

di Umberto Cranchi

Oggi il mercato mette a disposizione degli impianti di aria condizionata specificatamente costruiti per l'installazione a bordo di imbarcazioni di qualsiasi lunghezza e caratteristica

Aria condizionata

per tutti

E sistono un'infinità di tipi di imbarcazione, ma tutte, anche se in forme diverse presentano gli stessi problemi; per quanto riguarda gli impianti di aria condizionata, una delle novità degli ultimi anni, consiste nella facilità di montare tali apparati su scafi di medie dimensioni a costi veramente contenuti. L'obiettivo di questo articolo è proprio quello di fare chiarezza su un prodotto poco conosciuto nella nautica, ma che in altri settori ha trovato la più ampia applicazione, infatti in ogni auto, anche per le utilitarie, se non di serie è fornito come opzione; nelle abitazioni è ormai diventato di uso frequente come nella maggior parte di uffici sia pubblici che privati.

È lecito quindi domandarsi come mai, in uno scafo che serve

Che cos'è il condizionamento

Condizionamento vuoi dire modificare le condizioni di un ambiente di solito per raggiungere dei parametri di maggiore benessere. Un condizionatore d'aria ha la capacità di aspirare l'aria dall'ambiente, raffreddarla e deumidificarla e quindi renderla all'ambiente «condizionata». Un condizionatore può anche riscaldare l'aria ambiente se dotato di accessori adatti quali il sistema di inversione di ciclo oppure resistenze elettriche di riscaldamento. Il condizionatore è di solito dotato di controllo sulla temperatura ambiente (termostato) oltre a un interruttore on/off e un selettore per la velocità del ventilatore. Inoltre, se dotato di funzione di riscaldamento invernale, il pannello di controllo ha la scelta Caldo (per l'inverno) e Freddo (per l'estate). Questa scelta può essere automatica, in modo tale che impostata la temperatura desiderata, il condizionatore sceglierà da solo il modo di funzionamento per mantenere la temperatura impostata. In questo caso il condizionatore diviene Climatizzatore.

prevalentemente per trascorrere nel modo più gradevole il tempo libero, la maggioranza dei costruttori non abbia già pensato di installarlo o perlomeno di curare la predisposizione del condizionamento da proporre come opzione.

Il lavoro per installare un sistema di aria condizionata è relativamente semplice e chiunque abbia un minimo di "mestiere", con l'ausilio di pochi e non specifici strumenti di lavoro, è in grado di completare con successo un'installazione.

Va premesso che, per condizionare un certo ambiente e visto che ogni scafo ha dimensioni e caratteristiche diverse, è indispensabile combinare i vari elementi che i produttori offrono e per fare questo occorre una serie di valutazioni oggettive.

Tipi di condizionatori

Esistono tre tipi di impianti per realizzare il condizionamento:

Impianti indipendenti monoblocco o in due parti, per condizionare un ambiente o ambienti contigui. Il condizionatore tratta l'aria e la rinvia nell'ambiente dove è installato. La dimensione delle tubazioni per la conduzione dell'aria (da 7,5 cm a 17,5 cm) impedisce di realizzare impianti di distribuzione complessi o eccessivamente ramificati. Una variante interessante di questo tipo di impianto è il modello «Split» nel quale la parte che tratta l'aria (scambiatore) può essere separata (fino a diversi metri) dalla parte compressore. Questa configurazione permette di installare il condizionatore in spazi che altrimenti non consentirebbero l'installazione di un condizionatore monoblocco. La regolazione di temperatura avviene arrestando il compressore e/o variando la velocità del ventilatore.

Impianti centralizzati con distribuzione diretta di refrigerante ai diversi evaporatori (fan coil). Sono impianti molto diffusi



Un impianto tipo Split con scambiatore e compressore separati.



Un impianto monoblocco, adatto a condizionare ambienti contigui.

nelle installazioni civili dove possono essere chiamati Multisplit. Nel campo nautico esistono impianti semplificati con compressore centralizzato che alimentano diversi evaporatori. Purtroppo la semplificazione rende l'impianto poco flessibile e squilibrato quando le richieste di condizionamento diminuiscono (notte) e il compressore che è adatto ad alimentare gli evaporatori di una certa capacità, si trova collegato a un carico ridotto. Questa situazione può aumentare la rumorosità degli evaporatori se non adeguatamente compensata. Inoltre il collegamento dell'unità centrale agli evaporatori è realizzato con tubi in rame che portano il refrigerante; se non adeguatamente studiato, il circuito di distribuzione in rame è un punto delicato e in caso di rottura può bloccare tutto l'impianto. La riparazione del circuito in rame su un'imbarcazione può essere molto laboriosa. Con questo tipo di impianto non è possibile collegare diversi compressori in parallelo: ogni compressore deve essere collegato al suo circuito di evaporatori. La regolazione di temperatura in ogni ambiente avviene fermando l'alimentazione di refrigerante all'evaporatore oppure diminuendo la velocità del ventilatore. In entrambi i casi il circuito frigorifero subisce una diminuzione della capacità che se non adeguatamente compensata, squilibra l'impianto.

Impianti centralizzati con circolazione di acqua refrigerata:

In questo caso l'unità centrale che può essere composta da uno o più compressori, raffredda l'acqua che viene fatta circolare in un circuito chiuso che raggiunge i diversi scambiatori (fan coil) installati nelle cabine. Questo tipo di impianto ha diversi

vantaggi: l'impianto di distribuzione dell'acqua fredda (o calda) è del tutto simile a un impianto di riscaldamento dove al posto della caldaia c'è uno o più compressori e, al posto dei caloriferi in ogni cabina, ci sono i fan coil. Il funzionamento dei fan coil è del tutto indipendente dal compressore(i) in quanto il compressore è regolato per mantenere l'acqua del circuito chiuso a una temperatura prefissata (di solito +7 °C per l'estate e +40 °C per l'inverno); i fan coil sono collegati al circuito chiuso e la regolazione di temperatura in ogni ambiente avviene variando o spegnendo il ventilatore del fan coil; se anche tutti i fan coil fossero spenti, il compressore semplicemente rimarrà spento in quanto l'acqua del circuito chiuso si mantiene fredda. Questo tipo di impianto risulta estremamente flessibile nel caso di più compressori che vengono collegati tutti in parallelo nel circuito chiuso di acqua refrigerata. Ogni compressore può essere fatto funzionare indipendentemente o contemporaneamente agli altri e la sua potenza viene fornita a tutti i fan coil. È quindi possibile installare compressori di diversa potenza per meglio adattarsi alle diverse condizioni di funzionamento.

Rinfrescare e riscaldare con il condizionatore

Il condizionatore, utilizzato in ciclo di raffreddamento estivo, è un apparecchio frigorifero che sottrae calore all'aria ambiente (direttamente con i sistemi a «espansione diretta» oppure con un fluido intermediario per i sistemi «chiller») e lo deve dissipare insieme al calore generato dal suo «lavoro» all'esterno dell'ambiente. Nei condizionatori marini il calore viene ceduto all'acqua mare.

Lo stesso apparecchio che produce freddo in estate, può produrre caldo nella stagione invernale. Per ottenere caldo l'apparecchio deve essere dotato di «inversione di ciclo» che consiste in una elettrovalvola speciale a quattro vie collegata in modo tale da «invertire» il circuito. In questo modo il calore viene prelevato dall'acqua mare (che viene raffreddata) e ceduto all'aria ambiente che viene riscaldata. Questo riscaldamento è sufficiente



Uno dei modelli di fan coil più diffuso sul mercato

per climi mediterranei, con temperature invernali non rigide e soprattutto con l'acqua di mare a temperature superiori a +10 °C. Quest'ultimo dato va considerato attentamente perché il rendimento del condizionatore scende in modo drastico se la temperatura dell'acqua di mare scende al di sotto dei +10 °C. In questo caso il condizionatore ha poca efficienza ed è inutilizzabile per il riscaldamento.

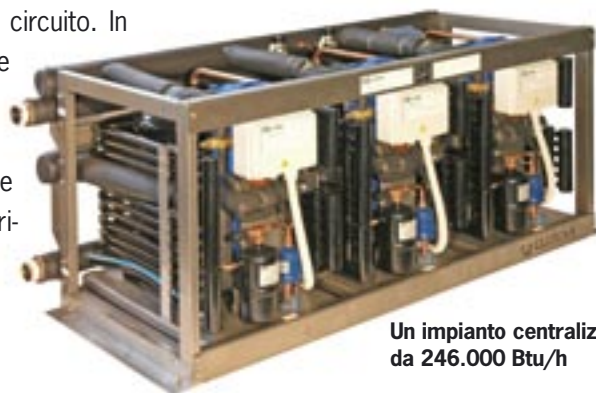
Per mari freddi è più opportuno utilizzare dei sistemi di riscaldamento elettrici che sono insensibili alle temperature dell'acqua di mare. Sul mercato sono disponibili condizionatori dotati anche di riscaldamento elettrico.

Raffreddamento del condizionatore

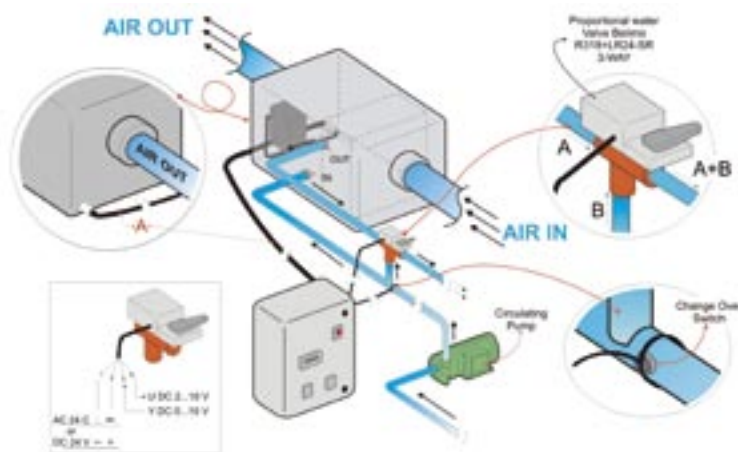
Per la potenza in gioco e per le caratteristiche di un'installazione di bordo, tutti i condizionatori per uso marino sono raffreddati ad acqua, ovvero dissipano il calore nell'acqua del mare, per mezzo di scambiatori raffreddati con una pompa. Non si può escludere l'installazione di un gruppo «terrestre» raffreddato ad aria su un'imbarcazione, ma i risultati difficilmente saranno soddisfacenti. La pompa utilizzata per il raffreddamento del condizionatore dovrà essere per servizio continuo e costruita con materiali resistenti al mare. Sono generalmente utilizzate pompe centrifughe in 230V da installare sotto la linea di galleggiamento.

Sicurezza

Il condizionamento ha due aspetti di cui è indispensabile tenere conto ai fini della sicurezza: l'impianto è alimentato in tensione di rete 230V o 115V ed è quindi indispensabile che i collegamenti siano realizzati secondo le norme di sicurezza. Il condizionatore (o i fan coil) deve aspirare aria pura o riciclare l'aria dell'ambiente; l'aspirazione del condizionatore non deve assolutamente avvenire da vani tecnici o peggio dal compartimento del motore o del generatore. Infatti in caso di guasto del sistema di scarico del motore o del generatore, occorre ricordarsi che i gas di scarico di un motore a combustione sono mortali e il condizionatore, se non montato correttamente, potrebbe aspirarli e diffonderli negli ambienti abitati con conseguenze anche mortali.



Un impianto centralizzato modulare da 246.000 Btu/h



Lo schema di rinnovamento dell'aria del sistema Mistral

Distribuzione dell'aria: ricircolo e ricambio

Il condizionamento di un ambiente può avvenire solamente trattando l'aria contenuta nell'ambiente stesso. La maggior parte degli impianti viene definita a ricircolo in quanto aspira, tratta e rinvia nell'ambiente la stessa aria. Il ricambio d'aria non è considerato o meglio viene lasciato al ricambio naturale già previsto dal progetto di costruzione della barca (maniche a vento, ecc.) e ai passaggi (ingresso e passi d'uomo) verso l'ambiente esterno. Il ricambio di viene indispensabile per le imbarcazioni di dimensioni superiori ai 25-30 metri e per le imbarcazioni destinate al trasporto persone. «Mistral» è un accessorio per gli impianti di condizionamento più avanzati dove oltre al raffreddamento e deumidificazione dell'aria, l'impianto di condizionamento centralizzato prevede anche il trattamento e l'immissione nell'ambiente di aria fresca che quindi rinnova l'aria esistente negli ambienti stessi dell'imbarcazione. L'unità viene normalmente posizionata all'esterno degli ambienti condizionati e aspira direttamente l'aria mentre l'aria trattata viene inviata negli ambienti interni tramite condotte. In alcune applicazioni su grandi yacht a vela, l'aria esterna viene aspirata attraverso gli alberi e l'unità principale viene posizionata nei locali tecnici dove lavora su due variabili per garantire un ottimale microclima ambientale.

Considerazioni sul trattamento dell'aria

L'aria fredda è più pesante dell'aria calda e tende a scendere naturalmente; per questa ragione al fine di ottenere una buona uniformità dell'ambiente condizionato, è preferibile che l'aria trattata venga inviata verso l'alto (per il raffreddamento estivo). Questo vale soprattutto per i locali della utilizzati durante il giorno,

Applicazioni tipiche dell'unità Mistral

Yacht e Megayacht di grandi dimensioni (oltre i 30 metri) ma anche imbarcazioni adibite al trasporto passeggeri (piccoli Ferry Boat) dove c'è un'alta concentrazione di passeggeri.

PRINCIPIO BASE DI FUNZIONAMENTO

L'unità Mistral divide il processo di deumidificazione in due stadi.

Deumidificazione

L'aria aspirata viene fatta passare in uno scambiatore alettato che è collegato a un circuito di acqua refrigerata

Post riscaldamento

L'aria precedentemente raffreddata, viene riportata a una temperatura pressoché neutra (+22°C) passando attraverso una resistenza elettrica.

CONTROLLI

Acqua

Una valvola proporzionale modula il passaggio dell'acqua in ingresso della batteria per garantire costante la temperatura dell'aria nel primo stadio.

Aria in uscita

Una resistenza elettrica, modulata in sistema PWN, garantisce la temperatura costante dell'aria in uscita. Così l'unità non interferirà con il sistema di condizionamento presente in ogni ambiente (ricircolo) e non farà percepire oscillazioni di temperatura che spesso avvengono nei sistemi non modulanti.

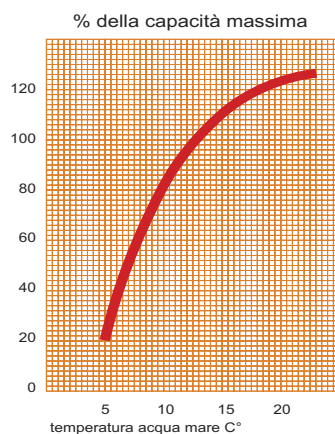
Ventilazione

Un ventilatore di grande potenza permette di impostare quattro differenti velocità di ventilazione, selezionabili in modo manuale da fronte quadro.

che hanno maggiore carico termico dovuto all'irraggiamento solare e inoltre maggiore altezza; per uniformare la temperatura dell'ambiente è opportuno che l'aria fredda venga inviata verso il soffitto o comunque verso l'alto, approfittando del fenomeno di circolazione naturale. Il riscaldamento invernale, nei climi mediterranei richiede meno potenza del raffreddamento estivo ed è quindi opportuno privilegiare la configurazione per il raffreddamento rispetto a quella del riscaldamento.

I locali dei bagni e cucina (se separati) non vengono di solito condizionati mentre è possibile e opportuno tenerli in leggera depressione utilizzando un aspiratore; in questo modo i cattivi odori rimarranno circoscritti e l'estrattore richiamerà aria condizionata dai locali contigui contribuendo sia al ricambio generale dell'aria sia al suo raffreddamento.

La canalizzazione dell'aria trattata deve essere la più semplice possibile per evitare perdite di carico; quindi percorsi brevi e lineari per quanto possibile e di conseguenza evitare i percorsi ramificati e/o complessi con delle condotte dell'aria che sono causa di pesanti perdite di carico e quindi di perdite di capacità. Tutti i condizionatori hanno una capacità nominale espressa in Watt/h o Btu/h; in ogni caso questa capacità massima è in funzione dell'aria trattata e quindi diminuirà proporzionalmente con la diminuzione del volume di aria trattata.



L'efficienza del riscaldamento in ciclo invernale, dipende dalla temperatura dell'acqua di mare e dalle caratteristiche di coibentazione dell'imbarcazione

È quindi indispensabile che il circuito di distribuzione dell'aria sia il più corto e semplice possibile se si richiede la massima efficienza del condizionatore installato. L'aspirazione dell'aria è importante: l'aria non deve essere convogliata al condizionatore che deve poter aspirare liberamente dall'ambiente attraverso un'apertura di sezione sufficiente.

Griglie di mandata e aspirazione aria

L'aria trattata deve essere diffusa nell'ambiente da condizionare in modo che non provochi fastidio alle persone (deve quindi poter essere orientata) e non deve provocare rumore per eccessiva velocità; per questo sono necessarie delle griglie che devono avere una dimensione proporzionale al volume d'aria prodotto dal ventilatore del condizionatore o fan coil.

Il mercato offre diverse soluzioni sia in metallo che in legno o plastica; è anche possibile realizzare delle griglie «strutturali», inserite nell'arredamento della barca, se ben studiate dal punto di vista estetico possono anche diventare motivo di ornamento, e trovare una loro collocazione gradevole. Negli ultimi tempi i progettisti dei cantieri più evoluti hanno realizzato dei sistemi di griglie integrate, in quanto le imbarcazioni escono dal cantiere già dotate di impianto di climatizzazione.

Il condizionatore o il fan coil deve aspirare l'aria dall'ambiente per trattarla. Il vano in cui è montato deve essere quindi in comunicazione con l'ambiente da condizionare. In questo caso non è indispensabile una griglia di aspirazione in quanto l'aria deve essere aspirata liberamente. La griglia può essere necessaria solo per motivi estetici, per mascherare il foro di aspirazione, ma altre soluzioni possono essere studiate indipendentemente dalle caratteristiche dell'installazione.

Quando l'aria viene inviata da un condizionatore a diverse ca-



Griglie di mandata dell'aria perfettamente integrate a bordo di un Prestige 200 del cantiere Antema Yachting.

bine, si deve considerare che l'aria trattata deve anche essere riaspirata dal condizionatore. Spesso le porte tra le cabine non sono a tenuta, ma si deve verificare che il passaggio sia sufficiente; in caso contrario il condizionatore funzionerà a potenza ridotta per quella cabina dove il ritorno dell'aria è difficile.

Il passaggio di ritorno può essere ricavato attraverso un armadietto in comune ai due locali.

Accessori per la distribuzione dell'aria

La griglia è il componente a vista del sistema di distribuzione dell'aria, ma non è l'unico. Infatti i condizionatori sono di solito forniti con un raccordo per il collegamento di una condotta dimensionata per la potenza del condizionatore stesso. Per raccordare il condizionatore alla griglia sono necessari:

- condotta flessibile isolata;
- raccordi per condotta;
- plenum di divisione (per impianti con più griglie);
- plenum di raccordo (tra condotta e griglia);

A questo fanno eccezione gli impianti split o ad acqua con fan coil per installazione a soffitto o verticale che non prevedono la canalizzazione dell'aria, ma soffiando l'aria direttamente nell'ambiente attraverso una griglia di mandata, ma senza altri accessori.

Filtraggio dell'aria

L'aria trattata deve essere preferibilmente filtrata per trattenere la polvere e le impurità che possono altrimenti intasare le alette dello scambiatore (evaporatore o fan coil). Normalmente questi apparati sono forniti con un filtro che quindi deve essere raggiungibile per essere pulito o cambiato. In alternativa è possibile installare il filtro direttamente sulla griglia di aspirazione.

Glossario

Btu/h British Thermal Unit	Unità di misura inglese per la quantità di calore e corrisponde a 1/4 di caloria
Caloria	Unità di misura del calore. Una caloria serve per innalzare di un grado la temperatura di un litro d'acqua
Inversione di ciclo	Espediente tecnico che modificando lo schema del condizionatore permette di produrre calore
Heat	Riscaldamento
Cool	Raffreddamento
Fan Coil	Ventilconvettore, cioè uno scambiatore o evaporatore accoppiato a un ventilatore
Evaporatore	Scambiatore di calore tra refrigerante e aria o tra refrigerante e acqua
Scambiatore	Dispositivo che permette di trasmettere calore tra un fluido e un altro (per esempio refrigerante e aria)
Climatizzatore	Condizionatore con comando automatico che mantiene la temperatura impostata

Calcolo del carico termico

Si definisce così la formula che consente di determinare la potenza «frigorifera» necessaria a condizionare uno o più ambienti.

La formula più semplice richiede i seguenti dati:

S = superficie dell'ambiente da condizionare

Te = temperatura esterna

Ti = temperatura interna (desiderata)

K = coefficiente termico dell'ambiente

(ci vuole almeno un K se no che formula è?)

La formula è la seguente:

Carico termico (in W/h) = $5 \times (Te - Ti) \times K$.

(Te-Ti) dipende dal clima che si vuole considerare; per il mediterraneo si può utilizzare 10 che rappresenta la differenza desiderata tra l'ambiente esterno e l'ambiente interno. Per climi tropicali si utilizza 15.

Infine arriviamo al famigerato K; il valore di K è determinato in base all'irraggiamento solare,

la quantità di persone e all'uso che si fa di quell'ambiente; volendo semplificare al massimo si avranno i seguenti valori minimi e massimi:

Cabine armatore o ospiti: $K = 20-22$

Saloni o dinette senza superficie vetrata (imbarcazioni a vela e motoscafi «open»: $K = 28-30$

Saloni o dinette con superficie vetrata (imbarcazioni a motore tipo «Fly bridge»: $K = 35$

Locali timoneria (con grande superficie vetrata): $K = 40$

Per esempio supponiamo di voler condizionare una dinette di un piccolo open: la superficie è di 3 metri per 2 e quindi 6 m^2 la formula risulta quindi:

Carico termico in W/h

$6 \text{ m}^2 \times 30 (K) \times 10 (Te - Ti) = 1,800$

Con questo abbiamo ottenuto un bel numero che corrisponde al carico termico da dissipare per ottenere la temperatura desiderata, il tutto espresso in W/h.

La potenza della maggior parte degli impianti di condizionamento viene dichiarata in Btu/h.

Si dovrà allora moltiplicare per 3,4 il valore ottenuto in W/h per poter identificare il condizionatore necessario.

Otteniamo il valore espresso in Btu/h. Quindi per condizionare il nostro salone avremo bisogno di un condizionatore con capacità di $6,120 \text{ Btu/h}$.

Contemporaneità

Si intende per contemporaneità l'utilizzo contemporaneo del condizionamento nella zona «giorno» e nella zona «notte». Questa è una condizione raramente richiesta; il calcolo dei carichi termici è effettuato considerando per ogni ambiente il carico massimo; questo significa per la zona «giorno» il pranzo di mezzogiorno quando alla presenza di tutti

gli ospiti nella dinette si aggiunge anche il calore prodotto dalla cucina e in aggiunta l'irraggiamento solare raggiunge il massimo. Per le cabine, il massimo si tocca nelle prime ore della notte quando è presente ancora il calore del giorno e la cabina è utilizzata.

A seguito di queste considerazioni è possibile effettuare la scelta se è richiesto che il carico della zona «notte» sia alternativo o contemporaneo a quello della zona «giorno». La contemporaneità richiede quindi un impianto più potente.

Esempio pratico

Nel caso di un'imbarcazione a motore generica lunga 12 m con una dinette che incorpora la cucina, una cabina ospiti a poppa, collegata alla dinette e la cabina dell'armatore a prua.

Il calcolo del carico termico è il seguente:

Dinette: $6 (S) \times 30 (K) \times 10 (Te - Ti) = 1,800 \text{ W/h} =$

$1,800 \times 3.4 \text{ Btu/h} = 6,120 \text{ Btu/h}$

Cabina armatore: $4.5 (S) \times 22 (K) \times 10 (Te - Ti) = 990$

$\text{W/h} = 3,336 \text{ Btu/h}$

Cabina ospiti: $4 (S) \times 22 (K) \times 10 (Te - Ti) = 880 \text{ W/h} =$

$2,992 \text{ Btu/h}$

Totale del carico termico = $12,478 \text{ Btu/h}$.

Le zone della barca: giorno e notte

Per il condizionamento di un'imbarcazione di circa 12 metri, sono quindi necessarie $12,478 \text{ Btu/h}$. Considerato che l'imbarcazione è dotata di un piccolo gruppo elettrogeno di $3,5 \text{ kW}$, si dovrà verificare che il condizionatore scelto possa funzionare regolarmente con il gruppo disponibile. Abbiamo calcolato il carico termico totale ma è necessario fare una considerazione sulla «vita» di bordo. Infatti può essere opportuno dividere l'imbarcazione in due parti: zona giorno e zona notte. Il carico globale è una pura somma, ma in pratica il condizionamento verrà richiesto solo in una delle due zone per volta. Si può quindi considerare di installare un impianto che possa condizionare il salone durante le ore più calde, limitando eventualmente il condizionamento delle cabine, che potranno essere condizionate la notte quando il carico termico del salone sarà sceso considerevolmente. Questa valutazione è tanto più valida quanto più piccole sono le dimensioni dell'imbarcazione; infatti il condizionamento dell'ambiente principale «condiziona» anche le cabine contigue. Quindi la soluzione più semplice ed economica ma non per questo meno efficace è di installare un condizionatore indipendente nella dinette sotto la seduta e realizzare tre uscite d'aria: una griglia principale nel salone, e due griglie più piccole e chiudibili nelle due cabine.

Alternativa: un condizionatore da $9,000 \text{ Btu/h}$ per la dinette e la cabina ospiti più un condizionatore da $4,000 \text{ Btu/h}$ per la cabina armatore.

Questa soluzione è a volte inevitabile a causa delle difficoltà nel collegare la dinette alla cabina di prua con la condotta per la distribuzione dell'aria; il secondo gruppo dà il vantaggio di poter regolare il condizionamento della cabina di prua e la possibilità di far funzionare in modo indipendentemente i due condizionatori, fatto che si riflette positivamente anche sullo spunto di corrente all'avviamento: lo spunto di due condizionatori indipendenti è infatti sempre inferiore a quello di uno solo di potenza pari alla somma dei due.

Alternativa: sistema centralizzato con un piccolo chiller da $12,000 \text{ Btu/h}$ installato nel compartimento motore che alimenta un fan coil installato nel salone ($9,000 \text{ Btu/h}$) e un fan coil installato nella cabina di prua ($4,500 \text{ Btu/h}$). Il fan coil della dinette alimenterà anche la cabina ospiti con una griglia chiudibile per regolare il flusso d'aria. Questa soluzione è più impegnativa economicamente ma sicuramente più completa e si può anche integrare con l'aggiunta di un fan coil per la cabina ospiti. Ogni cabina può quindi avere un controllo di temperatura indipendente e automatico, oltre a quello sulla velocità del ventilatore. ■