

RASSEGNA TECNICA

La « Rassegna tecnica » vuole essere una libera tribuna di idee e, se del caso, saranno graditi chiarimenti in contraddittorio; pertanto le opinioni ed i giudizi espressi negli articoli e nelle rubriche fisse non impegnano in alcun modo la Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino

IL PRESENTE FASCICOLO DA PAGINA 237 A PAGINA 270 CONTIENE RELAZIONI SVOLTE NEL **SEMINARIO DI ESTIMO** ORGANIZZATO DALL'ISTITUTO DI ARCHITETTURA TECNICA DEL POLITECNICO DI TORINO - 1967. ALTRE MEMORIE SULLO STESSO TEMA SARANNO PUBBLICATE IN OTTOBRE 1967 SECONDO L'INDICE DI PAG. 238.

Prolusione sull'importanza dell'economia nella progettazione degli impianti tecnici fissi

Vorrei, prima di esporre quella che gli Americani chiamerebbero la filosofia dell'argomento che verrà trattato da valentissimi competenti questa sera, ricordare che Torino vanta proprio nel campo dell'estimo, non dico il primato assoluto, ma delle benemerienze tutte particolari. Fu proprio la nostra Scuola di Ingegneria che verso la fine del secolo scorso volle ricoprire la cattedra di estimo con un professore di ruolo, il compianto prof. Tommasina, che forse qualcuno dei presenti ricorda, come io lo ricordo, e che tenne alto l'onore di questa Sua cattedra con pubblicazioni che, in quel tempo, furono ritenute di grande importanza.

E vorrei venire adesso all'argomento che è quello della stima e quindi dell'incidenza economica degli impianti nell'edilizia mo-

derna. Dirò che qualcosa si è già fatto nel passato e i primi risultati resi di pubblica ragione stupirono non pochi, ma tale incidenza è poi ancora venuta a crescere ed anzi ha subito proprio in questi ultimi anni un incremento rapidissimo. Questo incremento non è imputabile che in parte all'accresciuto valore unitario dei materiali o delle ore di lavoro che sono richiesti per l'esecuzione degli impianti stessi. Esso è dovuto principalmente ad una concezione radicalmente nuova dello scopo di questi impianti, o meglio, dell'esigenza che è venuta manifestandosi nei loro riguardi.

E potrei dire che tutto questo avviene perchè è l'edilizia stessa che è cambiata, e cambiata radicalmente.

Fino ai primi decenni del se-

colo, i muri avevano compito portante oltre che il compito di difendere l'uomo dall'inclemenza del clima esterno. Ora, finchè avevano compito portante, i costruttori li consideravano con molto rispetto, davano loro molto peso, anche in senso letterale, costruivano cioè delle pareti con materiali molto consistenti e di notevole spessore e questo costituiva una barriera molto spesso sufficiente ad attenuare le variazioni più rapide di temperatura o d'altro genere dell'esterno.

Ma nel seguito, con l'avvento del cemento armato e dell'acciaio, queste pareti hanno perduto questo loro ruolo portante, di importanza essenziale, perchè la struttura portante è diventata un'altra e allora le pareti sono diventate per i costruttori, in certo modo, ospiti importune, ospiti

Nei fascicoli di febbraio e marzo 1967 sono stati stampati gli atti della I^a sessione del « Seminario di Estimo nelle Costruzioni Edili ». Gli argomenti trattati in tale sessione ebbero come tema « Il costo delle costruzioni edili e la sua variabilità in funzione della tipologia architettonica »; si articolano in una prolusione del Prof. Augusto Cavallari Murat sulla « Tipologia edilizia nelle molteplici caratterizzazioni tecniche dell'Architettura » e in sette relazioni che trattarono rispettivamente dell'« Estimo e costi nell'edilizia », dei « Costi di cantiere », dei « Costi nell'edilizia per ospitalità », dei « Costi nell'edilizia residenziale » dei « Costi nell'edilizia ospedaliera », dei « Costi nell'edilizia per lavoro intellettuale e manuale », dei « Costi di costruzione di case economico-popolari ».

che non si può evidentemente cacciar via, ma di cui si farebbe volentieri a meno. Anzi qualche volta si direbbe che se ne fa davvero quasi a meno, perchè le pareti sono diventate tutte di vetro! La conseguenza nei riguardi degli impianti è diventata però estremamente grave, estremamente impegnativa, perchè evidentemente con questo alleggerimento radicale le pareti hanno finito col trasmettere rapidamente e quasi integralmente i flussi termici che prima erano invece limitati e sfasati nel tempo. E allora, per ovvia conseguenza, si è dovuto affidare agli impianti questo compito di rime-

diare alla difficile situazione, una situazione che rende in certi casi intollerabile la vita dell'uomo in questi nuovi edifici. Si può oggi veramente affermare che se non ci fossero gli impianti, in certe condizioni di irraggiamento solare nell'estate, o di freddo rigido all'inverno l'uomo non potrebbe assolutamente vivere negli edifici moderni. Occorre cioè qualche cosa di artificiale, qualche cosa di meccanico, il quale faccia fronte a queste esigenze e provveda esso stesso prontamente a soddisfarle; ecco il perchè dell'importanza enormemente accresciuta e degli impianti in certo modo classici del riscaldamento invernale e di

quelli più moderni del condizionamento estivo dell'aria.

Tutto questo comporta necessariamente un incremento rapidissimo nell'incidenza relativa dei prezzi degli impianti stessi negli edifici, incidenza salita da pochi per cento al 20, 30 e qualche volta addirittura al 40% del totale!

Debbo dire che su questa strada si sono incontrate anche non poche delusioni, perchè si tratta di una strada difficile da percorrere, soprattutto per quel che riguarda il condizionamento dell'aria. È infatti un'arte difficile quella di mantenere in ogni ambiente e in ogni circostanza condizioni che risultino fisiologicamente accettabili da tutte le persone che vi soggiornano. Si sono fatti tanti studi a questo proposito, ma ancora molto resta da fare e la tecnica stessa è in fase di continua evoluzione.

Osservazioni in qualche modo analoghe si possono fare per gli impianti elettrici, per gli ascensori e via dicendo che debbono far fronte ad esigenze sempre più gravose ed un tempo quasi sconosciute.

Ecco perchè nelle cifre che saranno loro esposte questa sera vi sono alti e bassi e vi si possono rilevare rapide variazioni che non si saprebbero spiegare altrimenti.

Io so che i valorosi esperti che adesso li intratterranno hanno molte nozioni da esporre e molto importanti, sia sotto l'aspetto costruttivo sia sotto l'aspetto economico perchè gli argomenti che devono trattare sono molto ampi. Quindi mi limito a questi brevissimi cenni, rallegrandomi anch'io col collega Prof. Cavallari Murat della iniziativa molto opportuna presa con Torino Esposizioni e con il suo valentissimo Direttore ed augurando che queste sedute possano portare tutto il frutto che i promotori si sono ripromessi.

Cesare Codegone

Il costo degli impianti tecnici fissi di riscaldamento e condizionamento

AURELIO VACCANEO espone un metodo semplice e rapido per una impostazione razionale del progetto degli impianti di riscaldamento e condizionamento, al fine di conseguire costi d'esecuzione e d'esercizio, nonchè funzionalità risultante, adeguati ai requisiti ed alla destinazione d'uso del fabbricato; esprime inoltre, tramite nuovi metodi di valutazione, sia qualitativa che quantitativa, i parametri fondamentali da cui sono determinati i costi sopracitati; deduce infine per logica conseguenza la tipologia dell'impianto più specificamente adeguata al fabbricato e alla struttura edile d'involucro, nonchè le modalità per la valutazione dei costi in base ai suddetti parametri i quali compaiono in facili espressioni matematiche, ove è stato tenuto separato il lato concettuale (che ha validità permanente) da quello economico (variabile e come tale da aggiornarsi periodicamente).

I. PREMESSE. — Scopi e finalità.

Il presente studio si propone di presentare anzitutto un'analisi dei principali parametri che determinano le caratteristiche tecnico-funzionali degli impianti in oggetto (e che come tali possono indirizzare ad una razionale scelta tipologica) in funzione della struttura di involucro del fabbricato e della sua destinazione d'uso che d'altronde sono, o dovrebbero essere, interconnesse in notevole misura: effettuando successivamente la valutazione della specifica influenza che i suddetti parametri hanno sul costo dei singoli impianti, sia di prima esecuzione che di esercizio (e gestione).

Analisi e valutazione intendono avere sempre una sostanziale validità concettuale, ma una approssimazione numerica « di massima » e media statistica.

Questo perchè le stesse sono in prevalenza realizzate sulla base di risultati consuntivi afferenti ad impianti costruiti e gestiti durante il decennio ultimo scorso, e quindi non facilmente riducibili a dei comuni denominatori, tecnico e rispettivamente economico, che abbiano reale validità attuale o (meno ancora) permanente.

Infatti, in tale decennio si è verificato un progresso vivacissimo — sia nel campo delle singole apparecchiature che degli impianti e loro livelli di automazione — in tutte le tecniche così dette « del benessere » ed in particolare in quelle dell'acclimazione (invernale ed estiva). Progresso di entità tale per cui apparecchiature ed impianti anche con meno di dieci anni di vita debbono oggi razionalmente essere considerati

obsoleti: cioè così superati sul piano tecnico-economico da risultare non più conveniente un loro ulteriore esercizio. Ed anche sotto l'aspetto della prefabbricazione, dell'assemblaggio e del costo della mano d'opera si sono avuti spostamenti cospicui ed altrettante variazioni nei costi corrispondenti.

Nè è da prevedersi che il prossimo futuro ci riserbi un'evoluzione molto differente da quella che ha caratterizzato il recente passato.

II. GENERALITÀ.

Si è pertanto ritenuto conveniente di esprimere tutti i costi degli impianti di acclimazione tramite espressioni, sempre e comunque di estrema semplicità applicativa, ma nella loro forma costituita da due parti: l'una strettamente concettuale (su basi cioè razionali in genere e termotecniche in particolare) e quindi da ritenersi sostanzialmente costante nel tempo; l'altra invece rappresentata da coefficienti numerici determinati in base ai costi medi vigenti sul mercato e quindi variabile nel tempo.

Da tale formulazione nasce anche la razionale possibilità di un adeguamento sistematico e periodico (ad es. biennale) delle espressioni di costo in oggetto, variando semplicemente e puramente il coefficiente numerico di cui sopra: il quale in tutte le espressioni di costo compare sempre a monte e come coefficiente moltiplicatore della espressione concettuale. Quest'ultima, a sua volta, figura come prodotto di potenze elevate ad esponenti in-

teri o frazionari dedotti, come già detto, da risultati consuntivi.

Si fa infine presente che le finalità dello studio non sono tanto di fornire indicazioni impegnative ed esatte sul costo degli impianti in fase di previsione, quanto piuttosto comparativo: e di rammentare ai progettisti sia degli impianti che, indirettamente, del corrispondente fabbricato il grado di importanza tecnico-economica che presentano singolarmente i suindicati parametri. Costituendo quindi per i progettisti stessi una guida pratica nella scelta dell'impianto, in modo che questo risulti adeguato alla tipologia strutturale e di destinazione d'uso del fabbricato in corso di progettazione.

Per realizzare il suddetto assunto abbiamo ritenuto opportuno e adeguatamente semplificativo di fare riferimento a valori specifici (sulla base sempre, si intende, di valori medi consuntivi ed allineati a denominatore comune) in modo che i risultati finali potessero essere facilmente « ripetibili » (e dunque trasferibili agli impianti in esame), appunto perchè specifici.

E precisamente adatteremo un metodo, non certo inventato dallo scrivente ma adottato da questi in più casi e sempre con risultati soddisfacenti in quanto rapportati alle finalità pratiche che ci siamo proposte.

Detto metodo nel nostro caso consiste nel fare riferimento qualitativo, e raffronto quantitativo, a un determinato fabbricato « base », civile ovvero industriale, ben definito sotto l'aspetto termotecnico dell'acclimazione in tutte le sue principali caratteristiche (che indicheremo man mano) e la cui cubatura è di 10.000 mc

Cronaca dei lavori della seconda sessione del seminario di estimo nelle costruzioni edili

La seconda sessione del Seminario di Estimo nelle costruzioni Edili, organizzato dall'Istituto di Architettura Tecnica del Politecnico di Torino, sotto gli auspici del Consiglio Nazionale delle Ricerche e dell'Associazione Nazionale Costruttori Edili, ha avuto luogo nelle due serate del 16 marzo e del 13 aprile 1967, nella Sala dei Convegni di Torino Esposizioni.

Il tema della sessione era: « Il costo degli impianti tecnici fissi ».

I lavori sono stati preceduti, nella serata del 16 marzo, da una « prolusione » del Prof. Cesare Codegone, Ordinario di Fisica Tecnica presso il Politecnico di Torino, alla presenza di numerose autorità accademiche, civili, militari e politiche.

Nella stessa serata hanno svolto le loro relazioni:

il prof. ing. Aurelio Vaccaneo, del Politecnico di Torino: « Il costo degli impianti tecnici fissi di riscaldamento e condizionamento » (pag. 239);

« Il costo degli impianti tecnici fissi idro-sanitari » (pag. 263);

l'ing. Aldo Frezet, Vice Direttore della Sezione Costruzioni e Impianti della S.p.A. FIAT Torino: « Il costo degli impianti tecnici fissi d'illuminazione, degli ascensori e dei montacarichi » (pag. 267).

Nella seduta del 13 aprile, sempre nella Sala dei Convegni di Torino Esposizioni, hanno parlato:

l'ing. Ernesto Pozzi, Condirettore Centrale Commerciale della S.p.A. SIP 1 Zona STIPEL Torino: « Il costo degli impianti tecnici fissi di comunicazione » (pag. 271);

l'ing. Ezio Doriguzzi, Vice Direttore della Sezione Costruzioni e Impianti della S.p.A. FIAT Torino: « Impianti tecnici fissi di sollevamento e trasporto per i fabbricati industriali: tipi e costi » (pag. 277);

il prof. ing. Carlo Bertolotti, del Politecnico di Torino: « Il costo degli impianti per le attività espositive in relazione al costo delle strutture permanenti e temporanee » (pag. 294).

per il fabbricato civile e di 200.000 mc per quello industriale: preciseremo nel seguito la prassi da adottare per ricavare in modo sistematico e facile le caratteristiche di funzionalità e di costo che ci interessano per il fabbricato in esame, deducendole dalle analoghe che sono valide per il corrispondente fabbricato base, e cioè, brevemente, dalle analoghe di base.

Tali caratteristiche, come detto, saranno espresse in misura « specifica », adottando di norma come unità di riferimento il mc di ambiente acclimato.

III. GLI IMPIANTI DI ACCLIMAZIONE.

A differenza degli altri principali impianti di fabbricato (idro-sanitari, ascensori, illuminazione, telefoni) per i quali il proporzionamento e specie il costo d'esercizio è sostanzialmente determinato dal numero di utenti previsto, e rispettivamente effettivo, gli impianti di acclimazione hanno caratteristiche di proporzionamento e costi di esercizio che sono in massima parte imposti dalle strutture di involucro esterno del fabbricato e dal tipo di attività (principalmente tecnologica) che si esercita in quest'ultimo: nonché, come ovvio, dalle differenze, previste ed esistenti, di condizioni climatiche fra l'ambiente interno e l'atmosfera esterna. In definitiva si può dire che il parametro fondamentale che determina e condiziona la tipologia e l'esercizio dell'impianto di acclimazione, è il fabbisogno di calore (positivo o negativo) massimo o medio stagionale del fabbricato utente.

Senza la conoscenza di tale parametro ed in particolare del suo valore specifico riferito al mc di ambiente acclimato, è pertanto impossibile pervenire a conclusioni di qualche utilità pratica sui costi ed anche ad indirizzi attendibili di scelta tipologica, i quali derivano appunto da un esame critico degli elementi coefficienti, che sono costitutivi sia del fabbisogno specifico di calore del fabbricato in oggetto che dei costi corrispondenti.

Ci è quindi indispensabile effettuare anzitutto una adeguata analisi dei suddetti elementi, anche se questa, in apparenza e con un riferimento puramente letterale al titolo del presente studio, sembri esulare dal nostro assunto.

Per l'esame suddetto adotteremo, come di norma in qualsiasi procedimento di ricerca, il ben noto principio della separazione di cause ed effetti: sotto questo aspetto un qualsiasi fabbricato deve essere considerato alla stregua di un involucro (perimetrale esterno) e di un ambiente (volumetrico interno), il cui rispettivo comportamento climatico deve essere esaminato in modo e misura separati ed indipendenti.

Infatti, l'involucro nei riguardi dell'atmosfera esterna è di fatto in permanente stato di scambio termico perchè è permeabile al calore sia pure in misura diversa a seconda dei differenti tipi d'involucro da cui è costituito.

L'ambiente interno, invece, poichè è termicamente riparato dall'involucro, si deve considerare a regime di temperatura verso l'atmosfera esterna e sottoposto solo alle conseguenze climatiche endogene che sono provocate dalle attività esplicate nell'ambiente stesso: tali conseguenze si concretano in definitiva nell'esigenza di adeguati ricambi d'aria, e conseguenti oneri calorici, che preciseremo trattando al capitolo VII della tipologia degli impianti in funzione della struttura dell'involucro e della destinazione d'uso del fabbricato.

Iniziando ora dall'esame dell'involucro sotto l'aspetto della sua permeabilità al calore in condizioni ambientali di regime termico, in prima e pratica approssimazione semplificativa (che è costantemente ed unicamente adottata in tutta la presente monografia) possiamo affermare che i tipi di parete da cui l'involucro è conformato possono raggrupparsi in due fondamentali categorie. Quella rappresentata dai serramenti (esterni) e che per convenzione chiameremo: superficie vetrata = S_v , e quella priva di serramenti e che chiameremo: superficie opaca = S_o .

La superficie complessiva dell'involucro sarà dunque uguale a: $S_v + S_o$.

Il comportamento di permeabilità delle S_v presenta differenze così sostanziali rispetto a quello delle S_o da poter prescindere dalle differenze di permeabilità esistenti all'interno di ciascuna categoria.

Basti considerare che per le sole differenze (= Dt) di temperatura esistenti correntemente in Europa fra la temperatura ambiente e quella dell'atmosfera esterna, il coefficiente di permeabilità delle S_v è in media 5 volte superiore a quello delle S_o , mentre con riferimento alla sola irradiazione solare incidente a 90° , il coefficiente delle S_v (se prive di dispositivi anti-insolazione) sale sino a 30 volte quello delle S_o .

Possiamo dunque affermare che il principale parametro caratterizzante il comportamento dell'involucro alla permeabilità calorica è sostanzialmente costituito dal rapporto:

$$(1) \quad s = \frac{S_v}{S_v + S_o}$$

ovvero anche, con maggiore approssimazione e indicando con V (mc) la cubatura (totale) ambiente contenuta nell'involucro, da:

$$(2) \quad DS = \frac{S_v \times 5 + S_o \times p}{V}$$

per la sola permeabilità provocata da Dt (sia nella stagione fredda che in quella calda); e invece da:

$$(3) \quad DS' = \frac{S_v \times m + S_o \times p}{V}$$

per la sola permeabilità provocata dalla insolazione: se questa è diretta sulla parete considerata e massima, il coefficiente m è = 30. In genere (ved. in seguito) p varia fra 0,8 ed 1,5.

Facciamo osservare una tantum che per V (= cubatura acclimata) può essere normalmente considerata la cubatura cosiddetta « vuoto per pieno », in quanto anche il « pieno » in un fabbricato ha un fabbisogno di calore che è normalmente superiore a quello

del « vuoto », cioè è implicitamente comprensivo anche dell'onere calorico derivante dal ricambio, sia pure sempre con il grado di approssimazione pratica che caratterizza tutti i dati numerici indicati nel presente studio.

I parametri DS e DS' sono in definitiva direttamente proporzionali ai veri e propri disperdimenti specifici (invernali ed estivi) medi ponderali dell'intero involucro, per qualsiasi fabbricato.

I suindicati parametri, adeguatamente utilizzati come precisato nel seguito, consentono una rapida individuazione delle caratteristiche fondamentali di un fabbricato sotto l'aspetto della valutazione sia dei disperdimenti termici di involucro, che del suo comportamento quanto a benessere climatico, dei costi di esecuzione e di esercizio e, in definitiva, della più razionale scelta tipologica impiantistica ed anche strutturale dei prospetti.

Iniziamo dunque dalla valuta-

zione dei disperdimenti di involucro, utilizzando i parametri su indicati.

IV. GLI IMPIANTI DI ACCLIMAZIONE.

— Disperdimenti di calore (specifici) dell'involucro.

ACCLIMAZIONE INVERNALE:

Ambedue i fabbricati « di base » (civile ed industriale) si suppongono ubicati in Torino, con una temperatura minima esterna pari a circa -10° (C) ed una media ambientale di $+20^\circ$ per il civile e di $+16^\circ$ per l'industriale: cioè con un Dt rispettivamente di 30° e di 26° : per ambedue, il corrispondente valore del disperdimento d (medio per l'intero involucro) risulta di circa $12 \text{ Cal/mc d'ambiente} \times h \times Dt/30 \div 26$.

Il fabbricato civile (o multipiano), di $V=10.000$ mc vuoto per pieno, è a 5 piani fuori terra, con una superficie in pianta di $40 \times 13,5=540$ mq ed un'altezza

da strada a gronda di 18,45 m. $L's$ è = 0,2.

Il fabbricato industriale (o monopiano), di $V=200.000$ mc, ha un'altezza media da pavimento a copertura di 8 m; una superficie coperta di $100 \times 250=250.000$ mq. Il corrispondente valore di s è di 0,5 per i prospetti e di 0,23 per la copertura: questa ha l'intera S_v esposta a Nord.

Per il fabbricato in esame ed a parità di tutte le altre condizioni avremo anzitutto una diretta proporzionalità fra il valore di: $d/12$ ed il rapporto $Dt/30 \div 26$ vigente per detto fabbricato: mentre l'effetto di s su d per i fabbricati multipiano ci è statisticamente risultato proporzionale al coefficiente $\sqrt{s/0,2}$, cioè alla radice quadrata del valore di s vigente per il fabbricato, rapportato a quello di base = 0,2 del fabbricato civile, ed a valere genericamente per tutti i fabbricati multipiano con V compreso all'incirca fra 5.000 e 50.000 mc.

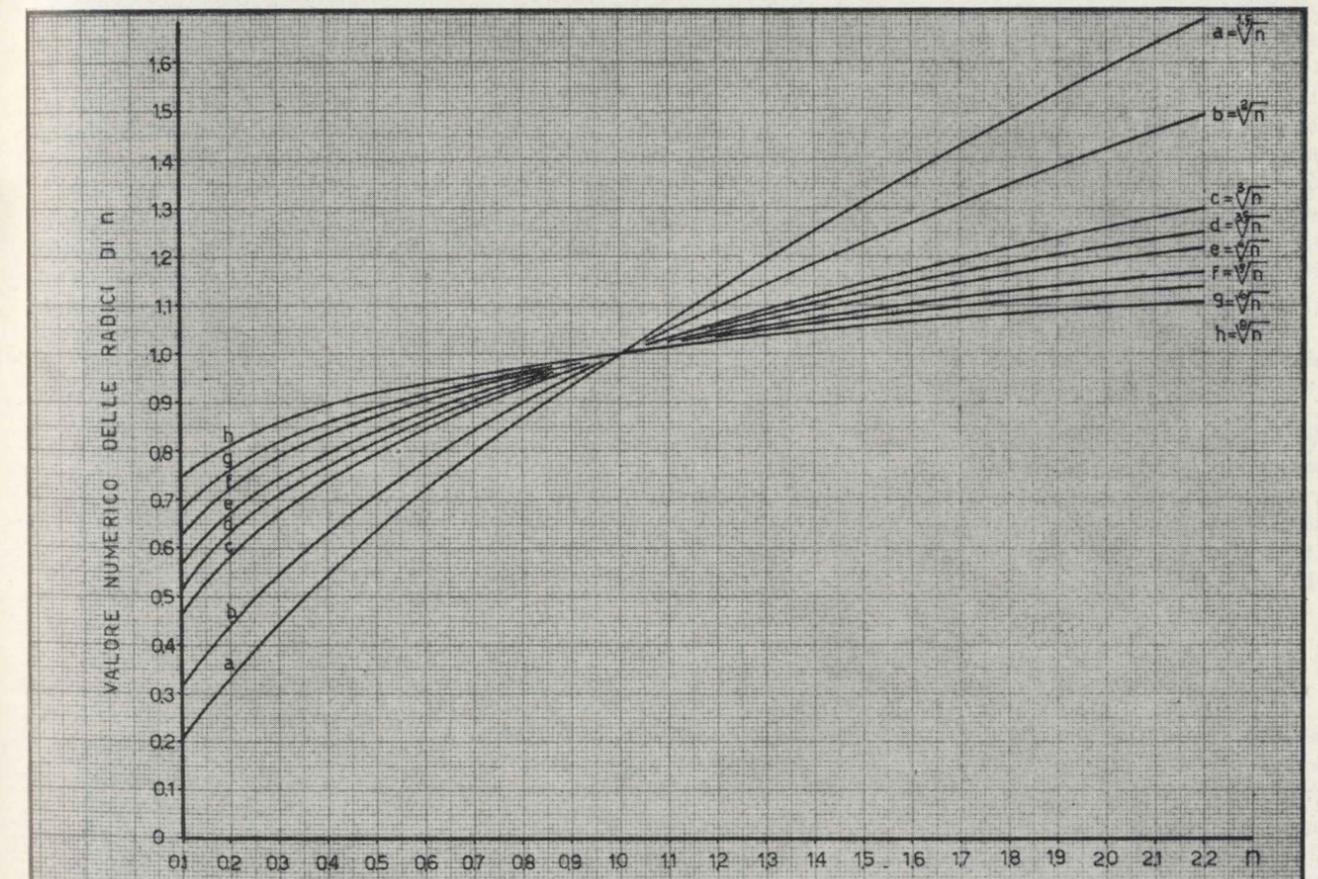


Fig. 1 - Nomogramma delle radici di n, per n compreso fra 0.1 e 2.2

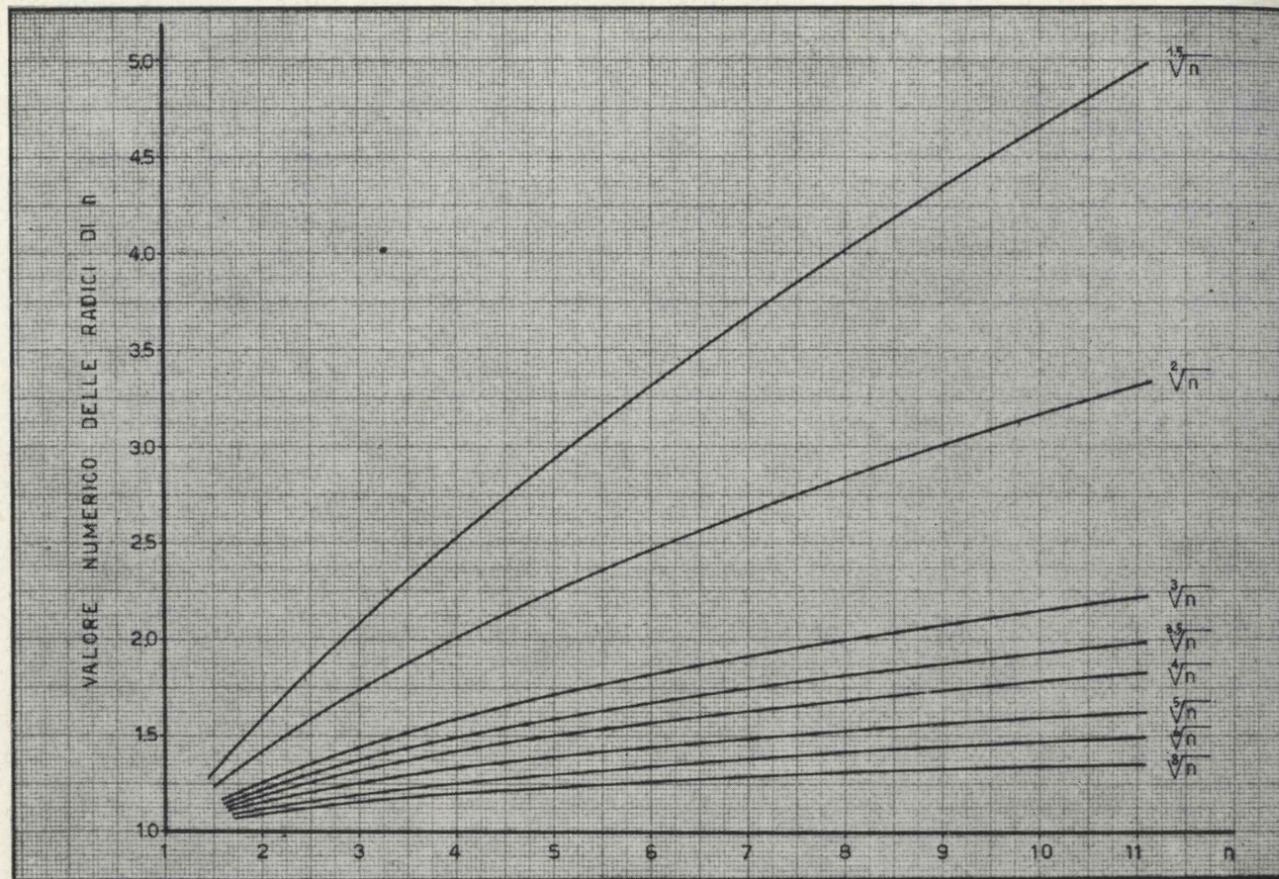


Fig. 2 - Nomogramma delle radici di n , per n compreso fra 1 ed 11.

Potremo in definitiva scrivere per i fabbricati multipiano:

$$(4) \quad d = 12 \times \frac{Dt}{30} \times \sqrt{s/0,2}^{(1)}$$

Questa espressione non tiene conto sia dell'effetto disperdente della copertura che dell'effetto di minor capacità termica delle strutture aventi elevato s rispetto a quelle a piccolo valore di s . Una bassa capacità termica, infatti ⁽²⁾, fa ripercuotere con minima isteresi in ambiente le variazioni termiche dell'atmosfera

⁽¹⁾ N.B.: le espressioni indicate nel paragrafo presente ed in quelli successivi comprendono frequentemente alcune radici (= 1,5; 2; 3; 3,5; 4; 6; 8): per la più rapida determinazione dei corrispondenti valori numerici si sono riportati i monogrammi in figura 1 e 2 esprimendo tali radici, nel campo numerico interessato dalle espressioni in oggetto.

⁽²⁾ Ved. *Ricerche di termotecnica* n. 16 (1966): « Valutazione della potenza termica per l'acclimazione di ambienti a pareti sottili » (stesso autore).

esterna ed inoltre diminuisce proporzionalmente l'effetto di prolungamento nel tempo (cioè di conseguente riduzione del valore massimo) del calore accumulato nelle strutture: di fatto ne deriva un aumento sostanziale nel valore del Dt (e quindi del d) che deve essere considerato.

Volendo tenere conto (sempre in 1^a approssimazione) dei due suindicati effetti, possiamo adottare, in luogo della (4), la seguente (5) che è valida sia per fabbricati civili (con: $Dt/30$) che per fabbricati industriali (con: $Dt/26$):

$$(5) \quad d = 12 \times \frac{Dt}{30 \div 26} \times \frac{DS}{0,4 \div 0,45} \times \sqrt[3]{DS/0,4 \div 0,5}$$

in cui 0,4 è il DS di base « civile »; 0,45 è il DS di base « industriale » e la $\sqrt[3]{DS/0,4 \div 0,5}$ è il termine che vuole tener con-

to approssimativamente dell'effetto complessivo della capacità termica.

In merito alla determinazione numerica dei DS desideriamo far presente che per i fabbricati civili il coefficiente p (per cui debbono essere moltiplicate le So) varia in media fra 0,8 ed 1,25 per le So di prospetto e fra 0,7 e 0,9 per le So di copertura: cioè l'adottare il coefficiente unico $p=1$ non ha sostanziale incidenza quantitativa su DS , anche per la bassa percentuale delle So di copertura sulla superficie totale dell'involucro.

Invece per i fabbricati industriali detta incidenza è assai più elevata e d'altra parte il p relativo varia fra 1,25 ed 1,75: in assenza di dati più precisi sarà però normalmente sufficiente assumere, in questo caso, per tutte le So di involucro il valore $p=1,5$.

Dall'applicazione al fabbricato in esame (caratterizzato da valori corrispondenti s e DS di facile

determinazione numerica) delle espressioni (4) e (5), possiamo dunque ricavare il valore di d che ci è necessario conoscere per l'acclimazione invernale.

Sarà in definitiva:

Fabbisogno max invernale di calore:

$$(6) \quad f = d + r$$

in cui r è il fabbisogno specifico di calore per mc d'ambiente/h richiesto dal ricambio d'aria, di cui al capitolo V.

ACCLIMAZIONE ESTIVA (3):

Si avrà il fabbisogno f' corrispondente determinando gli analoghi valori di d' e di r' (espressi sempre in Cal/mc d'ambiente \times h) ed inoltre aggiungendo a questi anche il valore d'' corrispondente (= Cal/mc \times h) che tiene conto del disperdimento dovuto alla insolazione e di cui si tratterà in seguito.

In merito al calore endogeno d'ambiente si dirà al capitolo V.

Sia d' che d'' ed r' sono negativi in quanto corrispondono ad entrate di calore. La determinazione di d' si effettua con le stesse espressioni (4) e (5), sostituendo semplicemente al Dt invernale il Dt' estivo: quest'ultimo ad es. per l'Italia Settentrionale è di norma pari a $-(6 \div 7^\circ)$. Infatti, per una temperatura esterna massima considerata di $32 \div 34^\circ$ si dovrà realizzare, di solito, una temperatura interna rispettivamente di $26 \div 27^\circ$. E dunque si avrà $(26 \div 27^\circ) - (32 \div 34) = -(6 \div 7^\circ)$.

Riguardo invece alla entità di d'' facciamo presente che la sua valutazione semplificata è inevitabilmente poco approssimata: e d'altra parte essa è indispensabile al fine di dare rapidamente un pratico indirizzo di impostazione progettuale.

Abbiamo quindi tentato di tener conto, su basi consuntive e con la massima approssimazione

⁽³⁾ N.B.: per semplicità di esposizione adopereremo anche per l'acclimazione estiva gli stessi simboli indicati per quella invernale, aggiungendo loro semplicemente un apice ($'$) qualora le corrispondenti grandezze diversifichino numericamente.

consentita dal nostro assunto, dei principali vincoli che sarebbero imposti da una determinazione rigorosa, adottando le seguenti modalità ed ipotesi semplificative:

1) L'irraggiamento massimo (= I) incidente su una superficie orizzontale è un dato tabellare per ogni latitudine e riportato nella tabellina (7) per alcune città principali.

Si suppone che l'irraggiamento max su un'altra superficie verticale ed avente una esposizione

(7)

Città principali	Latitudine (approssimata)	I (Cal/h) per mq di superficie orizzontale	Dt' = (Cal/mc aria) mediamente necessarie per il ricambio estivo
Palermo	38°	800	10 ÷ 11
Napoli/Roma	41°	780	8
Genova/Firenze	44°	765	7
Torino			
Milano/Venezia	45°	760	6 ÷ 7
Parigi	49°	725	5

qualsiasi vari per ogni latitudine nella stessa proporzione di I : per la determinazione del corrispondente valore assoluto (partendo sempre da quello del fabbricato base, ubicato in Torino) si utilizzano le seguenti altre ipotesi.

2) Se il fabbricato in esame ha almeno due prospetti contigui con una esposizione tale da poter anche risultare a due a due contemporaneamente insolati (come ovvio con incidenza più o meno obliqua) e per la durata minima di ore di cui al seguente punto 4), si farà, in questo caso, riferimento alla coppia di prospetti contigui più insolati ed aventi la maggior superficie totale di facciata. Per tali due prospetti contigui si suppone che il coefficiente massimo di assorbimento effettivo sia pari ai 2/3 di quello (=30) indicato per le S_v al capitolo III. E questo indipendentemente dalla esposizione di ciascun prospetto: cioè si adotterà per il m che figura nella (3) il valore $(2/3) \times 30 = 20$.

3) Se invece il fabbricato in esame ha un solo prospetto insolato (sempre nello stesso tempo e

per la durata minima di cui al seguente punto 4), al simbolo m della espressione (3) si daranno i seguenti valori numerici:

- per esposizione con prevalenza di Est o di Ovest: $m=30$;
- per esposizione con prevalenza di Sud: $m=25$;
- per esposizione con sensibile (oltre il 50%) prevalenza di Nord: $m=15$;
- e valori intermedi per esposizioni intermedie alle precedenti.

Possono inoltre verificarsi casi di pareti a Nord fronteggiate da parete insolata (cioè a Sud) caratterizzata da colore e distanza tali da esercitare un sensibile effetto irradiante, per riflessione, sulla parete a Nord: tale effetto può sovente equivalere virtualmente ad una esposizione con insolazione diretta che corrisponde di fatto ad un coefficiente m di valore anche sino a 20.

Al coefficiente (= p) delle So si darà sempre il valore 1.

4) Per qualsiasi prospetto ed esposizione in esame si conteggerà la sola quota parte di superficie (= S'') che nel periodo di maggior insolamento risulta effettivamente irraggiata durante almeno:

$$(8) \quad b \times \frac{0,2}{s} \text{ ore/giorno}$$

in cui $b=3$ per esposizioni con prevalenza di Ovest e di Sud, e 5 esposizioni con prevalenza di Est (in quanto la temperatura delle strutture edili all'inizio dell'insolazione è più bassa ad Est che ad Ovest e Sud).

Infatti, per durate inferiori ad (8) la capacità della S'' provoca un tale effetto di smorzamento e di « prolungamento di restituzione » del calore assorbito, da poter in pratica non tenere conto di quest'ultimo.

5) Pertanto, la cubatura ($=V''$) effettivamente interessata dall'insolazione sarà solo quella affacciata a S'' ed il d'' (specifico) che si ricaverà dalle (8) e (9) andrà riferito non a tutto il V del fabbricato ma solo alla quota parte V''/V .

In conclusione, il fabbisogno (specifico) massimo estivo ($=f'$) di calore (negativo) con riferimento ad ogni mc di V , sarà:

$$(9) \quad f' = d' + d'' \times \frac{V''}{V} + (\text{calore endogeno specifico} + r' : Vd. \text{ capitolo V}).$$

6) Il coefficiente a di effettivo assorbimento in ambiente della irradiazione max contemporanea incidente sulle S'' che figura nella seguente espressione (10), si determinerà numericamente moltiplicando fra di loro tutti gli eventuali coesistenti coefficienti parziali di assorbimento, quali:

- frangisole esterno: $=0,25$;
- tapparelle interne (opache): $=0,75$;
- vetri speciali atermici: $=0,8 \div 0,85$.

7) Tenendo adeguato conto delle considerazioni 1) ÷ 6) avremo in definitiva (con un d'' di base $=8$):

— per fabbricati solo multipiano con copertura senza Sv ovvero con Sv esposti solo a Nord:

$$(10) \quad d'' = 8 \times \frac{I}{760} \times a \times \frac{s}{0,2}$$

in cui l'ultimo termine tiene conto anche dell'effetto capacitivo;

— per fabbricati mono e multipiano e copertura con Sv qualsiasi cioè anche non a Nord:

$$(11) \quad d'' = 8 \times \frac{1}{760} \times a \times \frac{DS''}{0,6} \times \sqrt[4]{DS''/0,6}$$

in cui l'ultimo termine tiene conto solo dell'effetto capacitivo.

Il valore numerico di DS'' si ricava dalla:

$$(12) \quad Sv \text{ eff. insolata} \left\{ \begin{array}{l} \text{di prospetto} \\ \text{e di copertura} \end{array} \right\} \times \frac{m + S \text{coeff. insolata} \left\{ \begin{array}{l} \text{di prospetto} \\ \text{e di copertura} \end{array} \right\}}{V''}$$

il cui valore di base è $\cong 0,6$ per fabbricati a più piani ed è $\cong 0,8$ per fabbricati ad un solo piano (industriali).

V. GLI IMPIANTI DI ACCLIMAZIONE.

— Valutazione del fabbisogno (specifico) di calore per il ricambio dell'aria.

La necessità di esaminare separatamente il fabbisogno calorico (r ; r') del ricambio d'ambiente da quello del disperdimento di involucro risulterà meglio evidenziata nel capitolo VI. Qui facciamo osservare che l'entità massima del ricambio d'aria è funzione esclusiva del grado di benessere igienico-sanitario che si vuole conseguire in ambiente, mentre il benessere strettamente termico è affidato ai dispositivi che immettono nell'ambiente — direttamente per irradiazione o tramite il veicolo aria — tutti i fabbisogni invernali d (ovvero estivi $d' + d''$).

Il valore di r (r') è costituito da due fattori: il numero ($=n$ invernale; n' estivo) di mc d'aria che si ricambiano all'ora per ogni mc d'ambiente ed il consumo specifico di calore positivo ($=Di$) o negativo ($=Di'$) che ciascun mc d'aria richiede per essere acclimato dalle condizioni di presa (atmosfera esterna) a quelle richieste per l'atmosfera ambiente.

Il valore di Di per il solo riscaldamento senza umidificazione è dato da $0,31 \times Dt$ Cal/mc aria, mentre quello di Di' per il raffreddamento con deumificazione è indicato dai valori (medi) che figurano nella tabellina (7).

Deve essere poi considerato il calore endogeno re .

Questo è costituito dalla quota parte del calore comunque generato in ambiente e non asportato a bocca di sorgente a mezzo di adeguati impianti specifici di estrazione d'aria o per raffreddamento con acqua o transfer qualsiasi. Di tale quota parte non si tiene in genere conto per il riscaldamento, dato che la temperatura ambiente deve essere raggiunta e mantenuta anche in assenza di attività ambientali e quindi di calore endogeno. Mentre per il raffrescamento (estivo) la sua entità deve essere sempre valutata e conteggiata: al riguardo però, dato il grado di approssimazione che ci proponiamo, possiamo limitarci a prendere in considerazione l'addendo re per i soli fabbricati (gli h della tabellina 13) caratterizzati da attività prevalentemente manuali e tecnologiche in genere.

Trascureremo invece il re per tutti gli altri fabbricati, in quanto le afferenti esigenze igieniche e sanitarie sono di norma tali da dover richiedere ricambi d'aria n ; n' aventi entità superiore a quella che sarebbe richiesta per compensare il solo fabbisogno re : lo stesso dicasi per la compensazione della produzione endogena di umidità.

La valutazione razionale di n ; n' dovrebbe risultare da un esame caso per caso delle reali necessità ed esigenze che derivano dalle attività ambientali.

Il calcolo e l'esperienza hanno peraltro insegnato i seguenti valori medi e sufficienti (di cui quelli minori corrispondono a soluzioni impiantistiche con minor grado di benessere climatico, ovvero di maggior disponibilità di cubatura ambiente procapite).

In merito ai fabbricati h si adotteranno i valori più piccoli di (n ; n') per le attività con minima produzione di inquinanti e di calore re , ed i massimi per le termotecnologie più termicamente impegnate e per le lavorazioni chimiche più antigieniche: i valori intermedi $3 \div 6$ valgono per le lavorazioni meccaniche ad elevata automazione, o di saldatura; verniciatura non effettuata in cabina stagna rispetto all'ambiente,

(13)

in fabbricati per attività:	n ; n' (mc aria/mc ambiente \times h):
a) residenziale	0,75 ÷ 1
b) ospitaliera	1,5 ÷ 2
c) di ristorante	4 ÷ 7
d) ospedaliera	1 ÷ 3
e) intellettuale	1,5 ÷ 2 (pari a circa 20 ÷ 30 mc aria/h e procapite)
f) di ricreazione, culto e commerciali	1 ÷ 1,5 (pari a circa 15 ÷ 25 id. id.)
g) di trasporto	1 ÷ 4 (pari a circa 15 ÷ 25 id. id.)
h) di lavoro manuale e tecnologico in genere (=nei fabbricati « industriali »)	2 ÷ 10

Tutti i ricambi naturali aumentano, in genere, al crescere di s .

bagni galvanici, ambienti con grande polverosità.

Per maggiore approssimazione occorre una adeguata precisazione, caso per caso, delle condizioni qualitative e quantitative di sviluppo endogeno di calore ed inquinanti: ad es. è evidente che tecnologie utilizzanti localmente anche 25 ÷ 50 W/mc ambiente tramite esclusivamente energia elettrica hanno fabbisogni di (n ; n') ben differenti da quelle che impiegano equivalenti potenze termiche ma tramite metano o nafta con scarico dei fumi all'atmosfera ovvero in ambiente.

Ed a maggior ragione se gli inquinanti sono particolarmente dannosi sotto l'aspetto igienico od anche solo di grave disturbo.

Comunque, durante la stagione calda, anche per compensare l' re dei fabbricati h si effettuano normalmente dei ricambi-ambiente orari n' con aria aspirata dall'esterno (eventualmente filtrata ma non trattata termicamente) così che risulti $re = n' \times 0,31 \times Dt$.

Questa soluzione è particolarmente economica (ved. capitolo VIII): essa è accettabile in pratica solo se è ammessa una temperatura ambiente massima ta tale che $Dt = ta - te$ consenta di poter asportare l' re senza dover (di norma) ricorrere a valori complessivi di n' che superino i 15 mc aria/mc ambiente, anche al fine di evitare disturbo climatico alle persone.

Se questo non è possibile e se

l'umidità assoluta presente nell'aria esterna e riportata alla ta massima ammissibile è tale da consentire la ulteriore immissione nell'aria stessa di acqua (potabile) polverizzata (che asporta, come noto, 6 Cal per ogni 10 grammi circa di acqua immessa e vaporizzata), sino a che in totale l'umidità relativa corrispondente non superi il valore del 60 ÷ 70%, si può adottare questo secondo sistema di raffrescamento industriale, che è ancora di basso costo (ved. capit. VIII) sia di esecuzione che di esercizio in confronto all'impiego di freddo prodotto da centrali frigorifere a compressori o ad assorbimento.

Sempre poi occorre tener presente che un qualsiasi impianto di acclimazione deve prevedere e provvedere non solo alla immissione in ambiente dell'aria di ricambio n (n'), ma anche alla estrazione dell'aria inquinata, per quanto possibile a bocca di sorgente: il che è compito specifico dei tecnici del ciclo tecnologico, ma interessa anche gli impianti generali del clima perchè la quota parte di inquinanti non asportata dagli impianti specifici del ciclo va a carico di quelli generali.

Ricordiamo infine che eventuali esigenze di deumificazione ambientale dall'umidità endogena (che sono caratteristiche di speciali tecnologie che, pur producendo umidità, esigono un'atmosfera ambiente secca), richie-

dono in pratica circa 0,65 Cal/gr d'acqua condensata e drenata, calore che si aggiunge — riportato sempre al mc di ambiente — all' f' di cui al (9).

VI. GLI IMPIANTI DI ACCLIMAZIONE.

— Valutazione dei costi di esercizio e gestionali.

Diciamo subito che al riguardo gli impianti di acclimazione si differenziano dalle opere strettamente edili del fabbricato per i seguenti due fondamentali motivi, che possono anche apparire ovvi ma, appunto in quanto considerati tali, sono molto spesso non sufficientemente approfonditi e risultano quindi valutati in misura inadeguata:

1) I costi di esercizio di un impianto di acclimazione riferiti al costo di esecuzione sono senza confronto più elevati.

Possiamo in media indicare che il costo annuale di esercizio delle suddette opere edili (= manutenzione di: copertura, intonaci esterni, serramenti, ambienti di uso pubblico) per fabbricati civili e durante i primi 30 anni non supera in genere l'1% del costo di esecuzione, e l'1,5% ca. per fabbricati industriali e durante i primi 10 anni.

Invece per gli impianti di acclimazione dei fabbricati civili il costo annuale di esercizio (riferito sempre al costo di esecuzione) va dal 15 al 20% per il solo riscaldamento e dal 10 al 15% per il condizionamento: lo stesso dicasi, all'incirca, per i fabbricati industriali.

2) La durata media di ammortamento degli impianti è circa $1/3 \div 1/5$ di quella delle strutture edili, che a sua volta può valutarsi in ca. 40 anni per i fabbricati industriali ed in ca. 80 per quelli civili. Quanto più l'impianto di acclimazione è complesso ed è costituito da elementi con funzionamento tipicamente dinamico (apparecchiature motrici ed operatrici in genere, quali pompe, compressori, ventilatori, bruciatori, automatismi), tanto più l'usura e l'obsolescenza sono rapide:

e di più breve durata quindi deve essere previsto l'ammortamento.

Ad es., un impianto di condizionamento integrale ha una durata media inferiore ai 10 anni per tutte le apparecchiature in genere, cioè per oltre il 75% del costo totale; e la loro ulteriore conservazione in esercizio può risultare di fatto una sconvenienza economica.

Questa constatazione vuole anche essere un monito nei confronti di taluni progetti di impianto che sono ineccepibili sotto l'aspetto del progresso tecnico e tecnologico, ma più o meno opinabili sotto l'aspetto della reale e continuativa disponibilità funzionale dell'impianto: con speciale riguardo ad una manutenzione che risulti di fatto razionale e facile, in vista anche della possibilità pratica di avere a disposizione, in modo e misura tempestivi ed economici, il necessario personale tecnico adeguato e competente. In assenza di che, non solo i tempi di ammortamento reali si riducono ulteriormente causa manutenzione « ordinaria » inadeguata o incompetente che richiede poi interventi « straordinari », ma derivano pure gravi indisponibilità funzionali degli impianti e pesanti oneri economici.

Monetizzando quanto sopra, sia pure in misura che rispecchi i corrispondenti « minimi statistici », il costo effettivo del denaro corrispondente alla sola esecuzione dovrà tenere proporzionale conto dell'effettivo rapporto fra il tasso dell'ammortamento più interesse afferente all'impianto e l'analogo tasso per le (sole) opere edili.

Dalle considerazioni 2) deriva che l'esborso di denaro necessario per la sola esecuzione dell'impianto deve essere in definitiva moltiplicato da 2 a 5 volte per risultare realmente equiparato al corrispondente costo delle sole opere edili.

Il che è di importanza fondamentale nella valutazione comparativa di tutti i costi del fabbricato, poichè il costo reale di una qualsiasi opera di ingegner-

ria (con il consueto riferimento alla unità temporale « anno ») deve essere considerato costituito dai costi annuali di ammortamento ed interesse per la esecuzione dell'opera. Oltrechè da quello dell'effettiva utenza di quest'ultima in tutti i suoi elementi formativi e cioè: esercizio vero e proprio (inclusiva la manutenzione ordinaria) e manutenzione straordinaria, intesa questa come sostituzione imprevedibile (perchè accidentale, per difetto di costruzione o per manovra errata) di parti costitutive dell'opera al fine di mantenerne l'agibilità al valore minimo necessario e sufficiente o comunque richiesto dagli utenti: il complesso costituisce appunto il costo gestionale dell'opera.

La determinazione del costo di ammortamento più interesse, fissando con i criteri approssimati di cui sopra il periodo di ammortamento dell'impianto (e cioè da 10 a 30 anni, in proporzione inversa della complessità e « dinamicità » dell'impianto stesso) ed essendo noto, in base alle indicazioni fornite in merito dal capitolo VIII, il costo di esecuzione (in opera) dell'impianto, si effettuerà tramite i ben noti criteri di estimio, con riferimento al tasso di interesse annuale che si considera vigente (7 ÷ 8%, in genere).

Per la determinazione invece del costo (specifico) di esercizio, valgono le seguenti considerazioni ed ipotesi di lavoro, che più sotto esporremo, in ordine ai seguenti 1) ÷ 6) elementi principali del costo di esercizio stesso:

1) l'elemento fondamentale è come sempre il fabbisogno complessivo massimo di Cal/h × mc ambiente; e cioè per l'inverno f (e per l'estate f'), a cui si aggiungono in ordine di importanza decrescente:

2) il numero di ore/stagione di effettivo esercizio dell'impianto: ei , ea per l'inverno; ei' , ea' per l'estate; in cui (v. in seguito) ei (ei') si riferiscono all'esercizio stagionale complessivo, mentre ea (ea') alla sola quota parte dell'esercizio stagionale nella quale

si effettua il ricambio artificiale dell'aria ambiente;

3) il costo di calore (L/1.000 Cal) impiegato dalle utenze di riscaldamento ovvero dalla friggogenazione ad « assorbimento », ed il costo dell'energia elettrica (L/kWh) consumata dalla friggogenazione a compressione e dagli elettroausiliari in genere sia di centrale che di utenza;

4) il costo della mano d'opera di conduzione e manutenzione sia delle centrali generatrici che degli impianti utenti;

5) il costo del materiale vario di manutenzione e dei servomezzi (acqua, luce);

6) spese generali, tecniche ed amministrative.

Un esame dettagliato di tutto quanto sopra non può effettuarsi che caso per caso e porterebbe pertanto ad una casistica complessa e di non facile ripetibilità pratica. Adottando invece, come sempre, valori medi statistici e riferendosi alle soluzioni « base » indicate nella tabellina (13), si perviene ad una formulazione semplice e di facile applicazione. E cioè, con riferimento successivo ai sopraindicati sei elementi del costo di esercizio:

1) Il fabbisogno complessivo f (f') deve, come sempre, essere considerato separatamente nei suoi costituenti fondamentali: fabbisogno di involucro e fabbisogno di ambiente.

Il fabbisogno reale di involucro d ($d' + d''$) varia in proporzione del Dt : il suo valore medio stagionale può essere valutato uguale a ca. 1/2 del valore massimo determinato con le espressioni (4) e (5) nella supposizione, accettabile in base ai nostri risultati consuntivi ed entro i limiti indicati di approssimazione, che l'integrale delle Dt durante l'intera stagione invernale (estiva) sia appunto pari alla loro media aritmetica.

Volendo conseguire una validità meno statistica, cioè più « individuale » e con particolare riferimento alle strutture di prospetto

del fabbricato od ambiente interessato, possiamo far osservare (v. precitato articolo su « Ricerche di termotecnica », n. 16) che al crescere di s aumenta pure la entità del valore medio stagionale « efficace » di Dt e quindi anche della corrispondente potenza termica da generare in centrale.

Inoltre, l'aumento di s si accompagna sia ad una maggiore permeabilità termica attraverso le vetrate, che ad una minore « capacità attiva » dell'involucro strutturale (v. ancora il precitato articolo), e cioè ad una riduzione dell'attitudine risultante, per l'involucro dell'ambiente in oggetto, a smorzare le ripercussioni sulle pareti interne e sull'aria ambiente delle variazioni termiche esterne. Ne deriva un ulteriore aumento del fabbisogno medio di potenza energetica che si deve generare in centrale per compensare con tempestività e continuità le ripercussioni termiche di cui sopra.

D'altra parte, con s elevate le intermittenze funzionali durante le ore caratterizzate da temperature esterne relativamente basse, richiederebbero potenze elevate di centrale per riportare tempestivamente la temperatura ambiente ai valori richiesti: si preferisce pertanto, di norma e specie nella stagione invernale, ridurre al minimo, e talora anche annullare, il numero e la durata di dette intermittenze, cioè aumentare di fatto le ore/stagione di esercizio attivo dell'impianto di acclimazione.

Da tutto quanto sopra deriva in definitiva la necessità di un maggiore esercizio medio stagionale degli impianti di acclimazione, il quale nel suo complesso può essere numericamente rappresentato o come aumento fittizio nelle ore ei (ei'), ovvero come aumento fittizio nel valore medio stagionale del d ($d' + d''$). Ci atterremo qui a questa seconda rappresentazione, indicando che il *conclusivo* valore medio (fittizio) in oggetto si ricaverà, approssimativamente, moltiplicando i valori massimi forniti da (4), (5), (10), (11), per il coefficiente di riduzione:

$$M = 0,35 + \frac{1}{10} \sqrt{s/0,2}$$

come indicato in (14) e (15).

Facciamo inoltre presente che tale valore medio vuole in ogni caso tenere anche conto dei seguenti altri tre elementi che influenzano l'entità risultante del consumo stagionale di energia termica:

— maggiori fabbisogni energetici durante gli eventuali avviamenti delle centrali dopo intermittenza di esercizio più o meno prolungata;

— del ricambio naturale che si verifica comunque nei periodi di esercizio attivo ma in cui (ved. in seguito) non si effettua il ricambio artificiale;

— nei periodi suddetti si mantiene generalmente una temperatura ambiente più bassa d'inverno e più alta d'estate rispetto al valore di regime pieno. Questo in parte, d'inverno, è compensato dal fatto che tali periodi si verificano prevalentemente in ore notturne, in cui si hanno pure le più basse temperature giornaliere.

Si ammette inoltre che il suddetto fabbisogno (medio statistico) di involucro — supposizione rispondente di norma alla realtà — debba essere fornito in continuità dall'impianto (in funzione, come ovvio, del Dt e della reale insolazione di fatto vigenti nel contempo, nonchè della inerzia strutturale del fabbricato) e cioè *indipendentemente dalla effettiva utilizzazione, totale o parziale, del fabbricato. E questo al solo fine di mantenere la temperatura ambiente al valore prefissato*, con le tolleranze ammesse e per il numero complessivo ei (ei') di ore/stagione durante cui appunto deve essere mantenuta la detta temperatura.

Al contrario, il fabbisogno r ($r' + re$) è necessario solo in funzione delle attività, totali o parziali, realmente esercitate nel fabbricato e pertanto detto fabbricato potrà (e quindi dovrà) vd. in seguito) essere nulla quando le attività sono nulle. Con riferimento alle sole ore/stagione la (ea') di utilizzazione attiva del fabbricato, anche per r ($r' + re$) può dunque ammettersi che il corrispondente valore medio stagionale sia ca. pari alla metà

del valore massimo determinato nel precedente capitolo: esso è indipendente da s .

In definitiva, potremo scrivere che il consumo stagionale Q (Q') di calore positivo (negativo) del mc-fabbricato sarà:

$$(14) \quad Q = M \times d \times ei + \frac{1}{2} \times r \times ea \text{ Cal/stagione}$$

$$(14') \quad Q' = M \times (d' + d'') \times ei' + \frac{1}{2} \times (r' + re) \times ea' \text{ Cal/stagione}$$

2) Per la valutazione di: (ei ; ea) e di: (ei' ; ea') si adatterà la sottoindicata tabellina « base » (16), adeguandone i valori numerici alle seguenti ipotesi e considerazioni:

— la entità reale di (ei ; ea); (ei' ; ea') [vd. tabellina 16] varia in funzione anzitutto della destinazione di attività del fabbricato: ci riferiremo per quest'ultima e durante tutto il presente studio allo stesso simbolismo a) ÷ h) adottato nella tabellina (13);

— le entità indicate nella tabellina (16) si riferiscono all'Italia settentrionale (con latitudine ca. 45°) per clima poco ventilato. Per latitudini L° differenti da 45° vale la seguente espressione empirica (per L° comprese fra 38° e 55°):

$$(15) \quad (ei ; ea)_{L^\circ} = (ei ; ea)_{45^\circ} \times \frac{L^\circ}{45^\circ} \times \frac{Dt}{30 \div 26}$$

$$(15') \quad (ei' ; ea')_{L^\circ} = (ei' ; ea')_{45^\circ} \times \frac{45^\circ}{L^\circ} \times \frac{Dt'}{6}$$

Dalle (15) e (15') risulta in definitiva che a parità di tutte le altre indicazioni, la somma (annuale) dei costi di riscaldamento + condizionamento estivo è circa costante al variare della latitudine (entro i limiti stabiliti): cioè procedendo dal Nord verso il Sud si può dire in prima approssimazione che di tanto diminuisce il costo del solo riscaldamento quanto aumenta il costo del solo condizionamento (estivo).

Per i climi molto ventilati i valori (15) tendono ad aumentare e quelli (15)' a ridursi.

(16) Valori medi « base » delle ore/stagione di esercizio effettivo degli impianti di acclimazione per la copertura dei soli disperdimenti di involucro (ei ; ei') ovvero anche del ricambio di ambiente (ea ; ea'); a valere per l'Italia settentrionale ($L^0 = ca. 45^0$) e con riferimento alle attività $a \div h$):

TABELLA (16)

Attività ambientali	ei	ea	N° giorni solari	ei'	ea'	N° giorni solari
a) residenziale	3.500	3.000	190	1.000	750	100
b) ospitaliera	3.500	3.000	210	1.500	750	125
c) di ristorante	3.250	3.000	210	1.000	1.000	150
d) ospedaliera	4.500	3.000	210	2.000	1.000	150
e) intellettuale	4.500	1.250	210	2.000	1.250	125
f) di ricreazione, culto e commerciali	3.000	1.500	190	1.000	1.000	100
g) di trasporto	?	0,9 × ?	—	?	0,9 × ?	—
h) industriale (per 1 ÷ 1,5 turni/g)	2.100	1.850	175 ÷ 50	1.000	1.000	75 ÷ 225
h) industriale (per 2 ÷ 3 turni/g)	600	525	175 ÷ 50	2.500	2.500	75 ÷ 225
	3.200	2.650		1.250	1.250	
	900	750		4.000	4.000	75 ÷ 225

N.B.: tutti i valori indicati possono variare assai (anche a parità di latitudine e di altezza s.l.m.) in funzione specie delle vigenti condizioni locali di insolazione e delle effettive modalità di condotta degli impianti.

Si precisa in merito a (16):

— che i valori numerici sopra indicati per i fabbricati $a \div f$ si riferiscono ad una « categoria » di fabbricato, cioè ad un corrispondente grado di acclimazione, che è medio/massimo: mentre, come ovvio, per categorie differenti si avranno adeguate differenze per detti valori;

— che per tutti i fabbricati (di cui esempio tipico è l'a) nei quali si realizza il solo ricambio naturale, l' ei (ei') è sempre accompagnato dall' ea (ea'): poichè però in determinati periodi, di solito nelle ore notturne ed in quelle con piccoli valori di Dt , si ha un rallentamento nell'erogazione dell'energia termica (a cui, di fatto, si accompagna anche una sensibile diminuzione nell'entità del ricambio naturale), si ritiene opportuno, in media e complessivamente, di tenere conto di tale rallentamento con una equipollente riduzione di ea (ea'), come appunto indicato in (16);

— infine e con particolare riferimento alla tipologia h), ripetiamo che i fabbricati debbono essere sempre esaminati singolarmente, perchè i corrispondenti valori

ea (ea') sono assai influenzati dalla qualità della corrispondente effettiva attività ambientale.

3) Il costo del calore, per quanto ovvio, ricordiamo che dipende anzitutto dal costo/Kg del combustibile d'impiego e che quest'ultimo varia in funzione del tipo (nafta pesante, semifluida, fluida, fluidissima o dieselolio; coke; litantrace; gas).

Nella supposizione — valida in genere — che i grandi impianti (da oltre 1.000.000 Cal/h) utilizzino solo nafta pesante, mentre i piccoli e medi utilizzino solo nafta fluidissima (con riferimento anche alla recente legge antismog) e nella ipotesi che il rifornimento delle nafta si effettui per partite minime di 15 ÷ 20 tonn di nafta pesante e di 5 ÷ 10 di nafta fluidissima, gli attuali costi unitari rispettivi possono valutarsi compresi fra 12,50 e 15 L/Kg e fra 25 e 30 L/Kg, cioè in un rapporto ca. 1 a 2.

Occorre inoltre tener conto del rendimento di centrale termica, medio stagionale.

Se le C.T. sono razionalmente dimensionate e condotte, lo stesso può valutarsi in media pari al 45 ÷ 55% per le C.T. piccole (in-

feriori alle 200.000 Cal/h) e pari al 75 ÷ 85% per le grandi C.T.: con valori intermedi per le C.T. medie da 200.000 a 1.000.000 Cal/h).

In base alle indicazioni 1), 2), 3) si ricava che il costo del Q /stagione è dato da:

(17) Costo stagionale di $Q =$

$$Q \times \text{costo Kg/nafta} \\ = \frac{\text{rendimento C.T.} \times 9.850 \div 9.650}$$

in cui 9.850 vuole essere il potere calorifico (medio, inferiore) della nafta fluidissima e 9.650 quello della nafta pesante.

La (17) vale ovviamente anche per il calore richiesto da un impianto di refrigerazione ad assorbimento per produrre Q' /Frigorie: tenendo presente al riguardo che in media e di fatto si richiedono 1,5 ÷ 2 Cal per fornire 1 Frig. Si adotterà dunque in questo caso la (17) sostituendo in essa al Q il valore $Q' \times (1,5 \div 2)$.

In merito al costo dell'energia elettrica sarà bene far riferimento alle condizioni locali di fornitura (in bassa tensione) ed alla effettiva situazione della potenza impegnata (stagionale) per la C.T. ovvero per la centrale frigorifera (C.F.): in prima approssimazione ci si può riferire (1967) ad un costo non inferiore alle 25 L/kWh per i piccoli e medi impianti.

Il consumo medio stagionale di energia elettrica per una C.F. a compressione con torre di refrigerazione si può valutare sulla base di n° kWh = $Q'/3.000$.

Il consumo stagionale di kWh per la C.T. e pompaggio di rete è valutabile in ca. $0,25 \div 0,4 \times \sqrt{f/20} \times \sqrt[3]{20.000/V}$ kWh/mc ambiente per C.T. uni-fabbricato e in $0,6 \div 1,5$ kWh/mc amb. per C.T. delle centralizzazioni al servizio di comprensori più o meno estesi. In questo secondo caso e quanto più la centralizzazione è importante (vd. capitolo VIII - C.T.) converrà adottare turbinette motrici (a contropressione) in luogo dei motori elettrici caratterizzati da un esercizio effettivo annuale di più centinaia di ore, sia per le pompe di alimento e di circo-

lazione, che per i ventilatori di centrale, con che il consumo in oggetto si ridurrà sensibilmente, scendendo anche sino a meno di 0,2 kWh/mc ambiente; con questa soluzione si ottiene dunque un apprezzabile e razionalissimo ricupero energetico sul fabbisogno calorico dell'acclimazione, senza dover ricorrere ad una vera e propria produzione di energia elettrica di ricupero, la cui convenienza pratica gestionale è molto sovente assai dubbia od addirittura negativa ed al più accettabile per una sola quota parte (vd. capitolo VIII) della intera potenza termica massima necessaria per il comprensorio.

Oltre ai consumi di utenza di cui al capitolo VII.

4) Il costo stagionale della mano d'opera è in continuo movimento non solo con riferimento al relativo costo orario, ma essenzialmente perchè il miglior corrispondente progresso tecnico è alla continua ricerca di soluzioni che richiedano una minor incidenza di detto costo stagionale, pur assicurando sempre e comunque un elevato grado di continuità funzionale e complessità costruttive che non richiedano costi elevati di manutenzione.

Per quanto concettualmente assai generiche e indeterminate, ci limitiamo pertanto in questa sede alle seguenti considerazioni statistiche.

Con riferimento alle ore di mano d'opera in totale richieste dall'esercizio della acclimazione, si può ammettere che per un impianto di solo riscaldamento circa il 95% delle stesse sia richiesto dalla C.T.; mentre per impianto di condizionamento integrale la percentuale di impiego in C.T. ed in C.F. scenda nel complesso a circa il 90%.

Per semplicità, attribuiremo l'intero fabbisogno di mano d'opera in oggetto solo alla C.T. od alla C.F.

Non sono considerati gli interventi di personale altamente specializzato, in quanto di norma conteggiati al punto 5), anche se la tendenza attuale per gli impianti più complessi è quella di

fare eseguire pressochè tutte le manutenzioni non più dal personale di conduzione bensì da altro apposito specializzato, a cura o delle stesse case fornitrici delle singole parti costitutive dell'impianto, ovvero da Ditte ed Officine adeguatamente qualificate.

Il costo specifico (per mc ambiente) della mano d'opera di conduzione (e di ordinaria manutenzione) tende a diminuire dalla C.T. unifabbricato a quelle plurifabbricato: la diminuzione rispetto al costo totale di esercizio è però percentualmente, e di solito, non molto sensibile in quanto le C.T. unifabbricato essendo del tipo medio-piccolo debbono impiegare combustibili di maggior costo unitario, che per di più bruciano con rendimento termico complessivo (vd. punto 3) sensibilmente inferiore a quello ottenibile nelle grandi C.T.

Il suddetto costo specifico è comunque assai variabile da impianto ad impianto in funzione di molti parametri, fra cui:

— pressione di esercizio delle caldaie a vapore acqueo: se la stessa infatti è superiore a 0,5 Kg/mq, per le norme A.N.C.C. è d'obbligo la presenza del fuochista patentato durante l'intero esercizio dell'acclimazione, il che eleva assai il costo della mano d'opera. Pressioni elevate richiedono inoltre elevata manutenzione.

D'altronde, come è noto, il riscaldamento diretto dell'acqua in caldaia e consumando nafta di basso costo, risulterebbe razionale solo con caldaie in ghisa (caratterizzata da basso rendimento); ovvero con caldaie qualsiasi ma impiegando nafta di elevata qualità e costo: e pertanto per le grandi C.T. (ed anche spesso per le medie) si ricorre di norma a generatori di vapore acqueo che riscalderà poi indirettamente l'acqua tramite scambiatori.

Se tali vaporigeni sono di grande potenza (superiore, cioè, ad 1 milione di Cal/h) e funzionano almeno a 4 ÷ 5 Kg/cmq, possono infatti impiegare nafta densa di basso costo pur con alto rendimento complessivo (cioè con tem-

peratura del fumo all'uscita di caldaia non superiore ai 180 ÷ 200°C) perchè la pressione adottata richiede obbligatoriamente temperature di almeno 150° nel transfer riscaldato in caldaia che come tali evitano facili corrosioni e rapidi insudiciamenti delle superfici di scambio termico.

Il ricorso ad altri transfer particolari (= olio, ecc.) consente da un lato di realizzare le stesse temperature finali dei fumi pur con pressioni e condizioni di esercizio che non obbligano alla presenza continua di conduttori patentati, ma d'altro lato non consentono l'impiego di turbinette motrici: inoltre, a parità di rendimento termico di C.T. i transfer differenti dall'acqua richiedono, specie per grandi unità termogeneratrici, dei costi più elevati di impianto ed esigenze particolari di esercizio.

— Condizioni di vetustà della C.T., che obbligano a costi crescenti di manutenzione e della afferente mano d'opera.

— Centrali relativamente complesse al servizio di cubature ambiente di piccola entità e che come tali hanno una incidenza assai elevata della mano d'opera sul costo totale di esercizio.

In conclusione dobbiamo far presente che il costo specifico della mano d'opera è variabile entro limiti assai estesi, e cioè fra le 10 e le 40 L/mc ambiente × stagione per le C.T. e fra le 5 e le 15 L/mc × stag. per le C.F.

5) Il costo specifico dei materiali vari di manutenzione e dei servomezzi può essere in media considerato compreso fra:

— 5 e 15 L/mc × stag. per l'acclimazione di riscaldamento;

— 10 e 15 L/mc × stag. per l'acclimazione di condizionamento estivo.

È ovvio che detti costi variano dall'inizio alla fine del corrispondente periodo di ammortamento, ca. nel rapporto da 0,5 a 1,5 e che, come già detto, sono tanto più elevati quanto maggiore è la complessità dell'impianto (e minore la razionalità dell'esercizio).

6) La sorveglianza ed i controlli tecnico-economici dell'esercizio e degli impianti nelle loro singole parti costitutive (da cui appunto derivano le corrispondenti « spese generali ») costituiscono un essenziale elemento razionalizzatore dei costi, purchè, come ovvio, sorveglianza e controlli siano effettuati in modo e misura adeguati, tempestivi e competenti.

È evidente che un tale compito può essere assolto solo da Enti qualificati che, per essere come tali adeguatamente remunerati pur con un'incidenza specifica non onerosa nell'esercizio dell'impianto, dovrebbero svolgere la loro attività al servizio di ampi comprensori termici: anche questa considerazione è di appoggio alla realizzazione di grandi centralizzazioni urbanistiche.

Possiamo ammettere che le corrispondenti spese generali sommate a quelle strettamente amministrative (per l'esecuzione degli acquisti, paghe, riscossioni), riferite, come d'uso, all'importo totale dei costi $2) \div 5$, abbiamo un'incidenza variante fra il 5 ed il 10%: le percentuali minori valgono in genere per le C.T. unifabbricati, proprio perchè in queste manca di fatto un'assistenza tecnica sistematica.

Percentuali di poco inferiori valgono per le C.F. e relativi impianti di raffrescamento estivo: per gli impianti di condizionamento integrale si terrà conto della somma delle due incidenze espresse in valore assoluto cioè in L/mc.

VII. GLI IMPIANTI DI ACCLIMAZIONE. — Determinazione della tipologia in funzione della destinazione d'uso e delle strutture di prospetto.

La destinazione d'uso o meglio: l'attività ambientale (prevalente) del fabbricato in oggetto è il fattore basilare di determinazione tipologica del corrispondente impianto di acclimazione.

Come è stato indicato al capitolo V (13), elemento primario di distinzione dell'attività ambientale è il fabbisogno d'aria di ricambio invernale (estivo), cioè n (n').

Infatti, sino a che tale ricambio è inferiore a ca. 1 per i fabbricati civili ed a ca. 2 per quelli industriali, esso può considerarsi realizzabile per via naturale (tramite anche adeguate disposizioni dei serramenti) e pertanto il corrispondente fabbisogno di calore r ($r' + re$) può essere affidato agli stessi corpi trasmettenti che provvedono già alla copertura dei disperdimenti di involucro: vd. tabellina (18), impianti 1-5. In questo caso è nullo il corrispondente consumo di energia elettrica per le utenze (capitolo VI - 3).

Se invece le necessità di ricambio superano i suindicati valori limite, diventa praticamente indispensabile per concretare impianti razionali l'adozione del ricambio artificiale (e controllato). Il corrispondente consumo stagionale di energia elettrica per le utenze può in questo caso valutarsi

$$\text{ca. pari a: } \frac{ea \times n (ea' \times n')}{1.000} \times 0,25$$

$\div 0,4$ kWh per gli impianti tipo 5 e 6 della tabellina (18) e pari a ca. il 50% in più per i tipi 7 ed 8. In condizione di necessità del ricambio artificiale e quanto più elevata è l'entità del ricambio, di tanto più conveniente risulta la realizzazione di impianti in cui sia funzionalmente distinta la copertura dei disperdimenti di involucro da quella del ricambio (invernale ed estivo).

Dalla tabellina (13) appare infatti che l'entità di ei (ei') differisce sensibilmente, in genere, dalla corrispondente ea (ea'): comporta dunque una reale economia di esercizio, proporzionalmente importante, il disporre di impianti di acclimazione che possano erogare in modo e misura separati ed indipendenti i fabbisogni termici di involucro da quelli di ambiente. Questi ultimi hanno un costo orario sovente ben superiore a quelli di involucro e debbono pertanto poter essere annullati o ridotti in tutte le ore in cui si ha corrispondente esigenza di ricambio nulla o ridotta.

Quanto sopra è realizzato da tutti gli impianti in cui esistono corpi trasmettenti d'ambiente che erogano localmente energia termica in tutte le ore ei (ei') senza il

tramite dell'aria di ricambio: la quale invece è trattata in sottocentrali e distribuita nei singoli ambienti a mezzo di canalizzazioni indipendenti e durante le sole ore ea (ea').

Si può anche affidare l'erogazione ambientale dell'energia termica nelle ore ei (ei') ad aria ricircolata cioè senza ricambio, solo però se l'aria ricircolata è prelevata unicamente e direttamente dallo stesso ambiente da servire e non da altri ambienti, per ovvi motivi igienici e sanitari.

A questo punto si inserisce l'importanza economica e tipologica delle strutture di prospetto.

Infatti, quanto maggiore è il valore di s tanto più elevati saranno sia il valore assoluto di d ($d' + d''$) che il corrispondente coefficiente M (che ne fornisce il valore medio stagionale). Inoltre, al crescere di s occorre fare ricorso ad impianti di acclimazione che utilizzino solo, o in prevalenza, l'aria in circolazione forzata, con corrispondenti portate sempre più cospicue (e dunque di più oneroso esercizio e maggior impegno volumetrico ambientale specie per canalizzazioni e bocchette) dalle quali derivano inoltre eventualità di disturbo climatico per gli utenti interessati ed assai più elevati costi di esecuzione.

L'impianto di acclimazione, d'altra parte, essendo costituzionalmente lo stesso sia per la stagione fredda che per la calda, sarà caratterizzato da un elevato consumo di energia per il movimento dell'aria, vigente di fatto durante l'intero esercizio annuale, anche quando cioè condizioni atmosferiche esterne più favorevoli esigerebbero solo più, in realtà, portate d'aria assai meno onerose.

Alla luce di tutto quanto sopra, elenchiamo nella seguente tabellina (18), e caratterizziamo successivamente, i tipi fondamentali di impianti di acclimazione, indicandoli con un numero d'ordine a fianco, al quale solo, per brevità, faremo riferimento nell'intero seguito del presente studio.

Nei fabbricati civili si adottano di norma le soluzioni 1-8; in quelli industriali le soluzioni 9 e 10.

(18)

Impianti tipici di acclimazione

N° d'ordine

Denominazione corrente = impianto a

- 1 radiatori (in ghisa od acciaio)
- 2 termoconvettori (cioè a convezione « naturale »)
- 3 pannelli radianti incorporati nelle strutture
- 4 pannelli radianti a libera dilatazione
- 5 convettori ad elettroventilatore: a 2, 3, 4 tubi
- 6 convettori ad iniettore d'aria (di ricambio): a 2, 3, 4 tubi
- 7 aria trattata e distribuita a semplice canale
- 8 aria trattata e distribuita a doppio canale
- 9 aerotermi con o senza canalizzazione (4)
- 10 centraline di termoventilazione, con o senza raffrescamento

(4) L'aerotermino senza canalizzazione di solito non è adottato per ricambi superiori a $1,5 \div 2$ volumi/ora.

Le soluzioni 1-4 non possono fornire alcun ricambio controllato: la 5, tramite aperture regolabili sui prospetti può assicurare in certa misura detto ricambio.

Volendo adottare un ricambio realmente controllato in qualità (filtrazione, pretrattamento climatico) e quantità si dovrà affiancare agli impianti 1-5 un apposito ed indipendente impianto di pretrattamento e veicolazione in ambiente dell'aria richiesta n ($n' + ne$), ovvero si potrà esaminare l'opportunità di adottare gli impianti 7 ed 8: sarà comunque e sempre necessario un adeguato impianto di estrazione dell'aria inquinata (almeno dai servizi).

L'impianto n. 6, consente solo durante le mezze stagioni l'indipendenza funzionale di erogazione del fabbisogno di involucro rispetto a quello di ambiente: ed in ogni caso non è da considerarsi razionale quando gli ei (ei') differiscono sensibilmente, e cioè oltre il 10% ad esempio, dai corrispondenti ea (ea').

L'impianto 8 ed a maggior ragione il 7 (anche se molto zonizzato) non consentono mai l'indipendenza funzionale di cui sopra. Inoltre, poichè l'intero fabbisogno termico di involucro e di ambiente (estivo/invernale) deve essere portato alla utenza esclusivamente dal veicolo aria, se detto fabbisogno è elevato occorre ricorrere ad una, più o meno parziale, ricircolazione (per non incorrere in costi di esercizio elevatissimi se si utilizzasse solo aria di ricambio). Il che è in contra-

sto o con le norme igienico-sanitarie o almeno (qualora si effettui un pretrattamento morbicida sull'aria di ricircolo) con le esigenze di benessere, in quanto gli odori risultano di fatto insopprimibili.

Su un piano di razionalità si deve pertanto concludere che gli impianti 7 ed 8 sono accettabili (e sovente anche consigliabili) solo se detto fabbisogno totale è piccolo (così da poter limitare il movimento dell'aria a non oltre $2 \div 3$ volumi ambiente/ora) e meglio ancora se è piccolo il fabbisogno di involucro.

Questo si verifica ad esempio sui mezzi di trasporto e specie sulle navi per passeggeri, nonchè per i fabbricati con un valore del solito parametro s [precisato in (1)-III] che risulti, a parere nostro, non superiore a $0,4 \div 0,5$: ovvero negli ambienti che richiedono una particolare purezza o speciali caratteristiche dell'aria. In questi ultimi allora è indispensabile mantenere una adeguata sovrappressione ed assicurare un pretrattamento adeguato, che può essere effettuato solo in centraline e con le soluzioni 7 ed 8, purchè comunque si provveda direttamente od indirettamente all'influenza specifica di s .

In generale possiamo ancora far presente — per i fabbricati civili — che l'adozione di un impianto di ricambio controllato d'aria (in parallelo all'impianto prescelto — vedi in seguito — fra quelli 1-6 e loro versioni più o meno qualificate) con esecuzione o non di

condizionamento (cioè di controllo anche dell'umidità e delle caratteristiche di purezza e di movimento dell'aria ambiente) dovrebbe essere effettuata, come per i fabbricati industriali, in base a considerazioni termotecniche ed igieniche di effettivo fabbisogno di aria pura: l'importanza di tali considerazioni è però assai meno sostanziale per i fabbricati civili rispetto a quelli industriali.

Di fatto, pertanto, la adozione dell'impianto in oggetto è solo in parte dipendente dalle esigenze di benessere climatico che si ritengono più opportune tenendo debito conto delle previste condizioni di destinazione d'uso e del loro impegno climatico massimo, medio, minimo (nonchè, come ovvio, del clima esterno), ma il tutto deve infine sottostare a fondamentali considerazioni di costo, sulle quali daremo più sotto i necessari chiarimenti.

Altro parametro strettamente oggettivo, che influisce (o meglio dovrebbe influire) in misura elevata sulla scelta tipologica dell'impianto appunto fra le differenti soluzioni indicate in (18), è, ripetiamo, la struttura di prospetto del fabbricato (e, più generalmente, dell'intero involucro perimetrale esterno del fabbricato).

Abbiamo infatti indicato nel capitolo IV la incidenza cospicua che sulla entità di d ($d' + d''$) esercitano valori elevati di s ; DS (s ; DS ; DS' ; DS''): questa incidenza si ripercuote sia sul costo di esercizio (vd. capitolo VI) che, come ovvio, sul costo di esecuzione (vd. capitolo VIII) degli impianti di acclimazione.

Ricordiamo inoltre che elevati valori di s (oltre 0,75 ca., per fissare le idee) accentuano in misura quasi mai del tutto correggibile la sensazione di disturbo climatico per irradiazione diretta che le superfici vetrate S_v esercitano sulle persone presenti in ambiente: il ricorso, in tali casi, ad efficaci frangisole esterni riduce alquanto detto disturbo.

Si deve pertanto tenere ben presente che la scelta dell'impianto deve essere obbligatoriamente correlata alla entità di s (DS ; DS' ; DS''). Per semplicità di indirizzo

tipologico continueremo a riferirci in questa sede al solo parametro s ; sia perchè di più immediata determinazione, sia perchè l'influenza delle strutture del fabbricato sul benessere climatico degli ambienti affacciati ai prospetti del fabbricato (cioè più impegnativi) è sufficientemente rappresentata da s , almeno entro i limiti di approssimazione stabiliti.

Ripetiamo infatti che al crescere del valore di s oltre allo 0,2 di base, tanto più rapida diventa la ripercussione in ambiente delle variazioni climatiche esterne (per venti, temperatura, insolazione) a causa della corrispondente carenza (diretta ed indiretta: vd. N. citato di « Ricerche di Termotecnica ») di capacità termica nelle strutture di fabbricato che interessano gli ambienti in oggetto; per conseguenza l'impianto di acclimazione deve essere caratterizzato da sempre minor inerzia funzionale, dotato di sempre più sensibili regolazioni automatiche e provvisto di corpi trasmettenti d'ambiente ubicati lungo i prospetti o comunque in modo tale da contrastare anche, per quanto possibile, la irradiazione diretta dei serramenti di prospetto (= S_v mq).

Riportiamo di seguito in ordine di inerzia funzionale *decrecente*, gli impianti tipici elencati in (18): 3, 4, 1, 2, 6, 5, 7, 8. L'inerzia del 9 e 10 è legata alle dimensioni dell'impianto ed in genere è nettamente inferiore all'inerzia del corrispondente fabbricato: cioè 9 e 10 sono praticamente indipendenti dall' s .

Tanto per fissare le idee, diciamo che (a parere dello scrivente) l'impianto 3) è conveniente per s inferiore a $0,4 \div 0,45$; il 4) per s inferiore a $0,5 \div 0,6$; il 1) per s inferiore a $0,7$; il 2) per s inferiore a $0,8$; il 6) ed il 5) per s maggiori di $0,8$ (pur con le riserve funzionali indicate, in calce al (18), per il 6). Per il 7) e per l'8) debbono essere tenute ben presenti le considerazioni effettuate più sopra, per cui gli stessi possono essere considerati praticamente idonei solo per $s = 0,4 + 0,5$ cioè di fatto come per il 3).

Non possiamo intrattenerci ulteriormente in argomento perchè un approfondimento di questo richiederebbe un esame di dettaglio ed esemplificativo che sarebbe qui fuori luogo. Aggiungiamo solo che (sempre a parere dello scrivente) per valori di s superiori a $0,6 + 0,7$ occorrerebbe sempre ricorrere all'adozione di frangisole esterni, almeno sulle S_v effettivamente insolate [vd. espressione (8)], sia pure talora con qualche compromissione « estetica »: *non già economica*, perchè per gli anzidetti valori di s le economie di costo d'esercizio e di esecuzione che si realizzano con l'adozione di frangisole esterni, purchè questi abbiano reale efficacia, sono sempre largamente paganti il costo dei frangisole stessi; a prescindere dal netto e diretto miglioramento di benessere climatico che ne deriva.

I parametri *fondamentali* strettamente tecnico-climatici della tipologia in oggetto sono dunque due: l'entità del ricambio r ($r' + re$) ed il coefficiente s di prospetto.

A questi si aggiungono, come ovvio, i costi di esecuzione e di esercizio cioè, in sintesi, il costo gestionale: il quale deve risultare il più basso possibile nel rispetto comunque dei requisiti stabiliti ovvero minimi indispensabili per la richiesta agibilità del fabbricato in riferimento alla corrispondente destinazione di uso.

L'importanza di questo terzo parametro (= costo gestionale) sulla scelta tipologica e sulla consistenza qualitativa dell'impianto scelto è di fatto la più difficile da determinare in misura oggettiva, perchè l'acclimazione rientra negli impianti cosiddetti generali: i quali cioè non sono caratterizzati da un reddito direttamente quantizzabile, ma assicurano solo la copertura di un servizio la cui effettiva efficienza a sua volta ha le ben note cospicue ripercussioni, ma solo indirette e non ben monetizzabili, sul reddito o sulla produttività industriale del fabbricato nella sua funzionalità complessiva.

La scelta finale di un tipo di acclimazione è pertanto determinata dalla estimazione *indiretta* di

una, sia pur indiscutibile, convenienza: la quale dunque non può che poggiare in buona parte su valutazioni *sogettive*. Queste, come tali, sfuggono ad una precisa determinazione analitica e comunque non possono essere trattate qui.

Diciamo solo, in breve, che tale scelta non deve in nessun caso contrastare con le conclusioni che si possono e debbono trarre dalla considerazione dei due suindicati parametri tecnico-climatici, i quali debbono portare a conclusioni che assicurino in ogni caso un benessere climatico almeno medio-massimo ed una corretta funzionalità: senza di che la scelta effettuata dovrebbe considerarsi irrazionale e sconsigliata, indipendentemente dall'afferente costo gestionale (o « terzo parametro »).

Vi sono comunque due indirizzi, di sostanziale carattere economico, che possono guidare nell'applicazione pratica del terzo parametro.

Il primo è: quanto minore per l'impianto in oggetto si prevede sia il numero annuo (medio) di ore di effettivo funzionamento, tanto meno peserà di fatto il costo assoluto del (solo) esercizio, ferma restando invece l'incidenza assoluta dell'ammortamento, più interesse, del costo di esecuzione (e viceversa).

In questa prospettiva, fra più soluzioni che soddisfano (sia pure in grado differente) ai due parametri tecnico-climatici sarà dunque logico scegliere quelle a cui corrispondono proporzionalmente maggiori costi specifici di esercizio e più bassi costi specifici di esecuzione, perchè in definitiva il costo assoluto gestionale risulterà minore (e viceversa).

Il secondo si basa sulla considerazione — regolarmente comprovata nel passato — che le cosiddette « necessità di benessere » vanno di continuo crescendo in tutti i campi, in parallelo con l'esigenza di ridurre sempre di più i costi di mano d'opera, ognor più onerosi: e questo vale in particolare per l'acclimazione artificiale, con riferimento sia alla quantità che alla qualità. Per conseguenza è da considerarsi in-

dirizzo di solito avveduto l'impostare scelta e progetto di un impianto in modo e misura atti a consentire la graduale realizzazione, entro limiti tecnici ragionevoli, di migliorie dell'impianto adeguate alle suddette prevedibili maggiori esigenze di benessere climatico e maggiore controllo automatico: senza dover ricorrere ai corrispondenti onerosi interventi successivi edili-impiantistici che per di più dovrebbero di solito effettuarsi entro ambienti occupati, cioè in servitù di esercizio.

Questo indirizzo può concretarsi nei seguenti esempi:

— Per impianti civili di solo attuale riscaldamento: dimensionando la rete tubazioni anche per un (futuro) raffrescamento; realizzandola con adeguata coibentazione e, se del caso, con l'aggiunta dell'apposito tubo per il drenaggio della condensa d'ambiente.

— Per impianti qualsiasi di attuale riscaldamento (e raffrescamento) ma senza ricambio artificiale: adottando le necessarie predisposizioni per la futura realizzazione di detto ricambio in mandata e specialmente in estrazione; cioè con riferimento almeno alle esigenze della stagione calda e delle cosiddette mezze stagioni, in cui appunto il ricambio naturale è di norma deficiente. Le predisposizioni in oggetto possono consistere nella semplice previsione del futuro alloggiamento delle canalizzazioni entro le strutture, ovvero anche nell'installazione immediata delle canalizzazioni stesse (senza le centraline di trattamento e veicolazione dell'aria).

— Per acclimazione di fabbricati industriali: prevedendo apparecchiature di scambio termico e reti di tubazioni e canali suscettibili d'essere maggiorate in modo da consentire migliorie, specie nella portata d'aria di ricambio.

— Per impianti qualsiasi di acclimazione, loro reti, sottocentrali di trasformazione e centrali termiche e frigorifere: realizzando tutte le necessarie predisposizioni di tubazioni, di opere edili, di ingombro ed intercollegamenti elettrici ed idraulici delle appa-

recchiature, tali da consentire oltrè ragionevoli migliorie qualitative e quantitative anche, ed essenzialmente, potenziamenti di automazione e controlli volti in particolare alla riduzione dei costi di esercizio.

Si precisa però che l'attuazione dell'automazione è bene avvenga sempre per gradi; in funzione non solo delle vigenti corrispondenti esigenze ma specialmente della effettiva, sicura e tempestiva disponibilità di personale realmente qualificato per interventi manutentivi al riguardo. Disponibilità che è in oggi assai variabile da caso a caso e che potrebbe essere stabilizzata, per fabbricati privati o di piccoli Enti, solo con adeguate organizzazioni manutentive.

In assenza o deficienza della suddetta disponibilità è consigliabile limitare l'automazione, non trascurando mai comunque gli automatismi di sicurezza e quelli che possono *sostanzialmente* ridurre il costo di esercizio degli impianti: le indicazioni di costo che seguono prevedono appunto sempre un'automazione ridotta con l'indirizzo suindicato.

Sulla base di tutto quanto sopra possiamo ritenere di norma consigliabile la seguente tipologia base, che vale nella previsione di conseguire risultati medio-minimi di benessere climatico e con riferimento ai consueti fabbricati-tipo: a) \div h).

a) Per fabbricati residenziali.

Nei normali ambienti non di lusso e salvo locali condizioni climatiche eccezionali o valori di s maggiori di $0,5 \div 0,6$, non è attualmente consigliabile (in Italia) realizzare impianti (fissi e centrali) di condizionamento per l'alto costo di esecuzione e di esercizio in confronto alle relativamente limitate effettive necessità corrispondenti; al più se ne predisporrà la esecuzione successiva. Anche il ricambio artificiale è da considerarsi superfluo, poichè le cubature ambientali disponibili pro capite sono di solito più che sufficienti (e ciò proprio quanto più le caratteristiche del fabbricato sono di lusso) a soddisfare le necessità igie-

niche d'ambiente con il solo ricambio naturale. Per le mezze stagioni e la stagione calda sarà invece, bene spesso, assai utile una estrazione forzata, che potrà essere fatta funzionare *automaticamente* in base al vigente Dt (= temperatura ambiente - temperatura esterna).

La scelta dell'impianto potrà dunque essere contenuta fra i tipi 1) \div 5) ed eccezionalmente anche 7), utilizzando i corrispondenti indirizzi suindicati, ed in base ai criteri di massimo costo gestionale e conseguente grado di benessere climatico che si intende di non superare.

b) Per fabbricati ospitalieri.

Il grado di benessere climatico (e relativo costo gestionale) è eminentemente in funzione della categoria dell'albergo. È certo che qui interessa più la temperatura ambiente (invernale ed estiva) che l'entità del ricambio: e più la filtrazione dell'aria (ad evitare rapidi insudiciamenti e corrispondenti oneri di manutenzione) che esigenze di umidità d'ambiente.

È sempre essenziale curare la eliminazione degli odori e dei rumori: gioca assai una corretta estrazione d'aria, specie da tutti i servizi. E questo vale anche per gli ambienti c), annessi o non ai b).

È particolarmente conveniente la separazione fisica dell'impianto di ricambio d'aria da quello per l'involucro. Ciò premesso, in ordine crescente di pregio si sceglierà l'impianto di involucro fra i seguenti [rifer. (18)]:

1; non il 2 perchè consentirebbe l'inserimento nei termoconvettori di corpi estranei igienicamente molesti; 3 o 4 (sempre con scelta anche in base al criterio "s"); 5 a 2 tubi; 5 a 3 e 4 tubi.

Il ricambio d'aria potrà essere limitato al solo « naturale » con la soluzione 5, che consente di filtrare efficacemente l'aria ambiente; se l'ubicazione (quanto a possibilità di entrata di rumori esterni) e le esigenze di facciata lo consentano, si potrà ricorrere all'adozione delle feritoie di prospetto, da cui i ventilatori dei convettori aspireranno l'aria di ricambio (filtrandola).

c) *Per ristoranti.*

Qui interessa essenzialmente l'impianto di ricambio dell'aria (in mandata di estrazione: questa da effettuarsi prevalentemente dai servizi) e la temperatura. Date le masse d'aria in movimento è importante curare assai le modalità d'immissione (molti anemostati ben disposti; perforati) e d'estrazione (preferibilmente in vicinanza del soffitto); la situazione estiva è assai più impegnativa di quella invernale.

Anche in questo caso — vd. i corrispondenti *ei/ea*; *ei'/ea'* — la separazione impiantistica dei fabbisogni d'involucro da quelli di ambiente realizza cospicue economie.

La scelta d'impianto d'involucro (sulla base anzitutto della « categoria » ed anche di *s*) si effettuerà fra: 1; 2; non 3, perchè l'inerzia termica corrispondente è sempre non gradita ovvero anti-economica; 4, 5, 7, 8 solo nei locali piccoli, in cui però è altrettanto razionale e più economico in genere il 5 a 4 tubi (con ricambio indipendente).

d) *Per fabbricati ospedalieri.*

Nelle camere (o camerate) di degenza interessa avere pressochè sempre anche il ricambio, oltre alla copertura dei fabbisogni d'involucro. Pertanto (con scelta in base alla categoria dell'ospedale o della clinica, ed in funzione di *s*) si potranno adottare i seguenti impianti: 1, non 2; 3; 4; 5; 6.

Salvo il 6 (che funziona appunto tramite aria di ricambio e che pertanto, in questo caso, è economicamente razionale) tutti gli altri impianti dovranno essere affiancati da un adeguato impianto di ricambio: per il 5 si potranno tollerare le aperture di prospetto semprechè non ostino motivi di inquinamento e rumore provenienti dall'esterno.

L'aspirazione dovrà sempre e comunque essere effettuata in modo da assicurare una effettiva depressione nei servizi e locali d'ambito rispetto alle camere.

In tutti i locali (= sale chirurgiche, trattamenti fisioterapeutici, degenze speciali) richiedenti climi particolari (asettici; con temperatura ambiente da realizzare per irradiazione; con rigoroso grado

di umidità; ecc.) si ricorrerà all'adozione di impianti specifici adeguati, sui quali non possiamo qui entrare in merito.

In generale, per questo tipo di fabbricato il sottoscritto ritiene assai opportuno prevedere la possibilità di future migliorie qualitative dell'acclimazione, con gli accorgimenti cui si è più sopra accennato di massima.

e) *Fabbricati per attività intellettuali.*

— *Scuole*: non si ritiene opportuno, in genere, un condizionamento integrale, bensì solo una apprezzabile difesa (tramite *s* adeguati, frangisole esterni, aria di ricambio semplicemente filtrata e riscaldata; eventualmente un po' raffrescata d'estate ma senza controlli esigenti di umidità e temperatura) dal freddo e anche dall'irraggiamento solare.

Questo per tenere conto da un lato del basso valore di *ei*; *ea* e specie di *ei'*; *ea'* ed anche perchè, a detta degli igienisti, è bene non mortificare troppo nei giovani (sani) la naturale attitudine alla termoregolazione fisiologica dell'organismo.

Con tali premesse, si ritiene consigliabile sempre un ricambio d'aria artificiale (con estrazione, volendo, anche solo per sorpresa naturale attraverso i locali d'ambito ed i servizi), ed una copertura del fabbisogno d'involucro tramite impianti 1; 5 (a 2 tubi): l'adozione del 5 consente di norma economia sia di installazione (dato l'elevato volume medio dei locali), che di esercizio. Adottando il 5 con aperture di prospetto, si può eliminare l'impianto di ricambio, ma diventa obbligatorio quello di estrazione (per assicurare il ricambio, comunque necessario come detto). Richiamiamo però particolare attenzione sull'impiego, sempre più frequente per i fabbricati in oggetto, di strutture prefabbricate e sottili, cioè con valori elevati di *s* e bassi della capacità: che possono rendere addirittura indispensabile un efficiente condizionamento estivo, con tutti i non lievi oneri che ne derivano.

— *Palazzi ufficio*: è obbligatorio il ricambio ed è decisamen-

te conveniente l'indipendenza di questo dall'impianto di involucro: sono eloquenti al riguardo i corrispondenti valori dei rapporti *ei/ea*; *ei'/ea'*.

La scelta dell'impianto di involucro dovrà essere effettuata in base al valore di *s* (ed a criteri di costo d'esecuzione) fra i tipi: 2; 3; 4; 5 (a 2 o più tubi).

È fondamentale l'estrazione dell'aria viziata, e importante la filtrazione anche dell'aria ambiente (assicurata dal 5) nonché la riduzione efficace dei rumori esterni ed interni.

f) *Fabbricati con attività di ricreazione, culto e commerciali.*

Questi fabbricati, più ancora delle scuole, sono in genere caratterizzati da cospicue (e rapide) variazioni nel loro fabbisogno di ricambio e di esigenze climatiche, non solo per motivazioni igieniche ma anche per compensare il calore endogeno derivante dalla presenza di utenti, la quale appunto subisce di fatto variazioni sensibilissime nel tempo e in entità. L'impianto di ricambio e di evacuazione dell'aria deve avere pertanto adeguata flessibilità quantitativa e climatica.

L'impianto di involucro (scelto come sempre in funzione di *s*) può, assai spesso, essere tutt'uno con quello di ricambio, che in questo caso deve essere atto a funzionare in ricircolo, con adeguata filtrazione, durante le ore (*ea*; *ea'*) in cui gli ambienti hanno attività d'uso nulla o ridotta.

Agli impianti si richiede comunque anche un'adeguata silenziosità funzionale ed una distribuzione (ed aspirazione) ambientale dell'aria comunque non fastidiosa.

Con le suddette avvertenze, dovranno essere scelti di solito gli impianti 9) (possibilmente con canalizzazione) o i 10), e talora i 5) (con ricambio).

In zone singolari del fabbricato in cui è prevista la frequente presenza di persone immobili (ad esempio nelle immediate adiacenze dell'altare principale delle chiese e negli ambienti di prestigio o con esigenze particolari) ed anche comunque quando le strutture di involucro sono caratterizzate da elevati valori di *s* (oltre

0,4÷0,5) risulta consigliabile, e sovente anche conveniente economicamente, l'adottare pannelli radianti a pavimento proporzionati per temperature superficiali non superiori comunque ai 30°C, che vengono così a costituire una superficie avente di fatto un sensibilissimo effetto di inerzia termica, con risultati uniformizzatori della temperatura ambiente: che possono, se la realizzazione è razionale, andare a beneficio di gran parte del fabbricato ed a compenso dell'*s* elevato.

g) *Per ambienti con attività di trasporto (= navi, aerei, cabinati su ferrovia o strada).*

Sotto l'aspetto dell'acclimazione detti ambienti sono analoghi a quelli f), con necessità di flessibilità climatica ancora più esigenti.

Si adotteranno, di solito, esclusivamente impianti di ricambio di aria più o meno trattata (in funzione della « categoria » dell'ambiente interessato) con possibilità eventuale di ricircolo solo per la messa a regime in assenza di persone utenti, scegliendo in genere fra gli impianti 7) ed 8) e talora i 5) (o 6).

Anche l'estrazione, specie sulle navi, assume adeguata importanza climatica.

h) *Per fabbricati industriali.*

È la tipologia di acclimazione che richiederebbe più d'ogni altra una variatissima casistica: che qui invece non ci sentiamo di presentare perchè ci porterebbe ad uno studio dettagliato ed estesissimo al fine di ricavarne considerazioni qualitative e corrispondenti dati numerici aventi sostanziale ripetibilità ed effettiva utilità per i progettisti; secondo quanto indicato nelle Premesse.

Ci limitiamo pertanto a riferirci anzitutto a quanto abbiamo in merito già genericamente indicato a chiarimento della tabellina (13)-h) ed inoltre a far presente quanto segue.

I requisiti di purezza d'aria e di condizioni climatiche ambientali — con relativi controlli ed automatismi — sono diversissimi da tecnologia a tecnologia e praticamente coprono l'intera gam-

ma di esigenze: dalle più rigorose ed impegnative alle meno. Si considerino ad es. le tecnologie di taluni montaggi di delicatissime apparecchiature elettroniche, elettriche in genere per bassissime correnti, di meccanica finissima (che richiedono esigenze climatiche di assoluta assenza di polvere, con tolleranze talora del decimo di °C e del mezzo % di umidità); le utenze meccanografiche; le sale calibri e metrologiche in genere; di particolari o delicati prodotti chimici e farmaceutici; e via via, passando attraverso le normali tecnologie meccaniche; la grande industria chimica e farmaceutica; di lavorazione e conservazione prodotti alimentari; sino alla siderurgia in genere, fucinazione, fonderia, ecc. ecc.

Per tutte indistintamente le tecnologie, ai fini dell'acclimazione costituisce sempre ed anzitutto fondamentale parametro discriminante tipologico l'entità del reale fabbisogno complessivo di ricambio orario d'aria: *n* (mc aria/mc ambiente) per l'inverno ed *n'* per l'estate. A cui segue subito l'esigenza di purezza dell'atmosfera ambientale (da determinarsi in base a norme degli igienisti ed alla prassi tecnologica migliore o più aggiornata).

La considerazione parallela dei due suddetti parametri impone anche determinate modalità di distribuzione e ripresa d'aria in ambiente, a quote e con ubicazioni (sopra catena, con maniche discendenti, id. ascendenti, con bocchette particolari) sempre più impegnative e legate al tipo ed al progredire della corrispondente tecnologia.

Per soddisfare alle suaccennate esigenze climatiche è quasi sempre indispensabile effettuare l'erogazione in ambiente dei fabbisogni, invernali ed estivi, di energia termica tramite il veicolo aria, con ricorso cioè alla convezione anzichè alla irradiazione: questo anche per realizzare rapidamente, a mezzo solitamente di ricircolazione, la messa a regime termico dopo l'interruzione derivante dalla riduzione dei turni giornalieri di lavoro (tendenza che è sempre più in aumento ovunque).

Da queste sommarie prospettive appaiono di norma conve-

nienti i tipi 9) e 10) [vd. tabellina (13)].

In taluni casi, invece, quando la necessità del ricambio sono minime (inferiori ad es. ad 1) e si esige inoltre il minimo movimento d'aria in ambiente, ovvero i locali sono molto alti e per qualche giustificato motivo non si vogliono disporre canalizzazioni nell'ambiente, si può far ricorso ai pannelli radianti 4): così pure questo tipo di impianto può essere apprezzato nei locali per le docce ed in altri particolari.

La distribuzione dell'aria da sopra catena è sempre vantaggiosa ai fini del movimento del materiale entro l'ambiente di lavoro sottostante ed al fine di realizzare la massima uniformità di temperatura in altezza (e conseguenti economie di costo d'esercizio) sino a che la produzione di inquinanti e di calore endogeno è minima: deve essere effettuata ad altezze sempre più vicine a quota pavimento quanto più detta produzione è elevata e diventa opportuno o necessario facilitare la stratificazione nella zona più alta dell'ambiente di taluni inquinanti (e del calore) non captati, o sfuggiti alle aspirazioni tecnologiche locali.

Queste ultime non sempre possono essere effettuate a bocca di sorgente per ovvie necessità tecnologiche e le afferenti canalizzazioni comportano anch'esse complessità di esigenze di ubicazione ambientale non sempre facilmente superabili.

A quanto sopra si sovrappone molto sovente la essenziale necessità di consentire tutti i più razionali adeguamenti degli impianti tecnologici al continuo e spesso rapidissimo progresso corrispondente, che esige appunto la massima libertà di sistemazione per le apparecchiature specifiche del corrispondente ciclo tecnologico.

Altra esigenza — ognora più sentita — è quella di prevedere un trattamento di efficace depurazione (depolverazione, in genere) per l'aria non solo di ricambio ma anche di aspirazione dall'ambiente, prima della sua evacuazione nell'atmosfera esterna.

Facciamo infine presente che quasi sempre nella acclimazione industriale è opportuno, e sovente indispensabile, prevedere (ge-

nerici, o determinati) futuri potenziamenti qualitativi e quantitativi: infatti le esigenze di benessere climatico aumentano rapidamente; e parallelamente è in continuo aumento la produzione tecnologica di calore e di inquinanti.

È comunque evidente, sia pure dal succinto giro d'orizzonte che abbiamo effettuato, che trattasi di problemi molto vari e sovente di complessa risoluzione pratica: i quali coinvolgono costi di esecuzione d'impianto e di esercizio sempre più cospicui. Si consideri solamente la entità continuamente crescente del calore endogeno sviluppato dalle industrie più moderne — meccaniche, siderurgiche, chimiche — ed il conseguente elevatissimo costo degli impianti frigoriferi (capitoli VI e VIII) che risulterebbero necessari per effettuarne il tamponamento termico!

VIII. GLI IMPIANTI DI ACCLIMAZIONE. — Valutazione dei costi di esecuzione (in opera).

Un qualsiasi impianto di acclimazione sia sotto l'aspetto della sua funzionalità che, in particolare, del suo costo di esecuzione, deve essere considerato conformato dalle seguenti distinte quattro parti fondamentali:

A) centrale generatrice del calore = CT;

B) centrale generatrice del freddo = CF;

c) rete generale di distribuzione dell'energia termica;

D); D') sottocentrali eventuali ed impianti utenti di fabbricato: per acclimazione solo invernale; anche estiva.

Il costo complessivo sarà la somma dei componenti parziali realmente coesistenti nell'impianto.

La razionalità della distinzione è ovvia: basti pensare che A) e B) possono avere costituzione termomeccanica indipendente dalla tipologia dei D, in quanto hanno il solo compito di generare il fabbisogno di energia termica per i D ma non quello di assicurare direttamente le modalità di utilizzazione nel fabbricato; e che la

costituzione di C) è essenzialmente imposta dalle dimensioni del comprensorio servito.

Le caratteristiche termotecniche e meccaniche di A), B) e C) debbono in definitiva essere stabilite anzitutto al fine di produrre e di portare ai D il fabbisogno di energia termica con la prassi alla quale corrispondono i minimi costi di esecuzione e di esercizio ed avendo come unico vincolo qualitativo quello di assicurare comunque ai D un transfer avente una temperatura non inferiore (superiore) al massimo (minimo) valore richiesto dalla più esigente fra le utenze contemporanee dei D.

Spetterà poi alle eventuali sottocentrali di adeguare le caratteristiche termiche del transfer alle effettive e vigenti esigenze dei singoli impianti utenti di fabbricato.

A loro volta questi ultimi debbono essere scelti in base a criteri esposti nel precedente capitolo, a prescindere cioè dalle caratteristiche specifiche di A), B) e C).

È in conclusione ovvio che l'intero complesso A/B/C/D deve risultare armonicamente funzionale nel suo complesso, ma è altrettanto indiscutibile che ciascuna delle quattro suddette parti fondamentali deve anzitutto essere considerata a se stante e scelta in base a criteri tecnico-economici sostanzialmente autonomi, con il solo comune denominatore di uno stesso fabbisogno termico massimo complessivo.

Esaminiamo dunque partitamente gli elementi di costo per A); B); C); D); D'): restando stabilito, ed a valere per il presente capitolo VIII ed anche per lo studio, che seguirà, afferente al costo degli impianti idrosanitari, che qualsiasi costo indicato si riferisce ad impianti resi in opera e in condizioni di regolare funzionamento: lo stesso si intende comunque comprensivo di tutti indistintamente gli oneri a carico del Committente generico, e cioè anche degli oneri di progettazione, spese generali e tasse, nonché dell'utile per la Ditta impiantista: come ovvio, valutati sempre con criteri medi statistici.

A) Costo delle C.T.

È direttamente legato alla effettiva potenza termica massima installata.

Si precisa che detta potenza dovrà poter essere utilizzabile sempre e con risultati economici, cioè in continuità e con il rendimento minimo prefissato: non si farà dunque riferimento né alla cosiddetta « potenza massima di punta », né alla « potenza economica », bensì a quella realmente « massima continua ».

Osserviamo che per la C.T. al servizio di un dato fabbricato tale potenza installata è data direttamente da $f \times V (=Pt)$ + riserva di centrale: in cui per f vd. (6) e per V vd. in calce a (3).

Mentre per la C.T. al servizio di un dato comprensorio, la stessa è data da $(Pt=)$ somma degli $f \times V$ di tutti i fabbricati del comprensorio + disperdimento di rete; oltre alla riserva di centrale.

Del disperdimento di rete si parlerà al punto C)-(31): in merito alla riserva di centrale (tanto più necessaria quanto più la potenza massima richiesta è elevata e più rigorose sono le esigenze di sicurezza di continuità d'esercizio per le utenze corrispondenti) facciamo presente che in genere per utenze di sola acclimazione d'ambiente è da considerarsi sufficiente una riserva complessiva che, nel caso di arresto di uno dei termogeneratori, assicuri almeno il 75% della totale potenza massima richiesta.

In questo caso infatti basterà, di norma, fare funzionare in continuità (anche per 24 ore/giorno) la C.T. con le restanti unità efficienti, assicurando così di fatto la copertura media/giornaliera dell'intero e massimo fabbisogno richiesto anche in condizioni di massimo Dt, grazie alla utilizzazione dell'attitudine di accumulo termico insita nel complesso delle capacità termiche del comprensorio che risultano comunque interessate dalla rete e dalle utenze servite dalla C.T.

Per espletare tale condizione si dovrà, come ovvio, realizzare la C.T. almeno su 2 unità termogeneratrici, ciascuna delle quali dovrà avere una potenza unitaria:

— $P=1,5 Pt/2$ e rispettivamente:

— $P=1,15 Pt/3$ per C. T. su 3 unità;

— $P=1,0 Pt/4$ per C.T. su 4 unità;

la potenza installata totale sarà dunque, in corrispondenza, uguale a $(2; 3; 4) \times P$.

In quanto sopra si suppone implicitamente che la potenza unitaria ($=P$) di tutte le unità termogeneratrici di una stessa centrale sia uguale; questo è opportuno sia per le C.T. che per le C.F., come insegna l'esperienza: a meno di altre (eventuali) piccole unità da prevedere solo per un funzionamento stagionale o ridotto con destinazioni particolari di utenza (acqua calda potabile, ad es.) il cui esercizio può risultare necessario anche quando le unità principali sono inattive, pur costituendo queste ultime, comunque e sempre, riserva per le unità piccole in oggetto, delle quali dovranno a tal fine essere funzionalmente « in parallelo ».

Tutto quanto sopra vale in sostanza anche per le C.F., come ovvio sostituendo ad f il corrispondente f' [vd. espressione (9)].

Per la valutazione del costo delle sole C.T. occorre precisare anzitutto la corrispondente composizione-tipo. Essa sarà:

— serbatoi nafta per un fabbisogno pari a circa il 20 ÷ 25% del totale stagionale;

— impianto trattamento nafta (con tutte le tubazioni di collegamento a monte ed a valle);

— caldaie (ed ausiliari) per pressione di esercizio inferiore ai 20 Kg/cmq;

— impianto di trattamento acqua (quasi sempre indispensabile) e regolazioni automatiche: proporzionati comunque all'importanza e caratteristiche della C.T.;

— sottocentrale e pompe per la preparazione e la movimentazione del transfer di rete;

— tubazioni; staffaggi ed ancoraggi; valvolame; dilatatori; coibentazioni;

— opere elettriche ed opere edili specifiche di C.T. (escluso il fabbricato ed eventuale camino, unico ed a grande altezza, in funzione antismog).

Il tutto si intende collegato a reti esterne (elettriche ed idriche) ubicate nelle immediate vicinanze della C.T. e dato in opera in condizioni di funzionalità effettiva.

Per C.T. con fabbisogni Pt di più milioni di Cal/h e specie se al servizio di comprensori di notevole estensione (superiori ad esempio ai 250.000 mq) è sempre prevista l'adozione di turbinette motrici a contropressione (per pompe e ventilatori). Non è mai prevista la produzione contemporanea di energia elettrica a ricupero anche perché il corrispondente costo della C.T. risulterebbe assai diversificante da caso a caso.

In linea di massima inoltre e per esperienza personale o di terzi d'esercizio di centrali a ricupero, se si tiene reale, dettagliato e totale conto di tutti gli elementi, diretti ed indiretti, che concorrono a formare il costo gestionale di tali centrali, si perviene normalmente alla giustificata convinzione consuntiva che tale soluzione è di fatto negativa sotto l'aspetto economico gestionale, con riferimento all'Italia settentrionale e per C.T. di sola acclimazione. A meno si tratti di Pt pari a molte decine di milioni di Cal/h e si possa quindi utilizzare a contropressione (per produzione comunque di una potenza elettrica almeno di più migliaia di kW), una sola quota parte (15 ÷ 25%) della Pt , capace come tale di assicurare realmente la quasi continuità di produzione energetica giornaliera (per ca. un centinaio di giorni/anno), in quanto tale quota parte corrisponda appunto ad una disponibilità quasi costante di potenza termica sulla quale operare il ricupero energetico (5).

La suddetta non convenienza economica ha le sue radici non solo in determinati e sostanziali motivi termotecnici, ma altresì nella vigente realtà che le pubbliche aziende produttrici di energia elettrica non concedono di norma a condizioni industriali-

mente convenienti il funzionamento, in parallelo con le loro reti, di dette centrali a ricupero: il che comporta necessità di alimentazioni di riserva ovvero di valori di « impegnati » contrattuali così gravosi da rendere di fatto proibitivo il suindicato costo gestionale complessivo, risultante da tale forma di autoproduzione.

È ovvio che la suddetta considerazione di non convenienza gestionale vale a prescindere da situazioni di effettiva eccezione, in quanto derivanti ad esempio da vantaggiose possibilità locali (private o pubbliche) di assorbimento dell'energia prodotta, o da particolari condizioni di costo e di disponibilità di combustibile: ovvero ancora da previsti fabbisogni termici tecnologici del comprensorio (oltre a quelli di acclimazione) che aumentino sensibilmente la effettiva durata annuale di una produzione energetica con carattere tendenzialmente continuativo nelle 24 ore/giorno.

Definita, come sopra indicato, la composizione tipica della C.T., il corrispondente costo specifico completo cs (=Lire per Cal/h installata) di esecuzione, in opera, della afferente C.T., risulta statisticamente variabile, di fatto, per valori di P compresi fra 50.000 e 5.000.000 Cal/h, e circa costante per valori oltre 5.000.000 ed anche sino a circa 100 milioni Cal/h. E precisamente si potrà scrivere (per la forma delle espressioni dei costi, vd. al capitolo II - Generalità):

— Per P da 50.000 a 150.000 Cal/h:

$$(19) cs \times 22 \div 18 \times \sqrt[3]{50.000/P}$$

$L/Cal/h$, per una caldaia in ghisa;

$$(20) cs = 19 \div 15 \times \sqrt[3]{50.000/P}$$

per una caldaia in acciaio;

(come ovvio, con tutte le avvertenze necessarie per ridurre al minimo tollerabile la eventualità di corrosioni acide);

— Per P da 150.000 a 500.000 Cal/h:

$$(21) cs = 13 \div 10 \times \sqrt[3]{150.000/P}$$

per una caldaia in ghisa;

$$(22) cs = 11 \div 9 \times \sqrt[3]{150.000/P}$$

per una caldaia in acciaio;

— Per P da 500.000 a 5.000.000 Cal/h:

$$(23) cs = 9 \div 7,5 \times \sqrt[3]{2.000.000/P} \text{ L/Cal/h, per una caldaia in acciaio.}$$

La espressione (23) si differenzia dalle precedenti perchè vuole tenere conto del fatto — statisticamente vigente — che per P fra 500.000 e qualche milione di Cal/h, la « classe » della C.T. di norma si eleva, in quanto la C.T. viene in corrispondenza provvista di ausiliari tecnicamente più impegnativi, specie nel campo dei controlli, degli automatismi, degli impianti di combustione e di depurazione dell'acqua.

Inoltre, a partire da circa $P=500.000$ Cal/h si ritiene di prendere in considerazione solo le caldaie in acciaio e preferibilmente a tubi d'acqua perchè queste possono, se adeguatamente costruite, realizzare anche camere di combustione di norma più ampie e razionali delle caldaie in ghisa od a tubi di fumo, e cioè carichi termici specifici più bassi e razionalmente modulabili, i quali consentono con facilità rendimenti medi stagionali più elevati nella termogenerazione complessiva di centrale: il che ci sembra doveroso per P della grandezza in oggetto. Non si escludono mai, come ovvio, casi particolari in contrasto con quanto sopra che, come ripetutamente avvisato, vuole avere valore medio statistico.

Facciamo qui ben presente che i suddetti carichi termici si riferiscono sempre alla « potenza massima continua » e che in prima approssimazione si indicano per essi i seguenti valori massimi: 300.000 Cal/h × mc camera combustione, per le caldaie a tiraggio equilibrato; 450 ÷ 500.000 per quelle pressurizzate.

Valori superiori comportano rendimenti sensibilmente influenzati dalle andature ai carichi bassi e specialmente una più rapida usura termomeccanica (e conseguenti oneri di manutenzione e di ammortamento) la quale, come noto, è circa proporzionale al quadrato del suddetto carico termico specifico.

In tutte le relazioni (19) ÷ (23) sono indicati due coefficienti numerici di costo che intendono rappresentare i due limiti estremi di

« grado qualitativo » entro cui è prevista la costruzione della C.T.: il coefficiente minore prevede comunque sempre una sufficiente « agibilità e razionalità industriale » della C.T., mentre il maggiore vuole escludere i massimi di ricercatezza e di automazione: cioè i due gradi qualitativi indicati saranno rispettivamente un *medio/max* ed un *medio/min*. Questa considerazione vale anche, mutatis mutandis, per tutte le relazioni di costo che seguiranno nel presente capitolo VIII e nel successivo studio sugli idrosanitari.

(24) Per P oltre 5 milioni e sino a 75 ÷ 100 milioni Cal/h: $cs=8 \div 7$ L/Cal/h.

(25) Per C.T. su due caldaie aventi ciascuna la potenza P , si può ammettere:

$cs=0,9 \times$ il cs indicato per una sola caldaia; e analogamente per C.T. su tre o quattro caldaie, aventi ciascuna id. id.:

$cs=0,95 \times$ il cs indicato per una sola caldaia.

Non deve stupire l'indicazione che per P elevati (oltre 5 milioni di Cal/h) e per C.T. su più unità praticamente il cs resta quasi invariato: si rammenti in merito che al crescere di P sino a valori dell'ordine di parecchi milioni di Cal/h le corrispondenti unità termogeneratrici hanno virtualmente la possibilità di assicurare rendimenti termici complessivi (di combustione e di trasmissione) sempre più elevati, i quali però si concretano in realtà solo se il complesso degli ausiliari nonchè degli automatismi e controlli di centrale hanno qualità adeguatamente proporzionata alla importanza della centrale stessa. Dal che deriva appunto un più alto costo corrispondente e quindi in definitiva un cs risultante specifico circa costante della C.T. malgrado si riduca di fatto il costo specifico dei soli termogeneratori.

A conclusione del paragrafo A) riteniamo opportuno rammentare che il costo del solo esercizio, cioè senza ammortamento ed interesse del capitale, per un qualsiasi impianto di acclimazione è per la sua quasi totalità consumato dalla centrale (C.T. e C.F.) e che in definitiva il costo annuale del solo esercizio è in media pari al 40 ÷ 60% del costo complessivo del ca-

pitale speso per l'esecuzione della centrale stessa. Pertanto è da considerarsi decisamente antieconomica la prassi di economizzare su detto costo del capitale oltre il limite di un razionale rendimento complessivo dei generatori di energia termica ed a danno di tutto quanto può assicurare una funzionalità industrialmente soddisfacente: cioè sia quanto ad oneri di manutenzione, a durata delle apparecchiature ed agli automatismi sufficienti ad assicurare in continuità non solo la sicurezza ma anche l'aderenza della produzione di energia termica al corrispondente vigente fabbisogno reale.

Senza di che le economie realizzate di capitale sono del tutto fasulle perchè assorbite dai maggiori conseguenti oneri di esercizio anche dopo pochi mesi di funzionamento.

B) Costo delle C.F.

Oltre a quanto indicato nella prima parte del precedente paragrafo A) Costo della C.T., ed a valere — come precisato — anche per le C.F., riteniamo che per queste ultime si possa ammettere in prima approssimazione:

— Per un P avente un valore compreso fra 50.000 e 150.000 F/h:

$$(26) cs = 70 \div 60 \times \sqrt[3]{50.000/P} \text{ (L per F/h installata) utilizzando 2 gruppi elettrocompressori alternativi, cioè con } Pt \text{ circa } = 2 \times P/1,5 \text{ e dunque compresa fra } 65.000 \text{ e } 200.000 \text{ F/h.}$$

— Per un P avente un valore compreso fra 150.000 e 500.000 F/h:

$$(27) cs = 53 \div 45 \times \sqrt[3]{150.000/P} \text{ utilizzando 3 gruppi elettrocompressori alternativi (in genere per i valori minori di } P) \text{ ovvero 2 elettrocentrifughi, cioè } Pt \text{ circa uguale a } 3 \times P/1,5, \text{ ovvero } 2 \times P/1,5 \text{ e dunque compresa fra } 400.000 \text{ e } 1.000.000 \text{ F/h.}$$

— Per un $P = 500.000 \div 1.500.000$ F/h:

$$(28) cs = 45 \div 37 \times \sqrt[3]{500.000/P}, \text{ utilizzando } 3 \div 2 \text{ elettrocentrifughi ovvero ad assorbimento, cioè con } Pt \text{ ca uguale a } 3 \times P/1,15, \text{ ovvero solo } 2 \times P/1,35 \text{ con i gruppi ad assorbimento in quanto questi possono essere condotti in modo da}$$

assicurare un coefficiente di riserva più elevato. Pt sarà dunque uguale a $750.000 \div 4.000.000$ F/h.

— Per un P maggiore di 1.500.000 F/h:

$$(29) cs = 37 \div 30 \text{ L/F/h, utilizzando } 3 \div 2 \text{ gruppi elettrocentrifughi o ad assorbimento, cioè con } Pt \text{ ca, uguale a (come sopra): } 3 \times P/1,15, \text{ ovvero } 2 \times P/1,35. Pt \text{ sarà dunque maggiore di } 2 \text{ milioni e } 500.000 \div 4 \text{ milioni F/h.}$$

Osserviamo in merito a quanto sopra:

— che praticamente il costo specifico della CF è indipendente dal numero delle unità installate ma solo funzione della loro potenza unitaria e del grado di automatismo e di qualità, in genere, del materiale installato: per ciò appunto anche nelle relazioni (26) ÷ (29) sono sempre indicati i due coefficienti numerici di costo « limite » di cui si è detto in A);

— che la costituzione-tipo della C.F. è supposta per completa esecuzione funzionale, in essa comprese quindi anche tutte le necessarie spese edili, elettriche, idrauliche; con torre di refrigerazione atmosferica. Senza torre e invece con impiego di acqua diretta a $15 \div 20^\circ\text{C}$, il costo si riduce di ca. il 20%. È sempre escluso il fabbricato contenitore della C.F.

C) Costo delle reti generali di distribuzione dell'energia termica.

Esse possono considerarsi costituite da tre parti distinte, in serie fra di loro: 1^a, rete di alimentazione; 2^a, rete di distribuzione; 3^a, rete di utenza.

La 1^a convoglia il transfer preparato in centrale sino al comprensorio vero e proprio cioè sino al limite territoriale delle utenze servite dalla centrale. Questa rete non ha compiti distributivi; è generalmente costituita da uno o più circuiti (andata e ritorno) di tubazioni a grande diametro (talora disposte aeree) con solo servizio di estremità: la rete dunque esiste solo se la centrale è esterna al comprensorio e da questo distante almeno qualche centinaio di metri e, di solito, caratterizzata da Pt elevati.

La 2^a riceve (e restituisce) il transfer in estremità di ciascuno dei circuiti della 1), e lo distribuisce ai centri di utenza cioè, in genere, a ciascun gruppo di fabbricati o di utenze (possibilmente omogenei termicamente).

Esempio tipico: il cosiddetto « isolato urbano ».

I centri di utenza sono di solito costituiti da sottocentrali in cui si effettuano non solo le misure di consumo, ma tutte le trasformazioni termiche ed i pompaggi di estremità per servire ciascuna unità-utenza, tramite appunto la 3^a rete.

Da quanto esiste sopra risulta dunque che la rete 1^a può mancare; che la 2^a esiste sempre nei comprensori; che la 3^a non esiste nei comprensori in cui mancano i centri di utenza, cioè quando la 2^a alimenta direttamente le singole utenze del comprensorio.

La rete di servizio all'interno di ciascun fabbricato, cioè per l'alimentazione di tutte le colonne e linee in genere, direttamente collegate ai singoli corpi trasmettenti d'ambiente, si suppone sempre e comunque facente parte dell'impianto utente di fabbricato. Così pure il costo delle (eventuali) sottocentrali di utenza si intenderà conglobato, proporzionalmente al rispettivo fabbisogno energetico, nel costo dell'impianto di fabbricato.

Per la scelta del transfer di rete generale e quindi per la valutazione economica delle caratteristiche costruttive della stessa si adottano le seguenti ipotesi di lavoro che, come sempre, poggiano direttamente su risultati consuntivi (oltrechè su considerazioni teoriche).

— Si suppone di limitare al minimo possibile (per es. ai soli attraversamenti stradali) la posa delle reti direttamente in terra (s'intende, con tutte le norme più razionali e sperimentate per consentire dilatazioni, drenaggi, coibentazioni, punti fissi, controlli sufficienti); infatti, assestamenti del terreno per motivi vari e specie se trattasi di sistemazioni con terreno « di riporto », oltre alle pressochè inevitabili imperfezioni di montaggio in opera (saldature, giunti, isolamenti, coperture, ecc.) provocano a breve o lunga scadenza delle avarie di

rete e quindi dei disfunzionamenti più o meno gravi ma sempre fastidiosi ed onerosi, specie per la gravissima difficoltà di una sollecita e sicura individuazione della località di avaria.

Sotto questo aspetto si può affermare che qualsiasi soluzione tecnica di interrimento (purchè con un minimo di razionalità) è accettabile se perfettamente realizzata: ma il controllo in fase di esecuzione di tale « perfezione » è praticamente impossibile e pertanto le soluzioni interrate costituiscono di norma un grave interrogativo.

Le soluzioni in cunicolo (specie se ispezionabile) sono senz'altro più « industriali » sotto l'aspetto dell'esercizio: ma assai più costose. La loro limitazione d'impiego consiste pertanto nel costo di esecuzione.

Si ritiene parzialmente superabile la suddetta contrapposizione: esercizio/costo d'esecuzione, ricorrendo alla posa sotto marciapiede (anche sui due lati delle strade) con pozzetti d'ispezione e per la posa dei dilatatori ed ancoraggi sulle estremità di ogni marciapiede. È ovvio che la copertura di quest'ultimo va effettuata con particolari modalità ed accorgimenti edili: deve essere inoltre tenuto adeguato conto della copresenza di altre tubazioni o cavi.

Decisamente preferibile è la soluzione aerea: purtroppo ovvi motivi estetici e di ingombro la rendono accettabile solo in pochi casi e comunque solo per la rete di alimentazione. Nei comprensori « privati » e semprechè sia di fatto possibile anche sotto l'aspetto della sicurezza di esercizio, la soluzione di passaggio negli scantinati è poi senz'altro la più economica e controllabile.

In quel che segue si suppongono osservate le predette raccomandazioni. Si includono nei costi gli oneri di scavi, reinterri, fondazioni di incastellature, ma si esclude la costruzione edile dei cunicoli nonchè delle incastellature aeree portanti; la cui entità varia assai in funzione dell'effettiva proporzione di adozione delle suindicate soluzioni.

La coibentazione delle tubazioni è all'85% con materiali e modalità adeguati ai tipi di rete.

In merito alla scelta del transfer ricordiamo che quanto più grande è l'estensione del comprensorio (e la sua distanza dalla centrale) tanto più conviene in genere ricorrere alle alte temperature: ragioni di sicurezza di esercizio (intesa anche sotto l'aspetto di elevato coefficiente di disponibilità funzionale della rete stessa per minimi interventi di manutenzione) concorrono però a far considerare come temperatura massima di distribuzione per la rete 2^a e per sola acclimazione il valore di ca. 120°C e l'impiego dell'acqua. Qualora invece il comprensorio abbia utenze che — almeno sotto l'aspetto del « peso » economico gestionale annuale — siano in prevalenza tecnologiche con esigenze di elevata temperatura, si potrà fare ricorso a vapore acqueo od a transfer speciali: in questo studio è considerato solo l'impiego dell'acqua alla temperatura massima di andata di 120° e massima di ritorno di 75°C, cioè con *dt* massimo di 45°C.

Sulle caratteristiche di trasformazione termica (e di pressione) delle sottocentrali, nonché di utilizzazione finale con il massimo *dt* possibile e relative modalità di conteggio energetico al fine dei corrispondenti addebiti, non possiamo qui intrattenerci: osserviamo invece che l'adozione delle turbopompe svincola apprezzabilmente il progettista dalla preoccupazione del costo di pompaggio anche per reti esterne con elevata velocità dell'acqua; a meno dei noti vincoli imposti dalla usura meccanica e dalla rumorosità di distribuzione, nonché dalla pressione massima ammissibile entro i corpi trasmettenti d'ambiente. Per superare quest'ultima importante limitazione ed anche per svincolare il transfer di rete da quello di utenza sono spesso raccomandabili (anche se più costosi) gli scambiatori a superficie con pompe di circolazione di utenza, comandate da quest'ultima in funzione di termostati (sull'acqua e sull'ambiente).

Nel rispetto di quanto sopra, ci risulta che mediamente il « disperdimento energetico di rete (= *dr*) » inteso come quota parte della potenza termica complessivamente richiesta dal compres-

orio » è direttamente proporzionale alla « concentrazione energetica di rete (= *cr*) » che poniamo:

$$(30) \quad cr = \frac{\text{Cal/h massime richieste dal comprensorio (= Pt)}}{\text{superficie (mq) del comprensorio}};$$

il *dr* è invece pressochè indipendente dalla temperatura del transfer (e relativo *dt*), perchè di regola ad elevati valori della stessa si accompagnano in compenso diametri specifici minori e migliori coibentazioni, per cui in definitiva il *dr* non varia sensibilmente.

Possiamo in definitiva indicare:

$$(31) \quad dr = 0,04 \div 0,05 \times Pt \times \frac{150}{cr}$$

Cal/h × comprensorio, in cui 150 è la *cr* della rete « base » (vd. in seguito) alla quale corrisponde appunto il coefficiente 0,04 ÷ 0,05.

A rigore, il *dr* dovrebbe risultare incluso preventivamente nella *Pt* anzichè esserne valutato in conseguenza: però il suo piccolo valore relativo a *Pt* giustifica l'approssimazione che si è adottata in questa sede.

In definitiva, dunque, come già accennato all'inizio del paragrafo A), nel *Pt* che figura in tutte le espressioni tecniche ed economiche indicate nel paragrafo stesso, deve intendersi sempre incluso il *dr*: cioè *Pt* = fabbisogno massimo di tutte le utenze del comprensorio + *dr*.

La (31) e la successiva (32) valgono, in linea di principio, per le sole reti 2^a e 3^a: possono essere anche accettabili per l'insieme di C (= 1+2+3^a) qualora la lunghezza sviluppata delle due tubazioni (andata e ritorno) di 1^a non superi in complesso il valore:

$$300 \times \sqrt{Pt/10.000.000} \text{ ml}$$

Entro questo limite, infatti, il costo di dette tubazioni (1 andata + 1 ritorno) si intende compreso, in prima approssimazione, nel *cs* corrispondente a 2^a + 3^a.

Il suddetto costo specifico *cs* del *Pt* (come più sopra indicato), espresso in *L* per Cal/h, è una funzione inversa di *Pt*, *cr*, *dt*; la quale, con le consuete valutazioni medie statistiche, può rappresentarsi come segue:

$$(32) \quad cs = 2,5 \div 3 \times \sqrt[3]{10.000.000/Pt} \times \frac{150}{cr} \times \sqrt[3]{15/dt} \text{ L/Cal/h}$$

Nelle (31) ÷ (32), tutte le grandezze numeriche indicate si riferiscono ad una rete base caratterizzata da una *Pt* pari a 10.000.000 Cal/h; da una *cr* = 150; *dt* = 15: in queste condizioni il coefficiente di costo vero e proprio (= 2,5 ÷ 3 *L* per Cal/h) risulta appunto il *cs* corrispondente.

Come suindicato, la presenza di una vera e propria rete 1^a ha un suo *cs* non compreso in (32): detto *cs*, nella supposizione di veicolare una *Pt* = 10.000.000 Cal/h con acqua nel *dt* 120° — 75° = 45°C, può essere di massima valutato pari a:

$$(33) \quad cs = 20.000 \times \sqrt[3]{\frac{Pt}{10.000.000}} \text{ L/ml}$$

espresso in Lire per ml di tubo del totale circuito andata e ritorno; conteggiando, come in precedenza, solo il costo delle tubazioni in opera, adeguatamente coibentate al 90% ca., con i necessari dilatatori, ancoraggi, staffaggi, valvole di estremità, opere edili ausiliarie (ma escluso il costo dell'eventuale cunicolo, ovvero dell'incastellatura/aerea portante).

Poichè l'eventualità di trasferire a distanza *Pt* anche ragguardevoli si presenta sempre più frequentemente, riteniamo opportuno dare qualche maggiore ragguaglio in merito.

Per elevate *Pt* e distanze considerevoli può essere conveniente, per la rete 1^a, adottare una temperatura (massima) di partenza più elevata di 120°: ad es. = 145°C, riducendola poi, per miscela con l'acqua di ritorno, a soli 120° all'ingresso nella rete 2^a.

Ne risulta dunque (sulla rete 1^a) un *dt* effettivo di 145° — 75° = 70°C, che eleva la portata del corrispondente termodotto, cioè della rete 1^a.

Avremo allora per le due portate termiche, ad esempio, di 17.500.000/175.000.000 Cal/h trasportate:

— portata d'acqua: 250/2.500 ton/h;

— perdita di carico complessiva: 2Kg/cmq per Km dell'intero circuito andata e ritorno, cioè 1 Kg/cmq per Km di tubazione, di cui ca. il 7% di sole perdite continue;

— corrispondente diametro (interno): 292/673 mm;

— corrispondente peso del tubo: 43/228 Kg/ml;

— corrispondente peso degli staffaggi: 4,5/23 Kg/ml;

— saracinesche (*PN* 25 ovvero *ASA* 150 — acciaio): 1/Km;

— giunti snodati (6/Km) ≡ *L* = 330 ml; *dL* ca. 650 mm. *L* è il tratto di tubazione servito da 2 snodi;

— coibentazione, varie, ecc. (come più sopra indicato).

Costi corrispondenti: 21.500/90.000 lire al ml, di cui circa la metà è costituita dal solo tubo (« nudo ») in opera.

I *cs* (32) e (33) si riferiscono a reti per acqua calda da riscaldamento: per estrapolazione è possibile ricavare gli analoghi per acqua da raffreddamento (che hanno minori requisiti afferenti alla dilatazione e in genere anche minori *dt*, ma maggiori esigenze di coibentazione): non intendiamo dare valori espliciti di tali *cs* perchè al riguardo abbiamo esperienza diretta solo per reti di utenza 3^a e non per reti urbanistiche del tipo 1^a e 2^a, le quali possono anche utilizzare transfer speciali con particolari condizioni di *dt* e di movimentazione.

D) Costo degli impianti utenti di fabbricato (con eventuali loro sottocentrali): per sola acclimazione invernale.

N.B. — Tutti gli impianti sono considerati completi in ogni loro parte (meccanica, termica, elettrica, edile) con « finiture » medie e con automatismi che rispettino le condizioni indicate nelle premesse al presente capitolo.

— Per impianto di tipo 1° e 2° [vd. (18)] con radiatori in ghisa o termoconvettori di qualità.

Per il fabbricato civile base (con *d* = 12; *r* = 8, cioè *f* = 20 Cal/h × *mc*) si può ritenere che sia

cs = 16 ÷ 20 L/Cal/h, e che valga in media per altri fabbricati:

$$(34) \quad Cs = 16 \div 20 \times f \times \sqrt[3]{200.000/V \times f} \text{ L/mc ambiente};$$

in cui *V* (= *mc* ambiente) ed *f* riguardano lo stesso fabbricato a cui si riferisce l'impianto di riscaldamento in esame.

In merito all'esponente (= 3+4) della radice che figura nell'espressione, facciamo presente (una tantum, cioè a valere per tutte le radici analoghe indicate nel seguito del presente studio) che quanto più il fabbricato considerato ha grande volume acclimato *V* e questo è conformato in modo (ad es., con soli piani-tipo) da consentire una elevata prefabbricazione realmente di serie, cioè un minimo impiego di mano d'opera per assemblaggio ed installazione, tanto più i *Cs* tendono a ridursi. La radice quarta è valida per una esecuzione impiantistica con una prefabbricazione di serie quale oggi (1967) è mediamente possibile realizzare nel caso di *V* ca. = 10.000 mc di cui i 4/5 a « piani tipo ».

Con il crescere dell'incidenza dello standard sulla costruzione è razionalmente prevedibile che l'esponente 4 della radice si abbassi progressivamente a 3,5 ed a 3: perchè il vantaggio della prefabbricazione di serie è sentito appunto in misura proporzionale al numero delle apparecchiature e soluzioni standard.

Dobbiamo pertanto lasciare alla sensibilità del progettista la scelta dell'esponente più appropriato di radice con l'indirizzo-guida suindicato.

È evidente d'altra parte che la convenienza economica di un'elevata prefabbricazione impiantistica (con afferenti costi di montaggio in opera) è legata ad un'analoga, esatta e rigorosa prefabbricazione edile: senza di che i risultati finali tecnico-economici risultano generalmente peggiori rispetto ad una esecuzione di prevalente costruzione « artigianale » in posto, perchè gli oneri di « aggiustaggio » in posto che derivano da una disarmonica prefabbricazione edile-impiantistica superano

quasi sempre i vantaggi della prefabbricazione stessa.

— Per impianti 1° e 2° ma con radiatori in acciaio e termoconvettori di tipo corrente.

Il *cs* base scende a 13 ÷ 17 L Cal/h e quindi sarà:

$$(35) \quad Cs = 13 \div 17 \times f \times \sqrt[3]{200.000/V \times f} \text{ L/mc ambiente}$$

— Per impianto tipo 5°.

Il *cs* base è assai variabile in funzione del volume medio (= *vm*) degli ambienti del fabbricato. Infatti, se *vm* è inferiore a ca. 50 mc, il *cs* è circa = 35 ÷ 40, mentre se *vm* è superiore a 100 mc il *cs* base può scendere anche sotto 20 L Cal/h.

Si può dunque indicare:

$$(36) \quad Cs = 20 \div 40 \times f \times \sqrt[3]{200.000/V \times f} \text{ L/mc ambiente},$$

con regolazioni termostatiche di ambiente (per la sola acclimazione di riscaldamento, il tipo 6° non è da prendere in considerazione).

— Per impianto tipo 3°.

$$(37) \quad Cs = 18 \div 23 \times f \times \sqrt[3]{200.000/V \times f} \text{ L/mc}$$

— Per impianto (di riscaldamento) civile tipo 4° (senza pannellatura insonorizzante o comunque particolare).

$$(38) \quad Cs = 18 \div 25 \times f \times \sqrt[3]{200.000/V \times f} \text{ L/mc}$$

Il *cs* = 18 vale per soluzioni tendenzialmente industriali.

— Per impianto civile tipo 7°.

Non è più correntemente adottato per solo riscaldamento bensì per condizionamenti particolari [vd. (18) e VIII-g].

— L'impianto tipo 8° è utilizzato solo per il condizionamento (vd. in seguito). Per il riscaldamento e la termoventilazione industriale sono utilizzati [vd. (18)] gli impianti 4°, 7°, 9°, 10°, riguardo ai quali possiamo indicare:

— Per impianto (di riscaldamento) industriale tipo 4°.

Quanto più elevata è la temperatura dell'acqua circolante nei

pannelli (da determinarsi, come noto, in funzione diretta dell'altezza dei pannelli stessi al disopra del capo degli utenti e delle previste condizioni di moto di questi ultimi), tanto minore è il cs corrispondente; come ovvio sino a particolari valori limite, funzione delle dimensioni dei singoli pannelli, delle possibilità di sospensione degli stessi alle strutture, delle caratteristiche del transfer adottato, ecc.

Mediamente si può indicare:

$$(39) \quad Cs = 250 \div 300 \times \sqrt[4]{f/28} \times \sqrt[4]{400.000/V \times 2} L/mc$$

supposto comunque sempre un ricambio massimo (n)=2 e con riferimento ad un ambiente (industriale) base di ca. $250 \times 200 \times 8 = 200.000$ mc; $d=12$; $r=16$; $f=28$.

— Per impianto industriale tipo 9°.
Senza canalizzazioni:

$$(40) \quad Cs = 200 \div 250 \times \sqrt[4]{f/28} \times \sqrt[4]{400.000/V \times 2} L/mc$$

con lo stesso ambiente base e per lo stesso n (=2) di base.

Il cs varia fra 200 e 250 L/mc in funzione diretta della potenza unitaria degli aerotermini, della loro altezza di posa e gittata orizzontale o verticale, nonché del grado di qualità dei motori (supposti direttamente accoppiati ai ventilatori), cioè: basso numero di giri (bassa rumorosità), stagni, antideflagranti, per alta temperatura; ed infine delle regolazioni termostatiche che sono qui previste per semplice arresto dei motori, con un termostato per ogni 50.000 mc.

Con canalizzazioni servite da gruppi aerotermini di testata:

$$(41) \quad Cs = 325 \div 375 \times \sqrt[4]{f/28} \times \sqrt[4]{400.000/V \times n} L/mc$$

— Per impianti industriali tipo 7° e 10°.

Come accennato in (18) le caratteristiche dell'impianto sono eminentemente dettate dalla necessità invernale ed estiva di ricambio (e cioè da n ed n' , in genere superiori a 2, causa la produzione di inquinanti e di calore endogeno) rispettivamente per l'esercizio invernale e per quello estivo.

Con riferimento « base » allo stesso fabbricato di cui sopra e per $n=n'=2$, per un impianto con centraline e relative canalizzazioni centralizzate possiamo ammettere che sia $cs=450 \div 550$ L/mc, e in definitiva per un fabbricato qualsiasi:

$$(42) \quad Cs = 450 \div 550 \times \sqrt[4]{f/28} \times \sqrt[4]{400.000/V \times n'} L/mc,$$

nella supposizione di non effettuare alcun raffreddamento di n' , anche per sola polverizzazione d'acqua potabile.

I valori dei cs sono in funzione del numero delle centraline (e conseguenti dimensioni ed ubicazione del collettore principale, a parità di portata $V \times n'$), del passo delle canalizzazioni distributrici, numero e caratteristiche dei captatori, serrande, bocchette; velocità dell'aria nelle canalizzazioni; esistenza e tipi di filtri, di sistemi di insonorizzazione, di regolazione e controlli automatici.

D) Costo degli impianti utenti di fabbricato (con eventuali loro sottocentrali): per acclimazione invernale ed estiva (« condizionamento »).

Per le latitudini considerate ($38^\circ \div 55^\circ$: cap. VI) ed a maggior ragione per quelle inferiori ai 38° (Palermo) l'esercizio estivo, quando richiesto, è in genere più impegnativo di quello invernale. Pertanto l'impianto utente di acclimazione è di norma proporzionato per il funzionamento estivo ed il costo corrispondente totale sarà costituito dai singoli Cs relativi a: CT + eventuale distribuzione $C + CF$ + impianto utente di condizionamento. In merito a quest'ultimo avremo:

— Per impianto (di condizionamento civile) tipo 5°.

È conformato da: a) rete tubi idrici e convettori + b) centraline (eventualmente zonizzate e) regolate, con canalizzazioni per l'aria di ricambio e di evacuazione. Sarà:

$$(43) \quad Cs(a) = 40 \div 60 \times f' \times \sqrt[4]{150.000/V \times f'} \times \sqrt{75vm} L/mc,$$

in cui 150.000 è il $V \times f'$ di base, derivante anche da un ricambio naturale n' previsto pari a 0,8, e

cioè in totale $f'=2,5 (d') + 7,5 (d'') + 5 (r') = 15$ Cal/mc $\times h$. Per vm vd. D — impianto 5°.

I due valori limiti ($40 \div 60$) indicati per il cs derivano dalle consuete considerazioni di « grado qualitativo » dell'impianto; di regolazione automatica; di numero di tubi (2; 3; 4) cioè di elasticità di prestazioni calde/fredde.

$$(44) \quad Cs(b) = 450 \div 600 \times n' \times \sqrt[4]{20.000/V \times n'} \times \sqrt[4]{75/vm} L/mc,$$

in cui 20.000 è il $V \times n'$ di base, supposto $n'=2$.

Il valore di cs ($450 \div 600$), sia pure a parità di n' , è assai influenzato dalla forma geometrica di V (=prevalenza o non di distribuzioni verticali — normalmente più economiche perchè di maggior sezione — sulle orizzontali); dalla capillarità delle canalizzazioni di ripresa ed evacuazione; dal tipo di regolazione (comunque supposta al più « zonale » e non « modulare », trattandosi d'aria di ricambio a temperatura di norma neutra) e del grado di qualità delle distribuzioni terminali d'ambiente (anemostati e loro dimensioni; perforati; afonicità).

— Per impianto (civile) tipo 6°.

È conformato come il 5°, cioè da a) + b). In questo caso però a) e b) sono funzionalmente inscindibili e le canalizzazioni sono di minori sezioni ma più impegnative (perchè per pressione più elevata). Per quanto sia un tipo di impianto attualmente poco utilizzato e di cui non abbiamo pertanto dati aggiornatissimi, possiamo ammettere che sia:

$$(45) \quad Cs(a) = \text{come il (43), con } cs=40 \div 50;$$

$$(46) \quad Cs(b) = \text{come il (44), con } cs=500 \div 750.$$

— Per impianto (civile) tipo 7° (con anemostati).

È costituito solo dall'impianto b).

$$(47) \quad Cs(b) = 600 \div 750 \times \sqrt[4]{150.000/V \times f'} \times \sqrt[4]{20.000/V \times n'} \times \sqrt[4]{75/vm} L/mc$$

— Per impianto (civile) tipo 8° (con cassette miscelatrici termostatiche).

È costituito solo dall'impianto b), che è in questo caso particolarmente impegnativo:

$$(48) \quad Cs(b) = 1.200 \div 1.500 \times \sqrt[4]{20.000/V \times n'} \times \sqrt[4]{75/vm} L/mc$$

— Per impianto industriale tipo 10°.

Consente un raffrescamento industrialmente soddisfacente (semprechè il grado igrometrico dell'aria lo consenta), polverizzando adeguatamente acqua potabile

[vd. anche (13)]: la temperatura di questa non è di fatto determinante, anche se, come ovvio, è preferibile sia la più bassa possibile.

(N.B. — L'impianto industriale tipo 9° non è qui considerato fra quelli atti al raffrescamento estivo: può essere parzialmente adattato installando polverizzatori di acqua locali).

Sarà mediamente per il tipo 10° in oggetto:

$$(49) \quad Cs = 600 \div 650 \times \sqrt[4]{f'/28} \times \sqrt[4]{400.000/V \times n'} L/mc$$

La (49) è del tutto analoga alla (42) con la sostituzione dell'affe-

rente cs ($= 450 \div 550 + 150 \div 100$ per l'acqua polverizzata), e dell' f' al f : in merito a quest'ultimo si fa presente che se f' fosse inferiore ad f si dovrà mantenere il valore di f anche nella (49) perchè l'impianto deve servire sia per l'inverno che per l'estate.

Si ripete che specie nel campo del condizionamento industriale ha particolare importanza l'estrazione dell'aria viziata, il cui costo qui non è considerato perchè estremamente variabile con la tecnologia ed anche con riferimento alla corrente necessità di effettuare pretrattamenti disinquinanti o depolverizzanti all'aria estratta, prima della sua evacuazione nell'atmosfera esterna.

Aurelio Vaccaneo

Il costo degli impianti tecnici fissi idro-sanitari

AURELIO VACCANEO si propone, con criteri analoghi a quelli seguiti per gli impianti tecnici fissi di acclimazione, di analizzare i principali parametri che determinano le caratteristiche nonché i costi di esecuzione, di esercizio e gestionali degli impianti idro-sanitari e che, come tali, possono indirizzare ad una razionale scelta tipologica.

I) Generalità.

Le espressioni di costo che figurano nella presente relazione sono formulate in modo da mantenere separate le caratteristiche costitutive, e come tali costanti nel tempo, da quelle economiche e quindi variabili.

Quanto sopra è stato concretato esponendo i costi con rapporti (espliciti ed impliciti) il cui numeratore è il coefficiente economico ed il denominatore la unità di riferimento tecnica in corrispondenza adottata; quest'ultima è rappresentata di volta in volta: dal mc di ambiente, dal cosiddetto pro-capite, ed anche da una unità particolare (mc/alloggio) che è risultata assai semplificativa. Con qualsiasi unità, si differenzierà anche il grado di qualità dell'impianto.

II) Costi di esecuzione.

Ci riferiremo, come sopraddetto, a dei costi specifici, cioè riportati a delle « unità di riferimento » che consentano facili e razionali confronti pratici, sempre ai fini indicati nelle generalità.

L'unità corrente sarà il « pro-capite » per tutti i fabbricati che

risultano impostati sulla base del prevedibile numero di utenti: e cioè in pratica per tutte le attività di fabbricato indicate nella tabella 1, con la sola eccezione della attività residenziale.

Per quest'ultima, infatti, il numero degli apparecchi sanitari è dipendente assai più dalla « categoria » del fabbricato residenziale che dal numero di utenti: a sua volta, la categoria è quasi sempre in proporzione diretta del numero di mc per alloggio. Quanto più, infatti, l'alloggio è grande e tanto maggiore sarà il numero dei servizi (doppi e tripli) ed in genere anche la classe degli apparecchi.

Al fine pertanto di sintetizzare quanto sopra con un solo numero indice, riteniamo opportuno adottare il riferimento: cubatura/alloggio, la cui unità numerica è assunta pari a 250 (=CA).

Per attività non residenziali adotteremo invece o l'unità servizio (=US), ovvero l'unità pro-capitale (=PC).

È inoltre abitudine corrente indicare pure il costo medio in opera della unità-apparecchio: e per quanto non sempre razionale, da-

remo anche tale dato numerico indicandolo con il simbolo L/A .

Per qualsiasi impianto idrosanitario si dovrà sempre prendere in considerazione la « classe » degli apparecchi. Per semplicità indicheremo in merito due valori di costo: il medio-economico (=ME) ed il medio-lusso (=ML).

Con le suddette avvertenze e con riferimento sistematico alla tipologia d'attività di fabbricato, riteniamo di poter indicare i seguenti costi medi, che si riferiscono ad impianti completi in ogni loro parte, dalla sottocentrale di fabbricato alle singole utenze (con tubazioni adeguatamente isolate contro i disperdimenti e lo stillicidio), tutti oneri compresi.

In fabbricati residenziali:

- ME = 200.000 L/CA
- ML = 300.000 L/CA
- 40.000 ÷ 60.000 L/CA.

Si precisa che ogni unità servizio/CA è supposta in media costituita da: lavello a due vasche con scolapiatti; vasca da bagno; W.C.; bidè; lavabo: boiler elettrico od a gas; rubinetteria affe-

TABELLA 1

FABBRICATI (Attività tipologica)	Costo US/ME	Costi in L./anno			Costo US/ML	Costi in L./anno		
		ammortam.	manuten.	Totale		ammortam.	manuten.	Totale
a) Residenziali	200.000	13.500	6.500	20.000	300.000	20.000	9.000	29.000
b) Ospitalieri								
US/1 camera	200.000	13.500	6.500	20.000	300.000	20.000	9.000	29.000
US/5 camere	400.000	27.000	13.000	40.000	600.000	40.000	18.000	58.000
c) Ristorante	350 ÷ 400.000	30.000	15.000	45.000	525 ÷ 675.000	42.000	20.000	62.000
d) Ospedalieri								
US/1 camera pensionanti	200.000	13.500	6.500	20.000	300.000	20.000	9.000	29.000
US/per corsia (ogni 10 letti)	100.000	7.000	3.500	10.500	140.000	9.500	4.500	14.000
e) Attività intellettuale								
US/100 utenti	1.000.000	67.500	32.500	100.000	1.500.000	95.000	40.000	135.000
US/200 utenti	1.500.000	100.000	50.000	150.000	2.200.000	140.000	60.000	200.000
f) Ricreazione, culto, commercio								
teatri { US/ 500 persone	1.000.000	67.500	32.500	100.000	1.500.000	95.000	40.000	135.000
US/1000 persone	1.500.000	100.000	50.000	150.000	2.200.000	140.000	60.000	200.000
cinema { US/ 500 persone	330.000	22.000	11.000	33.000	480.000	33.000	14.000	47.000
US/2000 persone	1.000.000	67.500	32.500	100.000	1.500.000	95.000	40.000	135.000
g) Attività di trasporto in media come per b), con notevoli variazioni da caso a caso.								
h) Attività industriali US/500 operai	8.500.000	580.000	275.000	855.000	10.500.000	700.000	300.000	1.000.000

Per la compilazione della tabella si è tenuto separatamente conto delle singole incendenze sul valore totale e sulla quantità dei materiali impiegati. E cioè:

- 1) Incidenza degli apparecchi sanitari, boiler escluso
- 2) Incidenza della rubinetteria + boiler
- 3) Incidenza della rete di distribuzione acqua F e C, in tubo zincato
- 4) Incidenza della rete scarichi in tubazione di piombo e dei sifoni in piombo

5) Incidenza della mano d'opera nell'esecuzione delle diverse parti di impianto

6) Qualità dei materiali costituenti gli impianti (ME; ML). Per la valutazione degli interessi, qui non conteggiati, valgono gli importi di costo indicati in corrispondenza, con il tasso che si ritiene adeguato (7 ÷ 10 %).

La razionale utilizzazione dei dati numerici surriportati (tutti su basi consuntive) consente di determinare l'entità dei costi gestionali in oggetto: sempre, si intende, con il grado di approssimazione statistica indicato nel capitolo II: Generalità.

Negli alloggi con più unità servizio (cioè con cubatura 2 ÷ 4 volte la CA) può mancare qualche apparecchio: il quale d'altra parte, e in genere, sarà di dimensioni (o di classe) maggiore ovvero sostituito da altro apparecchio, nei restanti servizi dello stesso alloggio. Vale cioè in genere la norma del servizio con numero standard medio di apparecchi per ciascuna unità CA. La qualità degli apparecchi e della rubinetteria varierà invece entro i limiti di costo ME ÷ ML: nel caso ad es. di tre servizi/alloggio, due potranno avere la qualità ML ed il terzo quella ME.

In fabbricati per l'ospitalità.

Si suppone che qualsiasi camera d'albergo (1 o 2 letti) sia dotata di una unità servizio (= bagno o doccia; W.C.; bidè; lavabo) con acque fredda e calda prodotta centralmente.

Quest'ultima incide economicamente all'incirca come un boiler elettrico, od a gas, per ciascuna US, cioè « conta » come un apparecchio in più.

La stessa considerazione vale all'incirca per tutti gli impianti centrali di produzione e distribuzione di acqua calda, e cioè anche per i fabbricati che seguono: come ovvio con il costo unitario L/A indicato per ciascuna tipologia.

In relazione alle diverse categorie di albergo esisteranno poi, come sempre, le differenze ME ÷ ML. Non si considera direttamente la tipologia: ospitaliera di transito; id. di stagione; id. di permanenza; perchè rientra di fatto nelle differenze ME ÷ ML.

Potremo allora indicare:

ME = 200.000 L/US; 40.000 L/A

ML = 300.000 L/US; 60.000 L/A

Con riferimento agli alberghi-pensione diamo i seguenti costi, a valere per 1 servizio completo per 5 camere a 2 letti (costituito da: bagno o doccia; W.C., bidè, lavabo, acqua calda centrale), più 1 lavabo per camera:

ME = 400.000 L/5 camere; 40.000 L/A

ML = 600.000 L/5 camere; 60.000 L/A.

In fabbricati per ristoranti.

La US è qui = 2 ÷ 3 lavabi; W.C. (1 donna + 1 uomo); orinatoio (2 ÷ 3); produzione acqua calda.

I costi saranno:

ME = 350.000 ÷ 450.000 L/US;
50.000 L/A

ML = 525.000 ÷ 675.000 L/US;
75.000 L/A.

In fabbricati ospedalieri.

La US è supposta la stessa di quella ospitaliera, nelle due soluzioni: per 1 camera; per 5 camere. Pertanto i costi ME ÷ ML ed L/A sono gli stessi.

Per idrosanitari di corsia si può ammettere che sia in media:

ME = 25.000 L/PC;

ML = 35.000 L/PC.

con una US per 10 degenti, costituita da: 1 W.C. + 1 orinatoio + 1 bagno + 1 lavabo.

In fabbricati per attività intellettuali.

Ci riferiamo a fabbricati (palazzi uffici con prevalente attività tecnica; ovvero amministrativa; ovvero scuole), considerati ciascuno con 50/100/200 utenti ed aventi una delle due seguenti composizioni medie:

a) 80 % uomini + 20 % donne

b) 50 % uomini + 50 % donne.

Nel caso a) la US avrà rispettivamente le seguenti composizioni: W.C. = 4-5-9; orinatoio: 2-3-4; lavabi: 6-8-10; bidè: 1-1-2; fontanelle: 2-2-3 (osserviamo che oggi queste tendenzialmente sono sostituite dai distributori di bevande preparate). Il corrispondente costo per apparecchio potrà essere valutato:

ME = 55.000-55.000-50.000 L/A

ML = 80.000-80.000-75.000 L/A.

Nel caso b) la US avrà rispettivamente le seguenti composizioni: W.C. = 5-7-10; orinatoio: 2-2-3; lavabi: 6-8-10; bidè: 2-2-3; fontanelle: 2-2-3.

In fabbricati per la ricreazione, il culto, il commercio.

Per attività di ricreazione (teatri) con utilizzazione dei servizi prevista solo durante gli intervalli di attività:

US per 500 persone = 20 apparecchi (= 7 W.C. + 5 orinatoio + 5 lavabi + 3 fontanelle): ME = 50.000 L/A; ML = 75.000 L/A.

US per 1000 persone = 30 apparecchi (= 10 W.C. + 9 orinatoio + 6 lavabi + 5 fontanelle): ME = 50 ÷ 45.000 L/A; ML = 75 ÷ 70.000 L/A.

Le fontanelle tendono a ridursi con la presenza dei bar.

Per attività di ricreazione (cinematografi) con utilizzazione dei servizi prevista in continuità:

US per 500 persone = 6 apparecchi (÷ 2 W.C. + 2 orinatoio + 2 lavabi): ME = 55.000 L/A; ML = 80.000 L/A.

US per 2000 persone = 20 apparecchi (= 8 W.C. + 8 orinatoio + 4 lavabi): ME = 50.000 L/A; ML = 75.000 L/A.

Per attività di culto le US sono ca. 1/3 delle suindicate, a parità di persone.

Per attività di commercio (grandi empori di vendita) è preferibile anziché al numero degli utenti riferirsi alla cubatura ambiente V. Con questo riferimento, si può ammettere che per V = 3000 ÷ 6000 mc si richiedano:

US per gli acquirenti = 2 W.C. + 2 lavabi + 1 orinatoio.

US per il personale addetto alla vendita = 4 W.C. + 4 lavabi + 2 orinatoio + 1 doccia.

In corrispondenza avremo:

ME = 50.000 L/A; ML = 75.000 L/A.

Per V da 1000 a 3000 mc si potrà adottare una sola US pari a: 2 W.C. + 2 lavabi + 1 orinatoio con all'incirca gli stessi valori di ME ed ML. Per V multipli di 6000 mc si adotteranno uguali multipli numerici per gli US validi con V = 3000 ÷ 6000. I costi ME ed ML si ridurranno di ca. il 5 % per ogni unità US in più di 1.

In ambienti adibiti a trasporto.

Se trattasi di navi passeggeri si adotteranno le stesse US previste per i fabbricati per l'ospitalità. Per gli ambienti in questione, tecnica e costi sono però del tutto particolari e non riteniamo di entrare qui nel dettaglio corrispondente.

In fabbricati per attività industriali.

Si fa riferimento diretto ad officine meccaniche: per fonderie, fucine ed attività caratterizzate da tecnologie particolarmente insudicanti, il numero indicato per le docce deve essere maggiorato in corrispondenza (dal 50 al 100 %).

Il costo degli apparecchi è in pratica linearmente proporzionale al numero degli utenti e cioè delle US: si può ammettere che detto costo si riduca di ca. il 1,5 % per ogni US in più di uno, sempre che, come ovvio, l'impianto sia effettuato da una sola ditta impiantista.

La US per 500 operai è la seguente:

17 lavabi circolari a 6 posti; 20 orinatoio; 14 turche; 20 docce;

20 fontanelle; 10 scaldavivande da 50 posti + 1 raffreddavivande; 4 vuotatoi.

I costi per apparecchio in questo caso non si riferiscono più all'economico od al lusso, bensì alla cosiddetta « robustezza industriale », che sarà media (= ME) ovvero massima (= ML). E cioè: ME = 100.000 L/A; ML = 125.000 L/A.

III) Costi di esercizio e gestionali.

Elementi fondamentali sono:

A) I consumi in mc/US di acqua fredda e calda, medi giornalieri.

B) Il costo, per mc, dell'acqua fredda e calda; in funzione quest'ultimo dell'energia di riscaldamento impiegata: es. gas cittadino da 4.000 Cal/mc di potere calorifico inferiore; energia elettrica; nafta bruciata in caldaia. Detti costi sono assai differenti a seconda della sorgente di calore e delle modalità di esercizio del riscaldatore dell'acqua: boiler (elettrico od a gas); centrale termica di piccole, medie, grandi dimensioni. Rimandiamo in merito alle considerazioni esposte nel capitolo VI per l'esercizio delle C.T., ricordando che il costo in oggetto può variare nel rapporto da 1 a 5 ed oltre.

Riguardo alle corrispondenti centralizzazioni non v'è dubbio che esse comporterebbero i costi inferiori: semprechè però gli oneri di manutenzione (specie dei contatori), le difficoltà di esazione degli importi dovuti ed in genere l'organizzazione del servizio non risultino tali da sconsigliare la centralizzazione stessa.

Anche questa soluzione dunque va vagliata attentamente caso per caso e località per località, alla luce dei risultati consuntivi sinora conseguiti in soluzioni e circostanze analoghe.

Il prodotto A × B darà il costo di esercizio per la tipologia corrispondente, medio giornaliero e per US.

C) Per il costo gestionale occorrerà conoscere anche i corri-

spondenti oneri annuali di ammortamento più interesse per ciascuna US, cioè in primo luogo la durata di ammortamento corrispondente. Si dovranno inoltre valutare gli oneri annuali di manutenzione, medi nel periodo di ammortamento.

Nel seguente paragrafo sono indicati i consumi per tipologia di fabbricato. Nella tabella 1 sono riportati, in L/anno, i costi di ammortamento più manutenzione C), sempre con riferimento a ciascuna delle tipologie di fabbricati che abbiamo considerato.

IV) Consumi di acqua fredda e calda, medi giornalieri in mc, per ciascuna US corrispondente.

Fabbricati residenziali.

Si suppone che l'US serva mediamente 3 persone con un consumo medio giornaliero per persona = 150 lt di acqua, dei quali 110 di acqua fredda e 40 di acqua miscelata (si intende sempre alla temperatura di circa 40°).

Il consumo medio giornaliero per US sarà quindi:

$$\begin{aligned} \text{lt } 110 \times 3 &= \text{lt } 330 \text{ di acqua fredda} \\ \times \text{ » } 40 \times 3 &= \text{ » } 120 \text{ » » miscelata} \\ &= \text{lt } 450 \end{aligned}$$

Fabbricati per l'ospitalità.

Si suppone che l'US serva mediamente 1,5 persone (1 o 2) con un consumo medio giornaliero per persona = 200 lt di acqua, dei quali 100 di acqua fredda e 100 di miscelata.

Il consumo medio giornaliero per US sarà quindi:

$$\begin{aligned} \text{lt } 100 \times 1,5 &= \text{lt } 150 \text{ di acqua fredda} \\ \times \text{ » } 100 \times 1,5 &= \text{ » } 150 \text{ » » miscelata} \\ &= \text{lt } 300 \end{aligned}$$

Fabbricati per ristoranti.

Si suppone che l'US serva mediamente 200 persone/giorno con un consumo medio giornaliero per persona = 10 lt di acqua dei quali 8 di acqua fredda e 2 di miscelata.

Il consumo medio giornaliero per US sarà quindi:

$$\begin{aligned} \text{lt } 8 \times 200 &= \text{lt } 1.600 \text{ di acqua fredda} \\ \times \text{ » } 2 \times 200 &= \text{ » } 400 \text{ » » miscelata} \\ &= \text{lt } 2.000 \end{aligned}$$

Fabbricati ospedalieri.

Per camere « pensionanti » la utilizzazione dell'US (specie ad opera dei visitatori e degli assistenti ai degenti) è praticamente equivalente a quella dell'US ospitaliero.

Per le corsie, tenendo presente che si prevede un solo US ed essendo il consumo medio giornaliero per persona ca. pari a 25 lt, si potrà considerare un consumo medio giornaliero per US = lt 250, dei quali 200 di acqua fredda e 50 di acqua miscelata.

Fabbricati per attività intellettuale.

Qualunque sia la composizione dell'US: sia di tipo « a » che di tipo « b », e sempre che gli orinatoi non siano a lavaggi continuo, il consumo medio giornaliero per persona si può considerare pari a lt 50.

7 WC	x 3 usi = 21 usi x 12 lt/uso ca. = lt 250 ca.
5 orinatoi	x 15 usi = 75 usi x 5 lt/uso ca. = lt 375 ca.
5 lavabi	x 15 usi = 75 usi x 1 lt/uso ca. = lt 75 ca.
3 fontanelle (ciascuna trascurabile)	

Consumo totale US = lt 700 ca./giorno di sola acqua fredda

US per 1.000 persone.

Quantunque il numero degli apparecchi non sia direttamente proporzionale a quello dell'US per 500 persone, il consumo può considerarsi praticamente doppio e cioè = lt 1.400 ca/giorno di sola acqua fredda.

Cinematografi.

US per 500 ovvero per 2.000 persone.

Il consumo (anche se il numero degli apparecchi è inferiore a quello delle US per teatri poichè la utilizzazione degli stessi è prevista in continuità) si può ritenere direttamente proporzionale a quello previsto per l'US/teatro e cioè:

US per 500 persone = ca. lt. 700 giorno di tutta acqua fredda.

US per 2000 persone = ca. lt. 2800 giorno di tutta acqua fredda.

Il consumo medio giornaliero/US: per 50, ovvero 100, ovvero 200 persone, sarà quindi:

per 50 persone	= lt 2.500/giorno
» 100 »	= » 5.000/ »
» 200 »	= » 10.000/ »

di sola acqua fredda.

Qualora l'US fosse servita anche di acqua miscelata, il consumo di questa si può ritenere sia ca. = al 10 % del totale.

Fabbricati per la ricreazione, il culto, il commercio.

Teatri.

US per 500 persone.

Si prevede l'utilizzazione contemporanea dell'intera US per un periodo di 15' (nell'intervallo). La utilizzazione degli apparecchi costituenti l'US è prevista come segue:

Attività di commercio.

con l'US per acquirenti: da 2.000 a 2.500 lt/giorno (fredda) con l'US per personale: (da 60 a 80 lt/persona giorno e cioè):

da 2.500 a 3.000 lt/giorno fredda	
da 250 a 500 lt/giorno miscelata 40°C	
2.750 a 3.500	

Ambienti adibiti a trasporto.

All'incirca come per i fabbricati per l'ospitalità (sempre con riferimento ad ogni US).

Fabbricati per attività industriali: officine meccaniche.

US per 500 operai.

Il consumo medio giornaliero si può considerare pari a:

120 lt/persona dei quali 100 fredda + 20 miscelata; e quindi:

lt 100 x 500 = lt 50.000 di acqua fredda	
lt 20 x 500 = lt 10.000 di acqua miscelata	
lt 60.000	

Aurelio Vaccaneo

Il costo degli impianti tecnici fissi di illuminazione, degli ascensori e dei montacarichi

ALDO FREZET illustra le modalità per la valutazione dei costi degli impianti tecnici fissi elettrici analizzandone i vari casi tipici, sia per quanto concerne l'illuminazione, sia per le apparecchiature di sollevamento, e fornisce ampi dati dedotti da consuntivi di fabbricati di recente costruzione.

Il costo degli impianti elettrici, ed in particolare quello degli impianti di illuminazione, può variare sensibilmente da un caso all'altro a seconda dell'entità e importanza dell'opera da eseguire, del grado di finizione richiesto, dei livelli di illuminazione voluti, della qualità (tecnica ed estetica) delle apparecchiature e dei corpi illuminanti, oltre che per diversi altri motivi. Sarebbe perciò piuttosto difficile, pur riferendosi a consuntivi di vari impianti simili già realizzati, fornire delle cifre di costi unitari che potessero essere prese come base per impostare preventivi per costruzioni analoghe.

I costi che verranno indicati in seguito, desunti tutti da consuntivi di opere compiute, potranno servire tutt'al più a dare un'idea orientativa dei costi per ogni tipo di costruzione e dovranno essere debitamente adattati caso per caso e corretti dopo aver fatto gli opportuni confronti. Infatti, oltre alle condizioni citate prima, possono influire sui costi di impianto la maggiore o minore disponibilità in quel momento di manodopera specializzata sul mercato, i limiti di tempo concesso per la realizzazione, l'ubicazione della costruzione agli effetti della manodopera e della facilità di reperimento in loco dei materiali.

Gli impianti tecnici fissi di illuminazione hanno funzioni ed importanza molto diverse a seconda che si tratti di fabbricati civili (per abitazioni, negozi, uffici) oppure di fabbricati industriali (officine, magazzini, ecc.).

Per le abitazioni è ormai diffusa la tendenza, favorita dalle Società Distributrici e dagli U.T.I.F., verso gli impianti promiscui per illuminazione ed usi elettrodomestici, per cui l'impianto elettrico negli alloggi è unico ed il contratto di fornitura dell'energia considera una parte del consumo a for-

fait per illuminazione ed il restante per usi elettrodomestici.

Per gli uffici e negozi questa forma di contratto non è ammessa e quindi l'impianto luce deve essere indipendente da quello per gli altri usi (chiamato spesso impropriamente « forza »).

A maggior ragione nei fabbricati industriali, per lo stesso motivo, gli impianti di illuminazione sono sempre nettamente separati da quelli di forza motrice e sovente anche a tensione diversa.

Per le prime valutazioni di larga massima nella compilazione dei preventivi per gli impianti elettrici sia di fabbricati civili che di quelli industriali, spesso si usa dapprima conglobare il costo di tutti gli impianti elettrici (illuminazione, forza motrice, cabine di trasformazione, segnali di fine orario, ecc.), escludendo soltanto gli ascensori ed i montacarichi il cui costo può variare molto da caso a caso.

Il costo complessivo degli impianti elettrici in rapporto al costo totale dell'opera finita (compresi cioè il fabbricato e tutti gli impianti generali) è di massima valutabile, nei vari tipi di costruzione, secondo le percentuali seguenti:

2 ÷ 3%	per fabbricati di civile abitazione
8 ÷ 12%	per fabbricati ad uso uffici
12 ÷ 18%	per fabbricati industriali.

Nei valori di cui sopra sono compresi gli oneri afferenti alle cabine, ai cavi, alle linee di distribuzione, alle reti forza motrice, luce e segnalazioni, mentre sono invece esclusi i contributi di allacciamento alla Società distributtrice, la cui entità è solo in parte riferita al volume dell'utenza e dipende invece piuttosto dall'esistenza o meno, nella zona interessata, di linee elettriche con mar-

gine sufficiente per alimentare la nuova utenza.

Le percentuali citate, tradotte in valori per metro quadrato di superficie sviluppata, diventano all'incirca:

- 1.400 ÷ 2.000 lire/mq per fabbricati di abitazione
- 5.500 ÷ 8.000 lire/mq per fabbricati uffici
- 7.000 ÷ 10.000 lire/mq per fabbricati industriali.

In particolare l'illuminazione incide sui costi totali dell'impianto elettrico in misura diversa nei tre casi tipici a) b) c) considerati sopra: infatti nei fabbricati per abitazioni e per uffici singoli l'illuminazione rappresenta la maggioranza dell'utenza, per quanto con livelli ben più alti per gli uffici; invece negli stabilimenti industriali e officine, come pure nei fabbricati destinati ad uffici centralizzati, gli altri elementi (cabine di trasformazione, cavi, impianti di forza motrice, ecc.) sono prevalenti, dal punto di vista del costo, rispetto all'illuminazione.

Nell'esame del costo degli impianti di illuminazione si possono considerare separatamente tre elementi costitutivi:

- 1) la fonte di energia (quota parte della cabina di trasformazione, che generalmente serve anche per gli altri usi, oppure alimentazione diretta in bassa tensione da parte della Società distributtrice);
- 2) linee elettriche (colonne montanti, linee di distribuzione, quadri di protezione ed accensione);
- 3) corpi illuminanti.

Mentre i primi due elementi, una volta stabiliti i carichi occorrenti in funzione dei livelli luminosi voluti, sono in genere di definizione facile e quasi matematica, il terzo elemento, cioè i corpi

CARATTERISTICHE DEL FABBRICATO				ELEMENTI TECNICI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI				ELEMENTI DI COSTO COMPLESSIVO IMPIANTI ELETTRICI (IN MIGLIAIA DI LIRE)				COSTI UNITARI IMPIANTI ELETTRICI				COSTO DI ESERCIZIO LUCE L. 50 AL kWh								
TIPO DEL FABBRICATO	DESTIN.	ANNO DI COSTRUZ.	SUPERF. TOTALE m ²	POTENZA TOTALE CABINA KW A COS φ 0.9	POTENZA TOTALE LUCE KW A COS φ 0.9	NUMERO CENTRI LUCE	POTENZA SPECIF. W/m ²	LIVELLI DI ILLUMINAZ. IN LUX			COSTO IMPIANTI ELETTR. TOTALE	COSTO CABINA	COSTO LINEE DISTRIB.	COSTO DEI CORPI ILLUMIN.	FRATTE LUCE SENZA CORPO ILLUMIN. (x+y)	COSTO CORPO ILLUMIN. (z)	FRATTE LUCE CON CORPO ILLUMIN. (x+y+z)	INCIDENZA ILLUMIN. SUL. TOTALE %	ORE DI FUNZION. ANNUO	COSTO UNITARIO L. AL m ²				
								UFFICI E OFFICINA	CORRIDO E SCALE	SERVIZI														
A	CASE DI ABITAZIONE	SOLO ALLOGGI	1966	21'500	ALIMENT. IN BASSA TENSIONE (PROMISCUA)	2410 + 2400 ROSE	-	-	-	-	35'100	-	-	-	1650	1650	-	100	-	-				
B	FABBRICATO AD USO MISTO CASO 1	16% NEGOZI 15% UFFICI 70% ALLOGGI	1967	41'000 - 4600 - 1650 - 7700	ALIMENT. IN BASSA TENSIONE	830 + 960 ROSE	-	-	80	50	25'000	-	18'000	-	2'400	1650	-	69	-	-				
C	" CASO 2	25% ALLOGGI 75% UFFICI	1966	4500 - 1450 - 3350	ALIMENT. IN BASSA TENSIONE	100 - 420	8,35	280	120	80	18'300	-	6'500	3900	4100	1440	1160	2340	71,5	1500	628			
D	UFFICI CENTRALI CASO 1	SOLO UFFICI	1952 1955 1963	28'250 30'600 9'700	200+300 167 49,5	1360 2360 625	4,75 5,50 5,11	180	80	60	130'000 150'000 35'000	9'000 9'000 -	3'000 4'000 -	25'000 35'000 12'000	13'000 20'800 6'000	5100 4900 3650	1100 1280 1230	515 680 620	1615 1960 1850	32 40 51	1600	356 412 386		
E	" CASO 2	"	1956 1964	16'580	2x 200 1x 315	135	1750	7,30	250	130	80	140'000	12'000	4'000	30'000	20'000	7'650	1850	1080	2930	38,5	1500	545	
F	" CASO 3	"	1964	27'000	3x 1000	216	2300	8,00	260	120	80	230'000	32'000	8'000	40'000	30'500	8'500	1'780	1110	2890	34	1500	598	
G	QUATTIERE RESIDENZ. PER STUDENTI STRAN.	ABITAZIONI	1965	22'000	4x 160	148	1920	6,75	200	60	60	53'000	8'000	4'000	22'000	12'000	2'400	1180	542	1722	72	1000	337	
H	AULE E LABORATORI	UFFICI E SCUOLA	1965	28'000	1x 1500 1x 800	202	2156	8,10	230	80	60	40'000	20'000	5'000	30'000	20'000	4300	1400	800	2200	81	1000	405	
I	FABBRICATO INDUSTRIALE IN PROVINCIA	UFFICI OFFICINA MAGAZZINI	1965	20'500	2x 750 2x 750	183	1425	7,45	220 170 + 200 150	75	SPAZ. 88 REF. 190	129'000	34'000	7'000	21'000	13'750	6300	1365	675	2040	32	2500	935	
L	FABBR. INDUST. IN TORINO (AMPLIAMENTO DI GRANDE STABILIMENTO)	OFFICINA MAGAZZINI	1967	40'000	2x 1500 1x 400	375	2500	9,35	150 + 210 120	-	-	210'000	30'000	8'000	40'000	18'000	5200	1200	450	1650	31	2500	1170	
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

Fig. 1 - Costi impianti elettrici.

illuminanti, può far variare sensibilmente, con la sua incidenza, il costo totale dell'illuminazione.

Il primo requisito a cui deve soddisfare un corpo illuminante è quello di una elevata efficienza luminosa con adatto diagramma di distribuzione del flusso luminoso. Questo vale soprattutto per gli stabilimenti industriali, dove il tecnico è libero di fare la sua scelta secondo criteri tecnici senza particolari vincoli di ordine estetico. Per contro, quando si tratta di illuminare uffici, negozi, scuole, il tecnico deve in genere adeguarsi alle esigenze dell'architetto, dell'arredatore, degli esteti, per cui qualche volta si giunge a soluzioni di scarso rendimento (spreco con luci indirette, velari luminosi), ma in compenso piuttosto costose, sia come impianto sia come esercizio.

Nella generalità delle installazioni industriali e commerciali si adottano lampade fluorescenti nelle varie loro forme (tubi a catodo freddo, a catodo preriscaldato, instant-start, lampade a bulbo, ecc.) per il loro elevato rendimen-

to luminoso (42 ÷ 46 lumen/watt, tenuto conto delle perdite nella necessaria reattanza), mentre nelle abitazioni, fatta qualche eccezione per le cucine, bagni, ecc. e per cornici luminose, domina ancora incontrastata, malgrado il rendimento molto più basso (13 ÷ 15 lumen/watt), la lampada ad incandescenza per la sua maggior flessibilità nell'inserimento in elementi decorativi (lampadari, appliques, ecc.) oltre che per la sua colorazione calda che piace di più alle signore e crea un ambiente più intimo e raccolto.

Dopo tutte queste premesse e considerazioni varie, può essere utile esaminare la tabella n. 1 che considera dieci tipi diversi di costruzioni realizzate negli scorsi anni, di cui sono indicati la destinazione, l'anno di costruzione e le superfici sviluppate.

Le colonne da « 1 » a « 7 » riportano gli elementi tecnici che definiscono caratteristiche e qualità degli impianti elettrici, con particolare riguardo agli elementi che si riferiscono all'illuminazio-

ne. Nella colonna « 1 » la potenza installata nella cabina di trasformazione (questo dato manca per le case di abitazione, o ad uso misto, perché la cabina è fatta a cura della società distributrice); nella colonna « 2 » la parte di essa utilizzata per la luce; nelle colonne « 3 » e « 4 » il numero dei centri luce e la potenza specifica in watt/mq installata per illuminazione; infine nelle colonne « 5 », « 6 », « 7 » i livelli medi di illuminazione negli uffici o officine, nei corridoi e nei servizi.

Le colonne da « 8 » a « 12 » riportano invece i costi complessivi, espressi in migliaia di lire, dell'impianto elettrico (8), i costi della cabina (9) e della quota parte che serve per la luce (10), i costi delle linee di distribuzione e dei quadretti (11) ed i costi dei corpi illuminanti (12). La somma dei costi delle colonne « 10 », « 11 », « 12 » rappresenta il costo complessivo dell'impianto di illuminazione.

Nelle colonne da « 13 » a « 17 » sono poi ricavati i costi unitari, in lire per metro quadrato, del-

l'impianto elettrico completo comprendente cabina, forza, luce, ecc. (13), dell'impianto di illuminazione senza corpi illuminanti (14), dei corpi illuminanti (15) e totale di illuminazione (16). Nella colonna « 17 » è anche indicata la incidenza percentuale del costo dell'impianto di illuminazione rispetto al costo totale degli impianti elettrici.

Nella colonna « 19 » infine è valutata la spesa unitaria annua di esercizio dell'illuminazione, supposto in 50 lire il costo del kWh per uso luce (imposte comprese) ed in base alle ore annue di accensione previste nella colonna « 18 ».

Per i fabbricati d'abitazione e per uso misto (righe A, B, C), nei quali la cabina è di proprietà della società distributrice ed i corpi illuminanti sono a cura degli inquilini, molti dati vengono a mancare; sono invece significativi i dati ricavati per i palazzi destinati ad uffici centrali (righe D, E, F) e soprattutto quelli per fabbricati industriali, sia in provincia (riga I) sia in grande città (riga L). Le righe G e H invece si riferiscono all'adattamento a quartiere residenziale e ad aule e laboratori di padiglioni precedentemente costruiti per esposizioni.

I costi citati nella tabella sono tutti riportati al periodo 1965 ÷ 1966 al fine di renderli omogenei e quindi confrontabili fra loro.

L'interpretazione dei dati della tabella dovrebbe essere abbastanza facile senza ulteriori spiegazioni. Si può tutt'al più richiamare l'attenzione sulla colonna « 14 » che dà il costo unitario degli impianti di illuminazione senza corpi illuminanti, il cui costo varia secondo il lusso voluto. Il costo unitario di 1650 lire/mq per le case di abitazione si riferisce, come già osservato in principio, all'impianto promiscuo, comprendente anche gli usi elettrodomestici: si nota infatti che, aumentando la percentuale degli uffici rispetto agli alloggi, il costo unitario diminuisce perché le prese per gli elettrodomestici non gravano più sull'impianto di illuminazione.

Le differenze poi di costi unitari che si notano da un caso all'altro di quelli considerati dipen-

dono essenzialmente dai livelli luminosi voluti, dall'incidenza del costo della cabina, dalla maggiore o minore suddivisione dei centri luminosi (corpi illuminanti a uno, a due o più tubi fluorescenti) e soprattutto dall'entità del fabbricato.

Venendo a parlare ora degli ascensori, i costi variano a seconda della eleganza (rivestimenti normali delle cabine oppure metallici o in laminati plastici) e della comodità e praticità del servizio che si vuole offrire agli utenti (porte a mano o semiautomatiche o automatiche) ed in particolare della celerità del trasporto (portata delle cabine e velocità di marcia) da valutare in base ai massimi tempi di attesa che si possono accettare durante l'affollamento, sia in salita che in discesa.

Mentre per le case di abitazione, pur verificandosi qualche periodo di maggior traffico, il problema è meno sentito, devono invece essere analizzati con cura i tempi di attesa per i fabbricati adibiti a grandi complessi di uffici in cui l'attesa di un minuto primo o poco più è già troppo elevata (negli Stati Uniti d'America 20 secondi sono già considerati inaccettabili). Per questi impianti, oltre ad adottare velocità di marcia superiori a quelle delle case di abitazione (1,50 ÷ 2 m/sec, contro 0,50 ÷ 0,75 m/sec), si ricorre sempre sia a porte completamente automatiche sia a sistemi di manovra « selettiva-collettiva » che servono gli utenti dei vari piani secondo la progressione del senso di marcia della cabina e non secondo la successione delle chiamate nel tempo.

Per quanto concerne i costi e la continuità di esercizio, si nota che per le case di abitazione i maggiori costi unitari si hanno quando un solo impianto serve una scala di 5 ÷ 6 piani, con due soli alloggi per piano: in questo caso il costo di 1,8 milioni dell'impianto, ripartito su dieci alloggi, porta ad un'incidenza di 180.000 lire per alloggio e, per alloggi di 70 ÷ 75 metri quadrati, il costo unitario per metro quadrato sarebbe di 2400 ÷ 2600 lire. D'altra parte le case di dieci pia-

ni con un solo ascensore e due alloggi per piano hanno, è vero, costi unitari di ascensore molto più bassi, dell'ordine di 1200 ÷ 1300 lire/mq, ma sono piuttosto mal servite, oltre che per i lunghi tempi di attesa, perché un'avaria all'ascensore, od anche un'interruzione della corrente elettrica, obbliga gli inquilini degli ultimi piani a percorsi di scale non per tutti accettabili. Per quanto possibile sono da preferire fabbricati che consentano di servire almeno quattro alloggi per piano con due ascensori. Per le scale con ascensore unico è consigliabile, non tanto per ragioni di prestigio o eleganza, l'adozione di portata automatica di cabina e di porte con chiusura a molla ai piani: con un limitato maggior costo si evita infatti il grave disturbo dello sbattimento delle porte e soprattutto si impedisce che una trascuratezza nel richiudere le porte immobilizzi l'impianto.

Nei fabbricati per uffici centrali i costi degli elevatori salgono sensibilmente perché l'affollamento concentrato nelle ore di entrata e uscita del personale richiede un maggior numero di impianti con cabine di grande portata, alte velocità di marcia ed elevate accelerazioni e decelerazioni; in questi casi è conveniente ricorrere alla corrente continua, con sistemi di manovra « selettiva-collettiva » (in qualche caso anche « a programma »), commutabili in « manovra con accompagnatore ». I costi unitari sono naturalmente molto maggiori di quelli per le abitazioni, dell'ordine di 4000 ÷ 5000 lire/mq e tanto più crescono ancora quanto più è alto il fabbricato e quanto minori si vuole che siano i tempi di attesa.

La tabella n. 2 considera gli elevatori degli stessi fabbricati esaminati nella tabella n. 1 per gli impianti di illuminazione, con esclusione naturalmente di quelli che, avendo un solo piano di lavoro, non necessitano di impianti di elevatori.

Come caratteristiche tecniche, per ciascun fabbricato sono indicati nelle colonne « 1 », « 2 » e « 3 » il numero degli elevatori, il numero dei piani serviti e la portata di persone di ogni cabina. Dividendo il costo totale degli

CARATTERISTICHE DEL FABBRICATO				CARATTERISTICHE TECNICHE			ELEMENTI DI COSTO		
TIPO DEL FABBRICATO	DESTINAZIONE	ANNO DI COSTRUZIONE	SUPERFICIE TOTALE	NUMERO ELEVATORI	PIANI SERVITI	PORTATA PERSONE	COMPLESSIVO L.	UNITARIO L. AL M ²	
A	CASE DI ABITAZIONE	SOLO ALLOGGI	1965	21.500	2 18	10 8	4 4	40.000.000	1860
B	FABBRICATO AD USO MISTO CASO 1	45% NEGOZI 45% ALLOGGI 70% UFFICI	1967	41.000 1.450 1.650 7.700	4 4 1	6 7 2	4 4 4	36.000.000	3270
C	" CASO 2	75% ALLOGGI 75% UFFICI	1966	4500 1.150 3.350	2	11	4	10.700.000	2370
D	UFFICI CENTRALI CASO 1	SOLO UFFICI	1952 1955 1962	25.250 30.600 9.700	6 6 4 5	9-10 11-12	8 8 16 4-5	120.000.000 15.000.000	2150 1540
E	" CASO 2	"	1956 1966	18.550	5 1 2	12 12 8	8 21 6	90.000.000	4.850
F	" CASO 3	"	1964	27.000	6 2	11	8 16	110.000.000	4070
G	AULE E LABORATORI	UFFICI E SCUOLA	1965	25.000	4 SCALE MOBILI	1	6000 PERSONE ALL'ORA	36.000.000	1440
					1	2	3	4	5

Fig. 2 - Costi impianti elevatori.

ascensori della colonna « 4 » per la superficie sviluppata del fabbricato, si ottiene nella colonna « 5 » il costo unitario riferito al metro quadrato. Come è facile rilevare il costo unitario, più che dal lusso desiderato, dipende essenzialmente dal numero dei piani serviti perché, quanto più questo cresce, tanto maggiore deve essere, per un buon servizio, il numero degli ascensori, la portata delle cabine e la loro velocità per cui diventa opportuno ricorrere ai sistemi di manovra « selettiva » con trazione a corrente continua per ottenere accelerazioni elevate pur senza disturbo per gli utenti.

Il fabbricato della riga G, a due piani soltanto, anziché da elevatori verticali è servito da quattro scale mobili, atte ciascuna al trasporto di 6000 persone all'ora, installate all'atto della costruzione dell'edificio, dapprima destinato a locali per esposizioni.

Penso che possa essere interessante, solo per informazione, un cenno agli elevatori di un grattacielo che verrà costruito in prossimità del porto a New-York, costituito da due torri gemelle di 110 piani, alte 445 metri: ogni torre avrà due atrii intermedi di

smistamento al 44° e 78° piano, chiamati « atrii aerei », ciascuno servito da 12 ascensori da 65 persone con velocità 8 m/sec, oltre a 72 ascensori da 27 persone a 4÷8 m/sec per il servizio locale fra gli atrii. Il costo totale degli ascensori e scale mobili (queste ultime per i piani più bassi) è di circa 22 miliardi di lire ed equivale ad un costo unitario di poco più di 10.000 lire/mq di superficie sviluppata: la popolazione fissa del grattacielo sarà di 50.000 persone oltre a circa 100.000 persone di passaggio al giorno.

Qualche parola ora sui montacarichi: questi non hanno in genere correlazione con le dimensioni dei fabbricati, ma piuttosto con la loro destinazione e perciò hanno più l'aspetto di impianti specifici; ecco qualche dato di costo in funzione della loro portata:

— Un piccolo montacarichi di portata inferiore a 25 kg, esente da collaudi ufficiali, con piano di carico a 0,80 m dal pavimento e dimensioni di cabina molto limitate, per servizio di due piani e corsa di 3÷5 metri con velocità 0,30÷0,40 m/sec, costa circa 500 mila lire, con aumento di 50.000 lire per ogni piano in più.

— Per un impianto analogo al precedente, con portata 100 kg, soggetto a collaudo dell'autorità competente e quindi con gli apparecchi di sicurezza, il costo sale a circa 750.000 lire; come si vede, pur quadruplicando la portata, il costo sale soltanto di una volta e mezza.

— Per portate superiori è consigliabile l'adozione di impianti di Categoria B, atti cioè al trasporto di cose e persone, in quanto la nuova legislazione impone in ogni caso l'applicazione degli apparecchi di sicurezza anche se l'accesso delle persone avviene soltanto durante le operazioni di carico e scarico. Un impianto per 300 kg e 4÷5 metri di corsa, senza particolari esigenze di livellamento ai piani, costa circa 1,5 milioni, comprese le necessarie porte di piano a battente od a ghiottina. Per portate maggiori (500÷1000 kg), corsa di 5÷6 metri, cabine di circa 4 mq, con due o tre servizi, il costo sale a 2÷2,3 milioni.

— Per grandi fabbricati industriali con lavorazioni meccaniche su più piani possono essere richiesti elevatori con grandi piattaforme atte a contenere automezzi o carrelli di trasporto interno: la velocità dovrà limitarsi a 0,25÷0,40 m/sec con trazione preferibilmente a corrente continua, comunque con livellamento di precisione per consentire l'entrata e uscita dei veicoli senza scosse; per 3000 kg, con cinque piani serviti, costo 8÷10 milioni; per 6000 kg, circa 15 milioni.

Un particolare tipo di montacarichi è il *montalettighe*, per ospedali e cliniche, che deve garantire un ottimo livellamento ai piani per consentire il carico senza scosse dei letti con i degenti. La portata minima dei montalettighe è di 600 kg (con area massima della cabina di 2,40 mq) ed in genere non supera i 1000 kg (area massima 2,90 mq); il costo, con cabina rivestita in laminati plastici, porte con comando a mano e per servizio di 3÷4 piani, va dai 2,5 ai 3 milioni.

Aldo Frezet

Direttore responsabile: **AUGUSTO CAVALLARI-MURAT**

Autorizzazione Tribunale di Torino, n. 41 del 19 Giugno 1948

STAMPERIA ARTISTICA NAZIONALE - TORINO