

Prefazione

È con soddisfazione e cauto timore che in nome dell'Associazione licenzio, con questa breve prefazione, il primo libro della nuova collana di documentazione tecnica edita a cura dell'AICARR.

Soddisfazione per essere testimone e notaio dei livelli culturali conseguiti, della capacità organizzativa e della maturità che con ciò la nostra Associazione dimostra di aver raggiunto, grazie alla sua continua crescita qualitativa e quantitativa; cauto timore dovuto all'ambizioso traguardo che una collana di libri tecnici rappresenta, meta che, nonostante l'asperità della salita, contiamo di tagliare con successo.

La collana, che nel suo piano editoriale per il corrente anno ha già quattro titoli, intende rivolgersi agli operatori del nostro settore per fornire loro una panoramica aggiornata di conoscenze sullo stato dell'arte e sulle tendenze ed evoluzione della ricerca tecnica scientifica in merito ad argomenti d'ampio interesse sull'impiantistica per il benessere, affidandosi ad un'esposizione il più possibile chiara e accessibile.

Ha quindi l'ambizione di porsi come riferimento puntuale d'informazione e di condivisibile approfondimento e rappresenta il punto culminante del grande impegno per una corretta informazione e diffusione del patrimonio culturale accumulato dai soci più attivi in AICARR in tanti anni d'attenta e proficua attività.

La scelta dei testi è curata dalla Commissione Editoria della nostra Associazione e il contenuto di questo primo volume non poteva essere diverso dall'esplorazione d'argomenti di forte attualità connessi con il Condizionamento dell'aria, cuore del nostro acronimo e della nostra attività culturale.

La costante preoccupazione di responsabilizzarci e responsabilizzare sullo sviluppo compatibile e sull'uso razionale dell'energia, trova qui una chiara risposta presentando le più aggiornate riflessioni su tecnologie fondamentali per la qualità degli edifici e dell'ambiente in essi confinato.

Il rapido diffondersi negli ultimi anni della climatizzazione estiva – sia istituzionale, con impianti centralizzati per uffici, ospedali, alberghi, ecc. che privato abitativa, con gli impianti autonomi, ormai elettrodomestici a gran diffusione – sta ponendo importanti problemi di carattere economico e ambientale per il forte aumento della richiesta d'energia elettrica e per il conseguente inquinamento dovuto a incrementi localizzati di temperatura, di cui si evidenziano le perverse conseguenze energetico-ambientali, e la maggior produzione di gas serra (in particolare CO₂).

La necessità quindi di proseguire il costante sviluppo del settore contenendo nello stesso tempo i fabbisogni energetici per climatizzazione è il motore e la linea guida del volume, teso a contribuire alla diffusione di tecnologie e applicazioni capaci di dare significativi apporti all'auspicato sviluppo compatibile.

La riduzione della domanda frigorifera, infatti, non può gravare sulla diffusione degli impianti di climatizzazione, ma deve passare:

- prima, attraverso le tecniche di contenimento passivo, migliorando la progettazione della qualità delle superfici vetrate e della loro protezione dal soleggiamento diretto e il miglioramento dei sistemi e dei materiali di isolamento termico degli edifici;
- poi, attraverso sistemi di accumulo del freddo, che consentano convenienti riduzioni dei picchi di assorbimento energetico;
- quindi, attraverso le tecniche attive di miglioramento delle rese delle macchine frigorifere e lo sfruttamento degli effetti frigoriferi naturali, pressoché gratuiti dal punto di vista energetico, noti come free-cooling, ma invero poco utilizzati;
- infine attraverso un’attenta valutazione del costo beneficio globale – costi di investimento, consumi energetici, impatto ambientale, gestione e manutenzione, effetti di riequilibrio e di gestione delle fonti primarie di energia – per l’utilizzo delle macchine frigorifere alimentate a gas, siano esse tradizionali che ad assorbimento.

L’attenzione dell’indagine non si ferma alle possibilità di intervento su nuove installazioni, ma affronta la componente essenziale degli interventi sul patrimonio edilizio esistente, evidenziando le adatte tecniche del retrofitting, sia per le macchine sia per gli edifici.

Ne esce una panoramica attenta ed essenziale che invita a profonda riflessione utenti finali e, in modo particolare, i progettisti.

Nel rispetto del miglior spirito associativo, il primo volume nasce dalla collaborazione e impegno di più autori e soci, cui va la gratitudine dell’Associazione.

Cesare Taddia
Presidente dell’AICARR

Introduzione

Renato M. Lazzarin

Dipartimento di Tecnica e Gestione dei sistemi industriali
Università di Padova

1.1. IL MERCATO DEL CONDIZIONAMENTO DELL'ARIA NELL'EUROPA MERIDIONALE

Negli ultimi dieci anni la climatizzazione estiva è passata in Italia da un servizio di *élite* ad un fenomeno di massa con un'autentica esplosione nell'installazione dei condizionatori autonomi da appartamento. Il fenomeno ha avuto dei tempi di crescita paragonabili solo alla diffusione a fine anni '50 della TV o, per restare in un settore vicino all'espansione nelle vendite di caldaie autonome negli anni '80. Come all'epoca bastava guardare i tetti delle città per notare lo sviluppo delle bizzarre ramificazioni delle antenne, oggi non è difficile guardandosi attorno riconoscere i gruppi condensanti di *split* e *splittini*, collocati nelle posizioni più impensate.

Le cifre parlano da sole. I condizionatori autonomi da appartamento hanno avuto un incremento del fatturato del 64% dal 1994 al 1995 ed addirittura dell'85% se il riferimento è al 1993.

Dopo un periodo di mercato stabile fra il 1996 e il 1998, si è avuta un'autentica esplosione del mercato nel 1999, praticamente con un raddoppio degli apparecchi venduti rispetto all'anno prima. L'anno successivo, il 2000, vedeva un ulteriore aumento quasi del 30%, con ulteriori successivi aumenti più contenuti: la stima per il 2002 è di circa 867.000 unità split (sotto i 12 kW) vendute. A questo tumultuoso sviluppo del mercato non ha fatto fronte l'industria nazionale che pure fino al 1995 copriva oltre i 2/3 del mercato interno divenendo viceversa prevalente l'importazione.

Questi andamenti sono evidenziati dalla fig. 1.1 che riporta per il periodo 1998-2002 il nume-

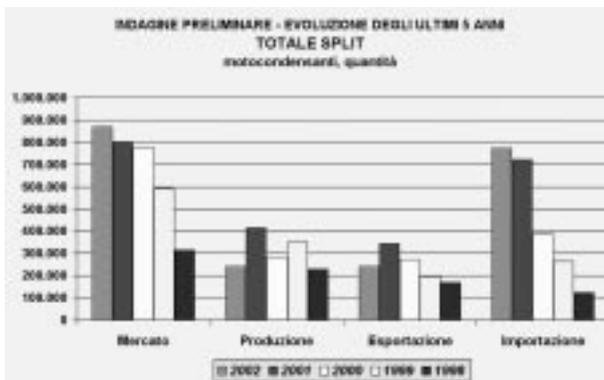


Fig. 1.1.
Mercato, produzione,
esportazione ed importazione
di condizionatori split
di potenza frigorifera inferiore
a 12 kW negli ultimi 5 anni [1.1].

ro di apparecchi split rispettivamente venduti, prodotti, esportati ed importati [1.1] [1.2] [1.3] [1.4]. La fig. 1.2 mostra che l'industria nazionale ha incrementato produzione ed esportazione di apparecchi di maggiore potenzialità (sopra i 7 kW) soprattutto nel 2001: i numeri sono più contenuti, ma, ovviamente, i costi unitari sono più importanti.

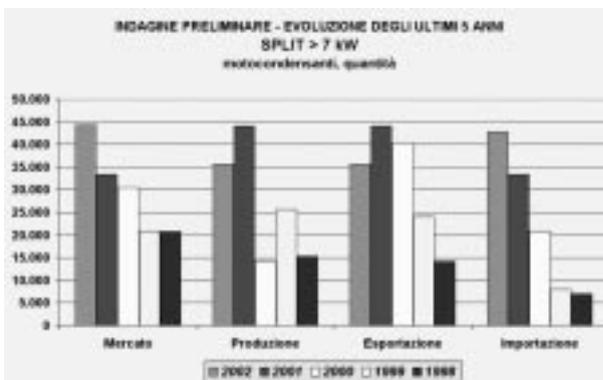


Fig. 1.2.
Mercato, produzione, esportazione ed importazione di condizionatori split di potenza frigorifera superiore a 7 kW negli ultimi 5 anni [1.1].

Un altro mercato in cui l'industria nazionale ha fatto la parte del leone è stato quello degli apparecchi trasferibili monoblocco o a valigetta, nei confronti dei quali la produzione interna ha coperto quasi tutte le esigenze del mercato, rivolgendosi all'esportazione con quantità vicine o superiori a quelle della domanda interna per tutti gli ultimi 5 anni (fig. 1.3).

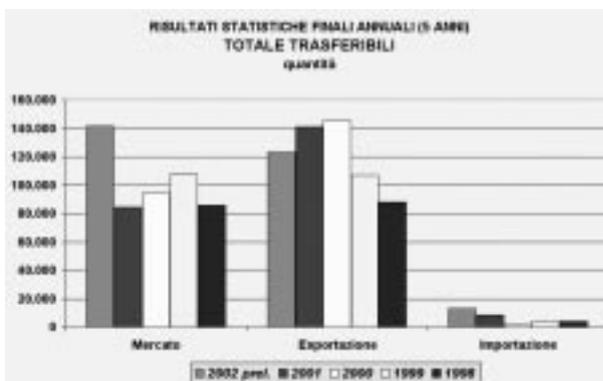


Fig. 1.3.
Mercato, produzione, esportazione ed importazione di condizionatori trasferibili (monoblocco o a valigetta) negli ultimi 5 anni [1.1].

Lo sviluppo ha coinvolto altri paesi dell'Europa meridionale, segnatamente il Portogallo, la Spagna, la Francia del sud e la Grecia. Basti pensare che l'espansione del mercato greco negli ultimi 4 anni è stata ben del 900% [1.5].

Per fornire dei dati riassuntivi, il mercato europeo dei condizionatori autonomi da appartamento ha totalizzato per il 1999 un fatturato di 2,6 miliardi di sterline inglesi (suppergiù al cambio odierno oltre 4 miliardi di euro) con una ripartizione per prodotto che vede una netta prevalenza degli split (71%), com'è illustrato in fig. 1.4 [1.6].

Il mercato del condizionamento dell'aria centralizzato non è stato da meno con un fatturato per il 1999 di 1,5 miliardi di dollari (al cambio qualcosa come 1,5 miliardi di euro). Quasi

metà di questo fatturato (614 milioni di dollari) è imputabile ai *chillers*, mentre la parte rimanente si ripartisce fra unità di trattamento aria, *fan coils* ed altri elementi di impianto. È interessante notare come, benchè si faccia un largo parlare di compressori a vite e *scroll*, tuttora il 68% dei *chiller* sia equipaggiato con compressori alternativi a pistoni.

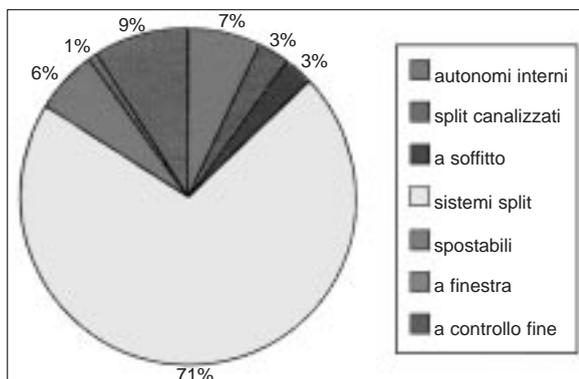


Fig. 1.4.
**Mercato europeo
 dei condizionatori autonomi
 da appartamento.**

Per quanto riguarda possibili previsioni per il futuro, un elemento guida può essere il confronto fra le percentuali di aree climatizzate in diversi settori in Italia confrontate con il dato medio europeo (fig. 1.5). Il nostro paese dovrebbe, per la sua collocazione geografica ed il suo clima avere valori generalmente superiori alla media europea verso cui è presumibile tenderà.

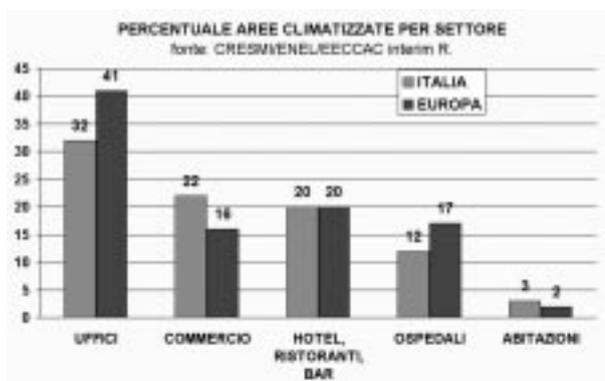


Fig. 1.5.
**Percentuale di aree climatizzate
 in Italia e in media in Europa
 nei settori: uffici, commercio,
 alberghiero (comprensivo
 di ristoranti e bar),
 ospedaliero ed abitativo.**

Ci si possono aspettare incrementi importanti negli uffici, dove la percentuale è largamente inferiore alla media, negli ospedali, dove la richiesta di condizioni termoigrometriche di benessere sarà sempre più stringente e nel settore alberghiero che in un paese a sviluppo turistico dovrebbe vedere una crescita della domanda di climatizzazione. Anche nel settore abitativo che è coinvolto in misura molto limitata non è difficile preventivare un incremento. Infine l'unico settore apparentemente meno interessato a questa crescita generalizzata è quello commerciale dove, però, la progressiva chiusura dei piccoli punti di vendita a favore dei centri commerciali, tutti indistintamente climatizzati su base annuale, può uniformare le tendenze attese per questo settore a quelle degli altri.

Si pone a questo punto un problema di grande rilievo economico ed ambientale di sostenibilità di una possibile assai ampia diffusione della climatizzazione estiva. Questo coinvolge da un lato la domanda di potenza elettrica e dall'altro le tematiche dell'inquinamento ambientale sia a livello di incrementi di temperatura localizzati (isole di calore) che di produzione di gas serra (in particolare CO₂).

1.2. LE PUNTE ESTIVE DI CARICO ELETTRICO

L'irresistibile crescita nel numero di condizionatori installati non produce conseguenze solo a livello di PIL, di sviluppo industriale e di maggiore benessere per gli utilizzatori, ma coinvolge una serie di problematiche che non vanno assolutamente trascurate.

La prima fra queste deriva dal fatto che gran parte di questo colossale parco installato di apparecchi è alimentato da energia elettrica. Su questo aspetto ci può essere di utile guida quanto si è verificato negli USA che su molti consumi, e fra questi il condizionamento estivo, tendono a precedere di qualche decennio l'Europa.

Ebbene, da alcuni anni negli USA le punte di carico elettrico si realizzano d'estate, anziché, come avviene di solito da noi, nei giorni più freddi dell'inverno. Benchè le compagnie elettriche abbiano sviluppato in questi anni un sistema tariffario che, soprattutto negli Stati del Sud, penalizza pesantemente gli impegni di potenza e le fasce orarie tipiche del condizionamento, questo non ha impedito nel corso dell'estate del 2000 la comparsa di alcuni *black out*, il più grave dei quali è intervenuto a Detroit, imprigionando per ore centinaia di persone negli ascensori, con blocco dei trasporti pubblici e chiusura delle scuole [1.7]. Altri *black out* si sono verificati in California, mentre a New York l'azienda elettrica regionale ha provveduto ad interruzioni intenzionali dell'erogazione dell'energia elettrica per zone per evitare il collasso improvviso del sistema.

Con il solito linguaggio suggestivo gli Americani chiamano queste azioni *brown out* (non ti mettiamo al buio, ma solo in...penombra).

La conseguenza immediata di questo stato di cose è un aumento generalizzato delle tariffe che nello stato di New York hanno visto un incremento record nell'ultima estate rispetto alla precedente di ben il 30%. Data la scarsa elasticità dei consumi, questo si traduce prima di tutto in un maggiore esborso per il consumatore senza ridurre apprezzabilmente la domanda, come succede da noi in corrispondenza ai periodici aumenti di prezzo della benzina.

Quanto siamo distanti in Italia dalla situazione americana? Dei dati dettagliati messi gentilmente a disposizione dall'AIM di Vicenza (Aziende Industriali Municipalizzate) e che riguardano appunto il territorio di Vicenza sono molto eloquenti [1.8].

Si considerino in fig. 1.6 le curve di carico giornaliero massimo invernale ed estivo per gli anni 1996 e 1999. Si osserva un incremento nel triennio della potenza richiesta sia nel periodo freddo che in quello caldo. L'incremento è, però, decisamente più vistoso nel periodo caldo. Il picco invernale passa da 48 a poco più di 50 MW; il picco estivo compie un balzo da 40 a 50 MW con valori confrontabili, quando non superiori sia in termini di potenza che di energia con i valori invernali.

È questo un problema che non coinvolge solo le punte di carico, ma anche i valori mensili. Il massimo valore mensile di energia elettrica immessa nella rete AIM compare tradizionalmente nel mese di dicembre con un andamento costantemente ascendente negli ultimi dieci anni da 20,699 GWh nel 1991 a 25,210 GWh nel 1999, aumento dovuto sia ad un incremento nella capacità produttiva del territorio che ad un'espansione dell'attività AIM. Nel 1991 il valore mensile del mese di luglio fu di 16,289 GWh, decisamente inferiore al valore del mese di dicembre, mentre nel 1999 si è arrivati a 23,332 GWh che è un valore del tutto confronta-

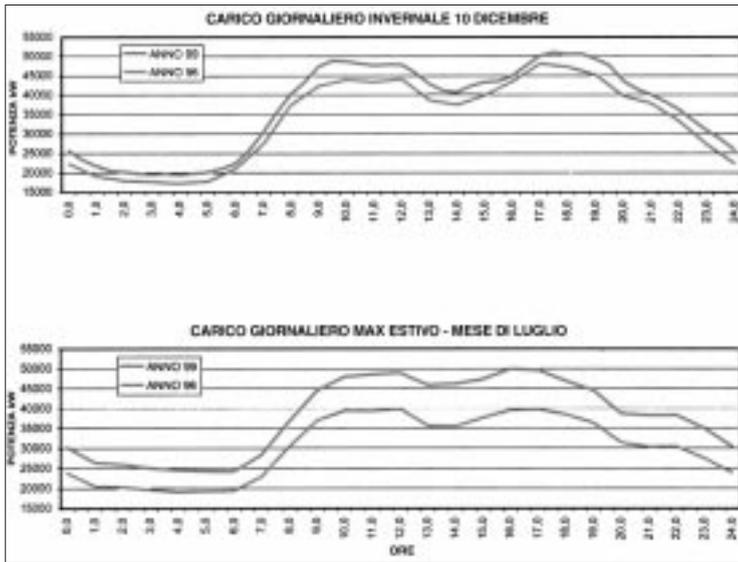


Fig. 1.6.
Curve di carico massimo giornaliero invernali ed estive nel 1996 e nel 1999 nella zona di Vicenza.

bile con quelli dei mesi di gennaio e novembre. Vari indicatori mostrano che questa situazione è comune a parecchi comparti elettrici.

La crescita progressiva delle installazioni di impianti ed impiantini di condizionamento può da queste basi portare rapidamente a condizioni critiche non appena compaiano situazioni meteorologiche torride, non improbabili con i recenti cambiamenti climatici. L'accensione contemporanea di milioni di *split* può portare al collasso un sistema che già in partenza presenta una riserva di potenza molto risicata. Né si deve dimenticare che la crescente diffusione degli impianti termoelettrici a turbogas implica una potenzialità installata inferiore nei mesi caldi per la forte sensibilità delle turbine a gas alla densità dell'aria. Infatti il compressore aspira portate volumetriche assegnate d'aria, ma la potenza erogata dalla turbina è proporzionale alle portate di massa: l'aria a 30°C presenta un volume specifico maggiore di oltre il 10% rispetto ad aria a 0°C.

Non intendo fare del catastrofismo, per cui ritengo che il problema possa essere risolto, a condizione, però, di essere consapevoli della sua esistenza, in maniera da prendere per tempo adeguati provvedimenti. In caso contrario si corre il rischio a noi ben noto della politica dell'emergenza, per cui i problemi si affrontano solo quando si ha l'acqua alla gola, quando non al naso. Ricordo di sfuggita che nel corso della prima crisi energetica del 1973 gli "esperti" del Ministero dell'Industria misero a punto due strategie di contenimento immediato dei consumi energetici. La prima consisteva nel far viaggiare gli ascensori solo in salita (sic!). La seconda nello spegnimento dei condizionatori d'aria.

1.3. ALTRE PROBLEMATICHE

Un incremento dei consumi di energia elettrica è dal punto di vista ambientale un problema in sè. Esiste un impegno sancito dal protocollo di *Kyoto* a ridurre la produzione di CO₂, per cui se si intende aumentare i consumi estivi, bisognerà comprimere ulteriormente altri consumi. Il fatto che nel recente vertice de *L'Aja* non si sia pervenuti ad un accordo non è un indice che il problema non sussista, ma solo della miopia dei governi che sanno quanto sia impo-

polare proporre medicine anche blande ad un organismo che non si sente ancora malato, anche se poi le medicine diverranno amarissime, e forse inutili, quando quello stesso organismo risulterà gravemente ammalato.

Sembra quindi giusto preoccuparsi di contrastare l'entità dell'incremento atteso con tutta una serie di provvedimenti rivolti sia all'ambiente condizionato che alle apparecchiature.

Inoltre un fenomeno che sta assumendo proporzioni davvero preoccupanti è quello delle cosiddette *isole di calore*. Tale fenomeno verrà descritto dettagliatamente nel prossimo capitolo. Sinteticamente: la concentrazione di impieghi energetici, la modifica delle superfici e della loro emissività, la variazione dell'umidità atmosferica negli ambienti urbani per la riduzione progressiva del verde producono un vistoso incremento di temperatura nelle zone urbanizzate rispetto alle limitrofe zone di campagna. Gli incrementi nei periodi caldi sono di alcuni gradi con una persistenza delle ore calde assai più prolungata e che si estende spesso alle ore notturne, quando nelle zone di campagna la maggiore trasparenza atmosferica consente un benefico effetto di raffrescamento per radiazione con la volta celeste.

Quest'incremento di temperatura presenta un duplice *feed-back* con gli impianti di condizionamento. Da una parte incrementa in maniera rilevante la domanda di freddo che aumenta sia in termini istantanei che in termini giornalieri per il protrarsi di temperature elevate dell'aria. D'altra parte questa stessa aria calda è quella che provvede al raffreddamento dei condensatori delle macchine frigorifere. I valori più elevati implicano un abbassamento del COP. Il duplice effetto produce come risultato finale un cospicuo incremento della domanda di energia elettrica.

Per avere un ordine di grandezza si tenga conto che, secondo alcune stime, per ambienti urbani di dimensioni maggiori di 100.000 abitanti un incremento di temperatura di 1°C può significare un aumento della domanda di energia elettrica superiore al 3%.

1.4. PROVVEDIMENTI DAL LATO DELLA DOMANDA FRIGORIFERA

Le problematiche appena presentate hanno suggerito di mettere in cantiere una serie di contributi che consentissero di mettere a fuoco non solo i problemi, ma soprattutto le possibili soluzioni. Questi sono riportati nei vari capitoli in cui si articola il presente volume. Dopo il capitolo già descritto sul fenomeno delle isole di calore, altri capitoli sono dedicati alla riduzione della domanda frigorifera.

Un primo intervento significativo si può ottenere con un adeguato ricorso all'isolamento termico ed ai materiali isolanti più adatti. Un altro settore molto promettente è quello delle superfici vetrate, spesso massime responsabili dei carichi termici istantanei. Anche in questo campo si sono avuti importanti sviluppi tecnologici dei quali il capitolo darà conto.

Nell'insieme queste tecniche passive, oltre a ridurre il fabbisogno frigorifero complessivo, dovrebbero anche tagliare le punte di carico. Un risultato analogo può essere ottenuto con un corretto impiego degli accumuli di freddo, accumuli di acqua gelida o di ghiaccio. A questi, alle tecniche ed alle valutazioni economiche sarà dedicato un capitolo specifico.

1.5. PROVVEDIMENTI DAL LATO DELL'OFFERTA FRIGORIFERA

Un'altra possibilità per ridurre le punte di carico elettrico, come anche la richiesta estiva è il ricorso a macchine frigorifere alimentate a gas. Com'è noto, si tratta essenzialmente di motori alternativi a gas che azionano macchine frigorifere "classiche" e di macchine ad assorbimento, ma non solo di questo. Il ricorso a queste tecniche produce un duplice positivo risul-

tato. In primo luogo si riduce il fabbisogno elettrico sia nell'entità complessiva che nelle punte. In secondo luogo si utilizza il gas naturale nei mesi estivi, moderando la stagionalità sempre più pronunciata dei consumi, con tutti i problemi connessi di stoccaggio del gas. I sistemi ad assorbimento permettono poi in linea di principio l'utilizzazione di calore di recupero, spesso di problematica utilizzazione estiva, per produrre un effetto frigorifero.

La riduzione della domanda elettrica può derivare da un perfezionamento delle macchine frigorifere con interventi che, a partire dal compressore, coinvolgono tutti gli elementi di scambio termico senza dimenticare i miglioramenti dei sistemi di controllo e regolazione, consentiti dai prodigiosi sviluppi dell'elettronica.

Un'altra possibilità spesso trascurata è quella di sfruttare a fondo i possibili effetti frigoriferi di tipo naturale, e perciò spesso del tutto o quasi gratuiti dal punto di vista energetico, che vanno sotto il nome di *free-cooling*. I due capitoli corrispondenti forniranno un quadro aggiornato sia degli sviluppi tecnologici che delle potenzialità del *free-cooling*.

Infine non si è dimenticata una componente essenziale degli interventi, vale a dire quelli possibili sull'esistente, derivanti da adatte tecniche di *retrofitting* sia sull'edificio che sulle macchine.

Con questo si completa una rassegna nella quale il lettore avvertito potrà avere un adeguato aggiornamento sulle problematiche indotte dall'espansione crescente del condizionamento dell'aria, oltre ad uno stimolo ad approfondire alcuni dei temi.