDUZIONE

G. Curculacos, O. Sturaro

36 Energia e ambiente

VENTILAZIONE DEGLI EDIFICI

L. de Santoli, F. Mancini

42 Trattamento acqua

BIOFILM, LEGIONELLA E ALTRI BATTERI

R. Laria

48 Intervista

CRESCITA CONTINUA

a cura della Redazione

52 Storie & personaggi

LA PSICROMETRIA MODERNA

C. Casale

57 Mercato elettrico

QUALE FUTURO

PER L'ITALIA?

R.M. Lazzarin, F. Busato, F. Minchio

64 Dalle aziende

TECNICI SPECIALIZZATI

a cura della Redazione

67 Consulenza elettrotecnica

QUADRI ELETTRICI A BORDO

MACCHINA

A. Porro

70 Avvenimenti

CLIMAMED 2005

A. Sandelewski

Le Rubriche

pag. 6 Aicarr

pag. 11 Panorama

Attualità & Mercato
Prodotti & Cataloghi

pag. 73

Block notes

Siti Internet

pag. 75

Si parla di...

cda
3



22



48



■ LIVIO DE SANTOLI, FRANCESCO MANCINI

VENTILAZIONE DEGLI EDIFICI

Procedura per la valutazione dei fabbisogni energetici dei trattamenti dell'aria

Nell'articolo viene sviluppato uno studio che permette una valutazione rapida dei consumi energetici dovuti ai trattamenti dell'aria a partire dai dati climatici. In particolare si presenta una formulazione semplificata per il calcolo dei fabbisogni energetici connessi alle necessità di ventilazione meccanica di un edificio. La formulazione consente una valutazione dei fabbisogni invernali ed estivi, utilizzando la temperatura media giornaliera riportata nella normativa o l'entalpia calcolata a partire dagli stessi dati.

eda

36

La direttiva 2002/91/CE sull'efficienza energetica degli edifici impone di considerare anche l'aspetto della climatizzazione estiva. Ciò significa che tutti i nuovi edifici e quelli esistenti di una certa grandezza che subiscano importanti ristrutturazioni, dovranno avere un attestato di certificazione energetica calcolata secondo la normativa e con i requisiti minimi di rendimento energetico prescritti da ciascuna Nazione [1]. Per la coerente attuazione di questa direttiva la CE ha emesso il mandato M343 al CEN (Comitato Europeo di Normatizzazione), in cui lo si incarica di elaborare una serie di norme europee EN, da pubblicare entro la fine del 2006 [2]. La direttiva definisce come rendimento energetico (o meglio, prestazione energetica) di un edificio la quantità di energia effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio, compresi il raffrescamento estivo e la ventilazione, [3].

In particolare deve essere inclusa specifica menzione ai fabbisogni termici dovuti ai trattamenti dell'aria (estivi ed invernali), che rappresentano una quota consistente dell'energia spesa per la climatizzazione [4, 5].

Fabbisogni energetici

La portata di ventilazione è la portata di aria esterna necessaria al controllo igrometrico e di purezza dell'aria di un ambiente.

Nel periodo di riscaldamento invernale l'aria esterna è, in generale, più fredda e più secca di quella interna, mentre nel periodo estivo, l'aria è, in generale, più calda e più umida di quella che si vuole mantenere nell'ambiente condizionato; in entrambe le situazioni l'ambiente interno è sede di attività che determinano una produzione di vapore acqueo, che nel periodo invernale determina una diminuzione del fabbisogno energetico, mentre lo incrementa nel periodo estivo.

Il punto di immissione dell'aria si trova sempre al disotto del punto ambiente, in virtù della necessità di controllare i carichi latenti generalmente dovuti alla presenza di persone. In molte applicazioni, fissata l'attività specifica a cui l'ambiente è destinato, la produzione di vapore e la portata di rinnovo sono entrambe legate solamente al numero di persone presenti. Il calore latente specifico di un ambiente è dunque indipendente dal numero di persone e può essere valutato a partire dalla sua destinazione d'uso. Nel caso specifico il carico latente è stato valutato in 55 W/persona secondo Iso 7730, e la portata di rinnovo in 11 l/s/persona secondo Uni 10339, considerando entrambi costanti per tutto l'anno. Il fabbisogno di energia per il trattamento termoigrometrico dell'aria di ventilazione è dato da [6]:

$$E_v = \int_0^T q_v(t) \cdot dt$$

dove q_v è la potenza termica necessaria, data da:

$$q_v(t) = \dot{m} |h_i(t) - h_e(t)|$$

dove:

- \dot{m} portata di ventilazione [kg/s]
- h_i, h_e entalpia dell'aria umida alle condizioni di immissione e dell'ambiente esterno [kJ/kg]
- T tempo di funzionamento dell'impianto

Dati climatici

Il fabbisogno energetico connesso con i trattamenti dell'aria di ventilazione dipende ovviamente dalle condizioni iniziali (ambiente esterno) e finali (ambiente interno) del trattamento dell'aria, variabili le prime in funzione della località e dell'istante considerato, le seconde in funzione della destinazione d'uso degli ambienti serviti.

Essendo l'obiettivo dello studio quello di fornire uno strumento semplificato per la valutazione dei fabbisogni connessi ai trattamenti del-

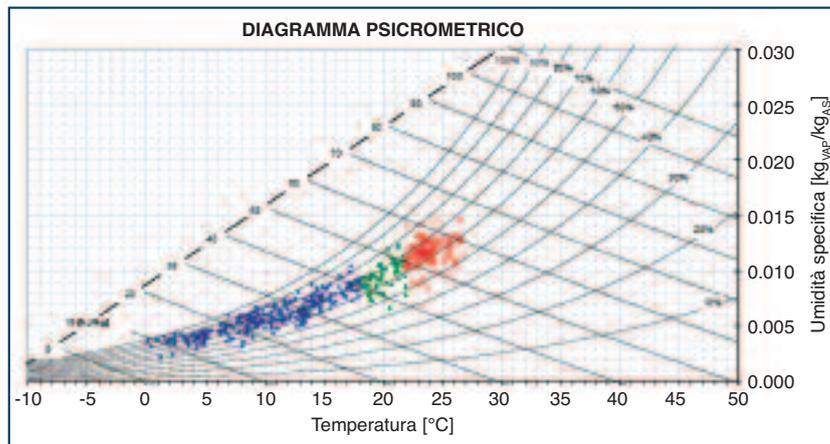


FIGURA 1 - DATI CLIMATICI DELLE LOCALITÀ ESAMINATE (UNI 10349)

l'aria di ventilazione, si è cercato di costruire delle funzioni semplici che consentissero di collegare i dati a disposizione di ogni progettista, attraverso la normativa vigente (Uni 10349 [7]), ai dati climatici reali, ricostruiti sulla base di archivi storici.

La norma indicata fornisce i dati climatici convenzionali per la progettazione e la verifica degli edifici e degli impianti tecnici, sia per il riscaldamento che per il raffrescamento e riporta i dati climatici medi giornalieri per ciascun mese dell'anno (temperatura e pressione parziale dell'aria esterna) e i dati di progetto.

I valori indicati sono ovviamente discreti e non continui. Per questa ragione la funzione necessaria alla ricostruzione dei consumi energetici non conterrà più un integrale ma una sommatoria, estesa alle ore di accensione dell'impianto, che può essere scritta nella forma:

$$E_v = \sum_k (q_v)_k \cdot N_k$$

dove N_k è il numero di ore di accensione e $q_v(t)$ è la potenza termica necessaria, funzione del tempo che, espres-

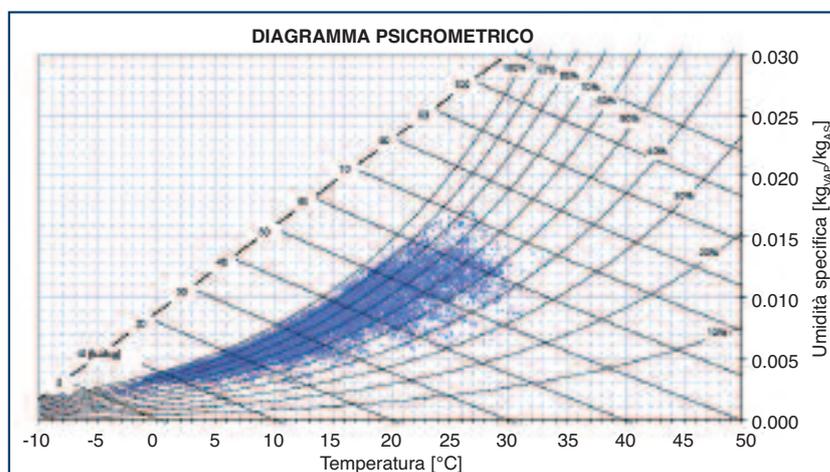


FIGURA 2 - DATI CLIMATICI DELLE LOCALITÀ ESAMINATE (CNR)

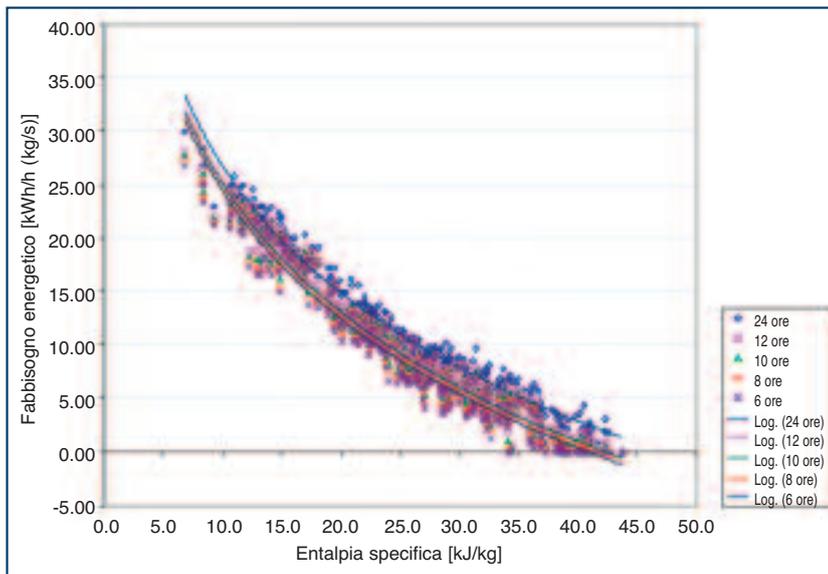


FIGURA 3 - FABBISOGNI ENERGETICI INVERNALI IN FUNZIONE DELL'ENTALPIA SPECIFICA

sa in (kWh/h), viene a rappresentare il fabbisogno orario; essa è data da:

$$(q_v)_k = \dot{m} | (h_p)_k - (h_e)_k |$$

Quello che interessa, tuttavia, non è tanto la formulazione precedente ma una formulazione riferita all'unità di portata e cioè:

$$(f_v)_k = \frac{(q_v)_k}{\dot{m}} = | (h_p)_k - (h_e)_k |$$

dove f_v è la potenza termica necessaria per unità di portata, espressa in (kWh/h)/(kg/s).

L'insieme dei dati riguardanti le località prese in considerazione è riportato sul diagramma psicrometrico di figura 1.

Per quanto riguarda i dati reali si è fatto riferimento ai dati del CNR, [8],[9], che riportano i dati climatici per l'anno tipo, per ogni ora dell'anno. A partire dai dati annuali è stato costruito il giorno medio mensile, per ognuna delle località osservate, effettuando una media alla diverse ore dei dati climatici giornalieri.

L'insieme dei dati osservati è rappresentato sul diagram-

ma psicrometrico di figura 2. Dal confronto tra i due diagrammi emerge immediatamente la maggiore dispersione dei dati reali nella stagione estiva, nel confronto con i dati riportati nella normativa. Al contrario i dati della stagione invernale risultano meno dispersi.

Fabbisogno stagionale per la ventilazione

Per la stima dei consumi energetici si è fatto riferimento alla configurazione classica di un'unità di trattamento aria a tre batterie con umidificazione di tipo

adiabatico. È stata assunta per le condizioni dell'ambiente interno una temperatura di 20°C con il 50% di umidità relativa, nel funzionamento invernale e 26°C e 50% U.R., nel funzionamento estivo.

Al fine di valutare l'impianto per diverse possibili condizioni di funzionamento, i consumi energetici sono stati calcolati per diverse ore di accensione:

- 24 ore di funzionamento continuo;
- accensione dalle ore 7 alle ore 18;
- accensione dalle ore 8 alle ore 17;
- accensione dalle ore 9 alle ore 16;
- accensione dalle ore 10 alle ore 15.

In ognuna delle condizioni di funzionamento indicate, è stato valutato il consumo medio orario, dividendo il consumo

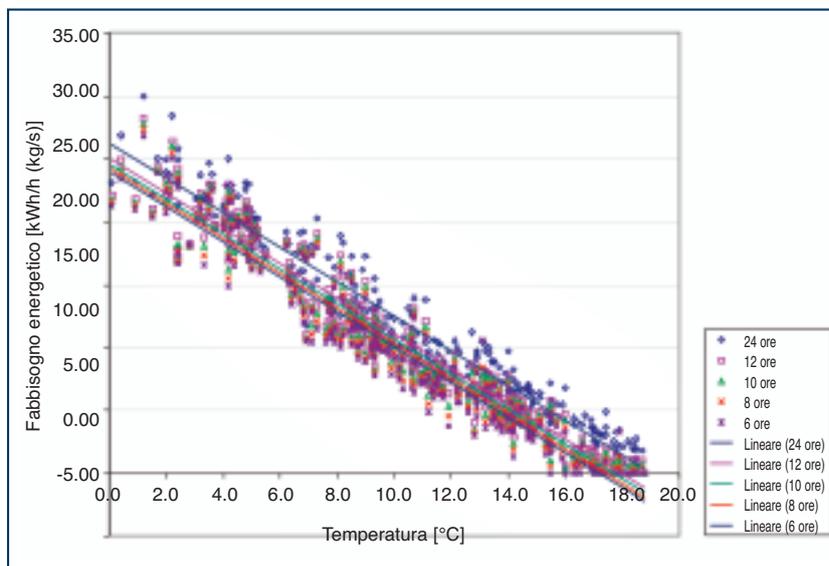


FIGURA 4 - FABBISOGNI ENERGETICI INVERNALI IN FUNZIONE DELLA TEMPERATURA

Tabella 1 - Formulazione semplificata dei fabbisogni invernali, in funzione dell'entalpia specifica

Ore di accensione		Fabbisogno orario medio [(kWh/h)/(kg/s)]	
24 ore	0 ÷ 24	$(f_v)_k = -17.201 \cdot \ln(h_k) + 66.412$	$R^2=0.9666$
12 ore	7 ÷ 18	$(f_v)_k = -17.372 \cdot \ln(h_k) + 65.502$	$R^2=0.9689$
10 ore	8 ÷ 17	$(f_v)_k = -17.354 \cdot \ln(h_k) + 65.08$	$R^2=0.9662$
8 ore	9 ÷ 16	$(f_v)_k = -17.359 \cdot \ln(h_k) + 64.75$	$R^2=0.9625$
6 ore	10 ÷ 15	$(f_v)_k = -17.339 \cdot \ln(h_k) + 64.399$	$R^2=0.9571$

Tabella 2 - Formulazione semplificata dei fabbisogni invernali, in funzione della temperatura

Ore di accensione		Fabbisogno orario medio [(kWh/h)/(kg/s)]	
24 ore	0 ÷ 24	$(f_v)_k = -1.3775 \cdot T_k + 26.271$	$R^2=0.9358$
12 ore	7 ÷ 18	$(f_v)_k = -1.3969 \cdot T_k + 25.02$	$R^2=0.9456$
10 ore	8 ÷ 17	$(f_v)_k = -1.3965 \cdot T_k + 24.65$	$R^2=0.9443$
8 ore	9 ÷ 16	$(f_v)_k = -1.3978 \cdot T_k + 24.319$	$R^2=0.942$
6 ore	10 ÷ 15	$(f_v)_k = -1.3959 \cdot T_k + 24.011$	$R^2=0.9363$

totale per il numero di ore di accensione. Per la rappresentazione dei risultati si è scelto di valutare due differenti opzioni, riportando in ordinata il consumo medio orario in kWh/h per ogni kg/s di aria trattata ed in ascissa una volta l'entalpia ed una volta la temperatura rilevate dai dati riportati nella norma Uni 10349 (figg. 3 e 4).

Nelle figure 3 e 4 sono riportati i risultati dei calcoli effettuati per la stagione invernale; come si può osservare, è possibile ottenere una funzione di regressione sufficientemente accurata sia per la variabile dipendente entalpia che per quella della temperatura, per tutte le condizioni di funzionamento calcolate.

Tra le diverse condizioni di funzionamento, il consumo orario medio risulta ovviamente inferiore nel caso in cui il fun-

zionamento coinvolge soltanto le ore centrali della giornata (10-15), che sono generalmente più calde.

Alla luce dei risultati presentati il fabbisogno orario per i trattamenti termoigrometrici dell'aria di ventilazione, nella stagione invernale, può essere espresso utilizzando le formulazioni riportate nelle tabelle 1 e 2, in funzione rispettivamente della temperatura T_k , cioè del valore medio mensile della temperatura media giornaliera dell'aria esterna e dell'entalpia h_k , cioè del valore medio mensile dell'entalpia media giornaliera dell'aria esterna.

In figura 5 sono riportati i risultati dei calcoli effettuati per la stagione estiva. In questo caso l'utilizzo della temperatura in ordinata porta ad una dispersione dei risultati inutilizzabile ai fini di una formulazione semplificata, e non

viene riportata, mentre l'entalpia specifica consente di ottenere un'approssimazione migliore, seppure con una maggiore dispersione rispetto alla situazione invernale.

In maniera speculare a quanto visto in inverno, tra le diverse condizioni di funzionamento, il consumo orario medio risulta ovviamente superiore nel caso in cui il funzionamento coinvolge soltanto le ore centrali della giornata (10-15), che sono generalmente più calde. Alla luce dei risultati presentati il fabbisogno orario per i trattamenti termoigrometrici dell'aria di ventilazio-

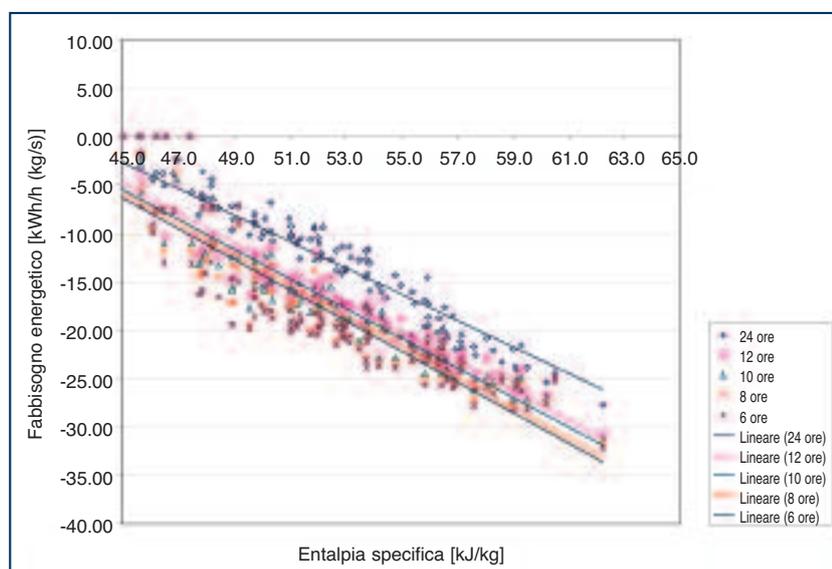


FIGURA 5 - FABBISOGNI ENERGETICI ESTIVI IN FUNZIONE DELL'ENTALPIA SPECIFICA



Tabella 3 - Formulazione semplificata dei fabbisogni estivi

Ore di accensione		Fabbisogno orario medio [(kWh/h)/(kg/s)]	
24 ore	0 ÷ 24	$(f_v)_k = -1.3615 \cdot h_k + 58.54$	$R^2=0.9205$
12 ore	7 ÷ 18	$(f_v)_k = -1.5187 \cdot h_k + 63.438$	$R^2=0.9173$
10 ore	8 ÷ 17	$(f_v)_k = -1.5338 \cdot h_k + 63.519$	$R^2=0.9092$
8 ore	9 ÷ 16	$(f_v)_k = -1.5853 \cdot h_k + 65.492$	$R^2=0.8802$
6 ore	10 ÷ 15	$(f_v)_k = -1.5807 \cdot h_k + 64.751$	$R^2=0.8631$

ne, nella stagione estiva, può essere espresso utilizzando le formulazioni seguenti, in funzione dell'entalpia (tab. 3).

Utilizzando le funzioni trovate e sostituendole nella:

$$E_v = \sum_k (q_v)_k \cdot N_k$$

è possibile arrivare alla formulazione semplificata cercata, utile al calcolo del fabbisogno stagionale per la ventilazione.

Nel caso in cui il funzionamento dell'impianto presenti degli orari di accensione e spegnimento programmati, identici per i diversi giorni del mese (caso molto comune), la precedente può essere scritta come:

$$E_v = \sum_k (q_v)_k \cdot N_k = \sum_k (q_v)_k \cdot o_k \cdot d_k$$

dove o_k sono le ore di accensione giornaliera e d_k sono i giorni di accensione mensile.

In questa maniera la ricostruzione del consumo stagionale risultante dalla sommatoria include soltanto pochi termini, pari ai mesi del funzionamento estivo o invernale, per i quali il valore di q_v può essere calcolato a partire dal valore di temperatura o di entalpia riportato nella normativa.

Analisi dei risultati

Applicando le relazioni sopra scritte, volendo ad esempio individuare il fabbisogno invernale di un impianto senza recupero, acceso dalle 7 alle 18 si può scrivere:

$$E_v = \sum_k (q_v)_k \cdot N_k = \sum_k (f_v)_k \cdot \dot{m} \cdot o_k \cdot d_k = \sum_k (-17.349 \cdot h_k + 65.402) \cdot \dot{m} \cdot 10 \cdot d_k$$

dove il pedice k indica il mese che si sta considerando, T_k è la temperatura media mensile del mese calcolata dalla norma Uni 10349, 10 è il numero di ore di accensione del mese considerato e d_k i giorni di accensione mensile.

La valutazione del fabbisogno energetico può essere ottenuta rapidamente anche per via grafica, utilizzando il

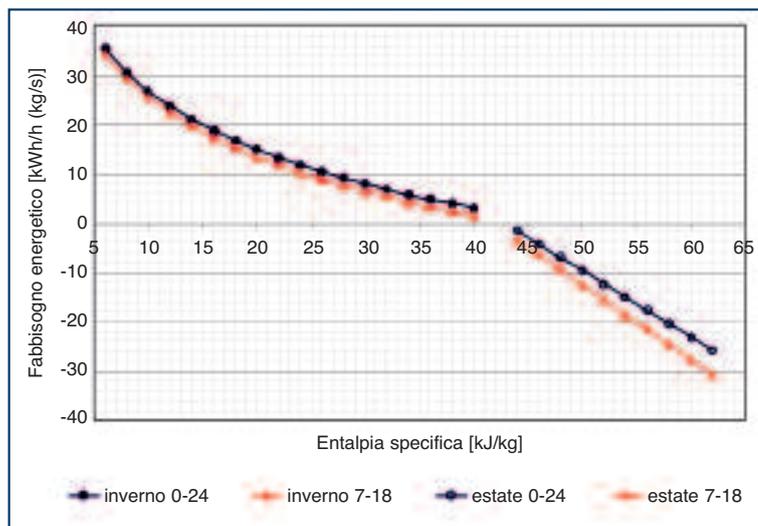


FIGURA 6 - FABBISOGNI INVERNALI ED ESTIVI IN FUNZIONE DELL'ENTALPIA SPECIFICA

grafico di figura 6, nel quale sono riportate le funzioni individuate per le diverse configurazioni impiantistiche esaminate, sia nella stagione invernale sia in quella estiva, per un utilizzo dell'impianto h24 o dalle ore 7 alle ore 18, ritenuto quest'ultimo tipico per applicazioni tipo uffici.

Conclusioni

Nel caso estivo la ricostruzione del fabbisogno energetico richiede l'utilizzo dell'entalpia e presenta una maggiore dispersione dei risultati.

Il metodo proposto può facilmente essere esteso al calcolo dei fabbisogni di ventilazione nel caso di impieghi di dispositivi di recupero del calore sia evaporativi che aria-aria, come ad esempio quelli indicati in [10, 11].

L'utilizzo del metodo può risultare utile, a livello progettuale, sia per valutare rapidamente diverse configurazioni impiantistiche, sia per scegliere nella maniera più conveniente i contratti di fornitura dell'energia (per riportare i fabbisogni in consumi frigoriferi, si faccia riferimento ad esempio a [12]), sfruttando a pieno le possibilità offerte dalla liberalizzazione del mercato.

Livio de Santoli, Francesco Mancini
Dipartimento di Fisica Tecnica,
Università La Sapienza, Roma

Bibliografia

- [1] Direttiva 2002/91/EC del Parlamento e del Consiglio Europeo del 16 dicembre 2002 sulla Efficienza energetica degli edifici.
- [2] M 343 - EN -2004. Mandato al CEN, CENELEC and ET-SI per la elaborazione e l'adozione di norme per un metodo di calcolo l'efficienza energetica integrata degli edifici a la stima dell'impatto ambientale secondo quanto disposto nella direttiva 2002/91/EC (disponibile in www.cti2000.it).
- [3] Olesen, Bjarne - *The Role of Indoor Climate in the European Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)*. In: Atti del convegno: Roomvent 2004, 5-8 September 2004, Coimbra.
- [4] EN 13465 Ventilazione degli edifici - Metodo di calcolo per determinare il flusso d'aria negli edifici residenziali.
- [5] EN13779 Ventilazione degli edifici non-residenziali - prestazioni richieste ai sistemi di ventilazione e condizionamento d'aria.
- [6] L. de Santoli, G. Fracastoro - *La qualità dell'aria negli ambienti interni, soluzioni e strategie* - Collana Aicarr - 1998.
- [7] Uni 10349 - *Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici*.
- [8] M. Pagliarini, F. Parrini - *Definizione delle zone climatiche - Atti del II seminario informativo - CNR - PFE - RERE - Milano 5-6/03/1979*.
- [9] A. Lavagnini, M. Pagliarini, F. Parrini - *Definizione delle zone climatiche - Atti del III seminario informativo - CNR - PFE - RERE - Milano 3-4/03/1980*.
- [10] M. Cappelli D'Orazio, C. Cianfrini, L. Santarpia - *Recupero energetico per mezzo di raffreddamento evaporativi - Cda 3/1997*.
- [11] R. Lazzarin, A. Gasparella, G. A. Longo, M. Perbellini - *Gli scambiatori di calore aria aria: potenzialità applicative nella riduzione del carico di ventilazione degli edifici*.
- [12] L. Schibuola - *Influenza del funzionamento a potenza ridotta sulle prestazioni stagionali dei condizionatori d'aria - 43° Convegno Internazionale Aicarr - Milano, marzo 2002*.

L'UNIVERSITÀ DEL MESE

A completamento del servizio pubblicato sul Cda di aprile dedicato all'ateneo di Padova, pubblichiamo altre immagini del Dipartimento di Fisica Tecnica (DFT).

a cura di Marco Noro



LABORATORIO DI SCAMBIO BIFASE: IMPIANTO PER LO STUDIO DELLA CONDENSAZIONE DI FLUIDI FRIGORIGENI (PRESSO IL DFT)



LABORATORIO DIDATTICO DI TRASMISSIONE DEL CALORE: IMPIANTO DI MISURA SCAMBIATORI (PRESSO IL DFT)



LABORATORIO DI CONDUTTIVITÀ TERMICA: APPARECCHIATURA A TERMOFLUSSIMETRI (PRESSO IL DFT)