

CIDA
CONDIZIONAMENTO DELL'ARIA
RISCALDAMENTO
REFRIGERAZIONE



Impianti di climatizzazione a pompa di calore nella ristrutturazione della filiale di Alessandria dell'Istituto Bancario S. Paolo di Torino

M. Bo, M. Rapetti

1. PREMESSA

La filiale di Alessandria dell'Istituto Bancario S. Paolo di Torino, di recente inaugurata, è ubicata nella centrale P.zza Garibaldi in uno stabile d'epoca la cui costruzione risale alla fine del secolo scorso.

Nei primi mesi del 1985 l'Istituto Bancario, che già da tempo disponeva all'interno dello stesso fabbricato di una piccola succursale, dopo aver completato l'acquisto dell'intero stabile, ne programmava l'intervento di totale ristrutturazione, affidando la progettazione delle opere architettoniche e strutturali allo Studio ing. Vittorio Rangone di Alessandria, e la progettazione degli impianti tecnici allo Studio Prodim di Torino.

Grazie alla fattiva collaborazione che si realizzava tra i due studi professionali e soprattutto grazie alla preziosa opera di coordinamento svolta dai Tecnici dell'Istituto, fin dalle fasi preliminari è stato possibile sviluppare la progettazione in forma coordinata ed integrata. Ciò non solo ha consentito di analizzare e, successivamente, di adottare soluzioni impiantistiche per certi versi non tradizionali, ma più in generale ha permesso di individuare e risolvere in modo ottimale, già in sede progettuale, la quasi totalità dei problemi tecnici, anche di det-

taglio, inerenti l'inserimento dell'articolato sistema di impianti tecnici all'interno di un edificio che, per sua natura, non era stato certamente concepito per diventare sede di una attività di terziario avanzato, com'è appunto una filiale bancaria.

In altre parole, contrariamente alla tendenza oggi troppo spesso consolidata di eseguire i progetti di ristrutturazione in forma sommaria, individuando cioè solamente le caratteristiche essenziali delle opere, e lasciando pertanto la soluzione della maggior parte dei problemi realizzativi alle scelte ed alle decisioni da prendere nel corso dei lavori, nel caso specifico è stato possibile redigere progetti esecutivi sufficientemente particolareggiati, che hanno consentito una più precisa programmazione del cantiere ed una più spedita realizzazione delle opere, limitando nel contempo il numero e l'entità delle varianti al progetto originale.

Espletate le procedure di appalto, i lavori venivano assegnati nel luglio del 1986 per essere ultimati, dopo due anni, nel luglio del 1988.

2. IL SISTEMA EDILIZIO DI RIFERIMENTO

L'edificio, illustrato nella figura 1, si compone di un piano interrato e di quattro piani fuori terra ed occupa un volume complessivo pari a circa 20.000 m³.

Visto in pianta esso ha una forma di "C" rovesciata,

Dott. ing. Matteo Bo, dott. ing. Massimo Rapetti, Studio Prodim, Torino



FIGURA 1
Vista generale dell'edificio

al cui interno, prima della ristrutturazione, era inserito un piccolo cortile chiuso. L'intervento di ristrutturazione più significativo è consistito nella realizzazione di nuove volumetrie al piano terreno e primo interrato, costruite nell'area prima occupata dal cortile interno anzidetto. Al piano interrato la nuova area coperta è adibita ad autorimessa, al piano terreno a salone del pubblico, che in questo modo viene ad occupare l'intera area disponibile in planimetria.

Per le restanti zone, l'intervento di ristrutturazione edile, pur nei vincoli imposti dalla struttura muraria esistente, ha curato per quanto possibile la ridistribuzione e riorganizzazione degli spazi e la razionalizzazione dei percorsi, e ha soprattutto introdotto, a livello di componentistica, tutta una serie di accorgimenti tipici dell'edilizia terziaria quali pavimenti sopraelevati, controsoffitti, pareti attrezzate, ecc. Ciò con lo scopo di facilitare l'inserimento degli impianti tecnici e la loro futura accessibilità per manutenzione. Solo alcuni locali, che per loro natura erano caratterizzati da finiture particolarmente pregiate (palchetti in legno, affreschi, stucchi, specchi, ecc.), venivano mantenuti tali e accuratamente restaurati per ospitare gli uffici della Direzione della filiale.

Dal punto di vista energetico, grazie alle caratteristiche costruttive e planivolumetriche dell'edificio, per ricondurre il valore del coefficiente volumico di dispersione termica al di sotto di quello massimo ammissibile ai sensi della Legge 373/76 per un edificio di nuova costruzione, sono risultati sufficienti i seguenti interventi di rinforzo della coibentazione termica:

- adozione di vetri a camera;

- Isolamento termico del tetto a falda effettuato mediante posa di pannelli di fibra di vetro ad alta densità di spessore pari a 5 cm fissati all'intradosso;

- isolamento termico del solaio piano di copertura del cortile effettuato mediante posa di pannelli di fibra di vetro di spessore pari a 6 cm posti sotto l'impermeabilizzazione esterna.

3. I DATI DI PROGETTO

3.1. Condizioni ambientali interne ed esterne

Le condizioni termoigrometriche interne ed esterne di progetto e le relative tolleranze assunte a base dei calcoli sono le seguenti:

- condizioni termoigrometriche interne:

inverno: $t = 20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$; U.R. = $45\% \pm 5\%$

estate: $t = 26^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$; U.R. = $55\% \pm 5\%$

- condizioni termoigrometriche esterne:

inverno: $t = -8^{\circ}\text{C}$; U.R. = 90%

estate: $t = 32^{\circ}\text{C}$; U.R. = 60%

3.2. Acqua di pozzo

Ai fini delle scelte impiantistiche che saranno nel seguito illustrate, riveste particolare importanza la valutazione della temperatura dell'acqua di pozzo nei mesi invernali.

Il valore limite assunto a progetto, in quanto misurato nel mese di dicembre con acqua prelevata ad una profondità di oltre 40 m, è pari a 14°C .

3.3. Carichi endogeni

L'affollamento è stato previsto variabile in funzione della destinazione d'uso dei locali e precisamente:

uffici: 1 persona ogni 6 m^2

saloni del pubblico: 1 persona ogni 4 m^2

Il carico termico endogeno determinato dalle persone risulta pertanto:

uffici:

calore sensibile: 10 W/m^2

calore latente: 12 W/m^2

saloni del pubblico:

calore sensibile: 16 W/m^2

calore latente: 13 W/m^2

Il carico termico endogeno determinato dall'illuminazione e dalle apparecchiature è stato assunto

pari ai seguenti valori:

uffici: 25 W/m²

saloni del pubblico: 35 W/m²

Il carico endogeno dovuto alle persone, all'illuminazione ed alle apparecchiature è stato previsto costante dalle ore 8 alle ore 13,30 e dalle ore 15 alle ore 17,30.

3.4. Rinnovo dell'aria ambiente

Le portate di aria esterna di ventilazione sono state assunte pari ai seguenti valori:

uffici: 34 m³/h a persona

saloni del pubblico e sale riunioni: 45 m³/h a persona

caveau e locali annessi: 3 Vol/h

archivi al piano interrato: 2 Vol/h

servizi igienici: estrazione di una portata d'aria pari ad almeno 6 Vol/ora di cui 1 Vol/ora supposto per infiltrazione dall'esterno.

Sulla scorta dei valori suddetti la portata d'aria esterna trattata ed immessa negli ambienti climatizzati è complessivamente risultata pari a 18.600 m³/h.

Nei restanti locali (atrii e scale), dove non è presente un ricambio artificiale dell'aria, è stato assunto un ricambio naturale pari a 0,5 Vol/h.

4. CARICHI TERMICI

4.1. Carichi termici massimi

Con riferimento ai dati di progetto riportati al paragrafo precedente sono stati calcolati i seguenti carichi termici massimi contemporanei dell'intero edificio:

inverno:

dispersioni termiche: 210 kW

trattamento aria di ventilazione: 270 kW

Totale: 480 kW

estate:

carichi sensibili: 120 kW

trattamento aria di ventilazione: 280 kW

Totale: 400 kW

4.2. Analisi delle variazioni del carico termico

Oltre alla valutazione del carico termico massimo di progetto sono state effettuate verifiche dell'andamento del carico termico durante i vari mesi dell'anno. Da detta verifica è emerso che la maggior parte dei locali dell'edificio presenta carichi termi-

ci che variano stagionalmente e cioè sono sempre positivi in estate e sempre negativi in inverno.

Solo i locali al piano terreno adibiti a salone del pubblico possono registrare, a causa degli elevati valori del carico endogeno e della ridotta superficie disperdente, carichi termici positivi anche durante la stagione invernale. Più precisamente si è calcolato che nelle condizioni di massimo affollamento il carico termico di tali locali diventa positivo a partire da valori della temperatura esterna superiore a +5°C.

Di ciò si è tenuto conto nella scelta delle tipologie impiantistiche dotando questi ultimi locali di sistemi di climatizzazione in grado di riscaldare o raffreddare gli ambienti in qualsiasi stagione dell'anno (sistemi con controllo climatico "a ciclo annuale").

5. I VINCOLI RICONTRATI

5.1. Vincoli architettonici

La progettazione degli impianti di climatizzazione è stata non poco influenzata da alcuni vincoli architettonici e più precisamente dalla difficoltà di reperire spazi idonei per l'ubicazione delle centrali tecniche.

In particolare se era possibile realizzare, non senza qualche difficoltà, una centrale termica sul tetto funzionante con combustibile gassoso, era di gran lunga più difficile trovare una corretta ubicazione per le torri di raffreddamento o, in alternativa, per i gruppi refrigeratori d'acqua con condensazione ad aria.

Se posti in basso sulla copertura del cortile avrebbero causato problemi di inquinamento sonoro non solo nei confronti dei locali della banca, ma anche e soprattutto nei confronti dei vicini edifici; se posti in alto sul tetto sarebbero stati visibili dalla piazza alterando il paesaggio urbano in modo certamente non trascurabile.

5.2. Vincoli realizzativi

La realizzazione delle opere è stata caratterizzata dalla necessità di effettuare i lavori mentre l'edificio continuava ad essere parzialmente occupato dalla succursale bancaria già esistente, cosicché il cantiere si è dovuto forzatamente sviluppare in due lotti successivi. Ciò ha causato non poche difficoltà per quanto riguarda la parte impiantistica poiché non solo si è reso necessario "mantenere in vita" i vecchi impianti che ancora alimentavano la zona occupata, ma si sono dovute attentamente valutare le fasi di realizzazione ed i programmi

temporali di ultimazione delle opere in modo da garantire sempre e comunque la continuità del servizio.

6. IL SISTEMA IMPIANTISTICO ADOTTATO

La progettazione degli impianti ha tenuto in massima considerazione il contenimento dei consumi energetici, cercando di adottare sistemi impiantistici che consentissero un uso dell'energia il più possibile razionale secondo le due seguenti direttrici principali:

- riduzione al minimo del fabbisogno di energia primaria;
- massimo recupero termico del calore altrimenti disperso.

La scelta delle tipologie impiantistiche è stata inoltre sviluppata tenendo ben presente fattori decisionali quali:

- vincoli architettonici esistenti;
- destinazione d'uso dei locali e risultanze dei calcoli di progetto relativi ai carichi termici in essi presenti;
- affidabilità e continuità di funzionamento dell'impianto;
- accessibilità e facilità di manutenzione.

6.1. La centrale termofrigorifera

La citata difficoltà di reperire spazi idonei per i locali tecnici e/o aree tecniche a cielo libero faceva prendere in considerazione l'opportunità di trivellare uno o più pozzi artesiani (fig. 2) e di alimentare con l'acqua di falda da essi prelevata una centrale termofrigorifera a pompa di calore in grado di soddisfare tutte le esigenze di climatizzazione dell'edificio.

Una indagine sulla reperibilità di acqua di pozzo a condizioni favorevoli, e cioè con prelievo a profondità non eccessiva da falde non di interesse dell'acquedotto comunale per gli usi potabili, metteva in luce che si sarebbe potuto contare su di una notevole portata e su di un affidabile funzionamento nel tempo.

L'adozione di tale soluzione presentava innumerevoli pregi e vantaggi;

- grazie alla reversibilità di funzionamento delle macchine frigorifere che in inverno potevano venir utilizzate per produrre acqua calda ed in estate per



FIGURA 2

La trivellazione di uno dei due pozzi di captazione acqua

produrre acqua refrigerata, non richiedeva aggravii di investimento iniziale, ma, al contrario, consentiva un certo risparmio in quanto evitava la realizzazione della centrale termica;

- risolveva tutti i problemi connessi con l'allocatione delle apparecchiature, in quanto evitava la realizzazione della centrale termica e contemporaneamente permetteva di ubicare al piano interrato, in aree poco sfruttabili per altri scopi, la maggior parte delle installazioni relative agli impianti di climatizzazione;

- consentiva la produzione contemporanea di entrambi i fluidi termovettori, acqua calda ed acqua refrigerata, durante tutto l'arco dell'anno, permettendo di effettuare, senza particolari artifici impiantistici e soprattutto "gratuitamente" i seguenti cicli: in estate il postriscaldamento dell'aria nelle centrali di trattamento aria e la produzione dell'acqua calda sanitaria, in inverno il raffreddamento dei locali a carico termico positivo;

- consentiva di ottenere durante la stagione invernale risparmi di energia primaria e di costi di gestione che, valutati con riferimento ad una soluzione impiantistica tradizionale (centrale termica a metano con rendimento medio stagionale pari a 0,85) e con riferimento ai costi del combustibile gassoso e dell'energia elettrica in vigore nel marzo del 1985, erano stimabili rispettivamente pari al 32% e al 36%.

La soluzione impiantistica adottata prevedeva quindi la produzione di tutta l'energia termica necessaria in un'unica centrale termofrigorifera costituita da due gruppi refrigeratori d'acqua predisposti per funzionamento a pompa di calore

acqua-acqua, in grado di produrre in estate ed in inverno acqua refrigerata nel salto termico 7/12°C ed acqua calda nel salto termico 40/45°C. Le due pompe di calore utilizzanti acqua di pozzo, quale fonte esterna di calore o di freddo, presentano una potenza nominale complessiva pari a 690 kW in inverno e a 550 kW in estate.

Ciascuna macchina (fig. 3) è dotata di due elettrocompressori alternativi di tipo semiermetico con relativi circuiti del refrigerante indipendenti, per cui in caso di avaria di uno dei compressori è assicurata nella stagione invernale una potenza termica pari a circa 517 kW, valore ampiamente sufficiente a soddisfare i fabbisogni termici del fabbricato.

Ciascun gruppo frigorifero presenta 4 gradini di parzializzazione. In funzionamento a pompa di calore nelle condizioni previste a progetto il COP varia da un minimo di 4,18 (con tutti e 4 i gradini inseriti) ad un massimo di 4,47 (con macchina funzionante ad un solo gradino di parzializzazione).

Lo schema di principio che illustra il funzionamento della centrale termofrigorifera è riportato nella figura 4.

Durante la stagione invernale l'acqua di pozzo viene utilizzata quale sorgente fredda in grado di riscaldare, attraverso gli scambiatori di calore a piastre (fig. 5) indicati con Sl.1 e Sl.2, l'acqua dei circuiti di evaporazione delle due macchine frigorifere, le quali funzionano pertanto come pompe di calore.

Durante la stagione estiva l'acqua di pozzo viene invece deviata sugli scambiatori di calore SE.1 e SE.2, che fanno capo ai circuiti di condensazione delle macchine frigorifere, le quali funzionano come normali refrigeratori di acqua.

La variazione del tipo di funzionamento è resa possibile per mezzo di valvole deviatrici a tre vie ad azionamento manuale poste sui circuiti idraulici in precedenza citati.

I circuiti "condensatori" ed "evaporatori" delle pompe di calore sono collegati ai rispettivi scambiatori ad acqua di pozzo, da un lato, ed ai rispettivi collettori di mandata e ritorno, dall'altro, mediante due circuiti primari in grado di assicurare una portata rigorosamente costante e quindi condizioni ottimali di scambio termico, all'interno dei condensatori e degli evaporatori medesimi.

Sul circuito primario acqua calda è stato previsto un serbatoio in pressione debitamente isolato,

(SAC di fig. 4) avente funzione di accumulo termico estivo dell'acqua calda a 45°C necessaria per effettuare i postriscaldi e la produzione dell'acqua sanitaria. Quando tale accumulo è in temperatura (45°C), un apposito termostato comanda in deviazione la valvola a tre vie motorizzata VD cosicché i collettori di mandata e di ritorno dell'acqua calda vengono esclusi dal circuito primario, contemporaneamente lo stesso termostato abbassa a 25°C il valore della temperatura di condensazione dei gruppi frigoriferi, riducendo il consumo di energia elettrica degli stessi.

I circuiti di utenza, come illustra la figura 4, sono derivati per spillamento dai collettori di mandata posti sul circuito primario.

L'acqua di pozzo viene prelevata in due pozzi distinti, uno di riserva all'altro, aventi un diametro di perforazione pari a 1000 mm ed una profondità di circa 45 m.

Il sistema di captazione e pressurizzazione è composto da pompe sommerse aventi una portata pari a 110 m³/h e da due serbatoi autoclave (fig. 6), A.1 e A.2, aventi una capacità complessiva di 14.000 litri.

L'acqua di pozzo prima di essere utilizzata negli scambiatori a piastre e nelle batterie di preraffreddamento delle centrali di trattamento aria, viene per sicurezza filtrata mediante filtri automatici autopotenti con capacità filtrante fino a 80 micron.

Sulla tubazione di alimentazione dell'acqua di pozzo agli scambiatori a piastre sono installate delle valvole di regolazione a due vie, VE, economizzatrici del consumo. Grazie a tali valvole, quando in specifiche condizioni le pompe di calore trasferiscono l'energia termica dalle zone o parti di

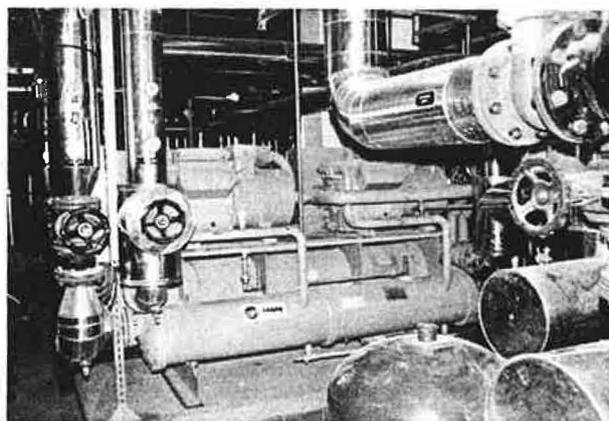
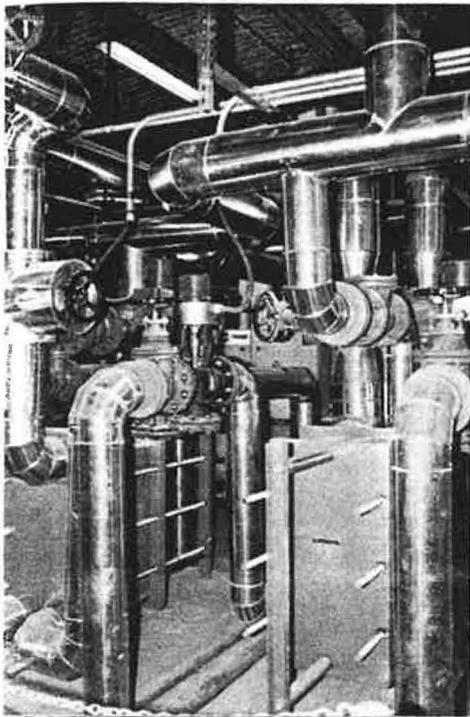


FIGURA 3
Particolari della centrale termofrigorifera: una delle due pompe di calore



◀ FIGURA 5
Particolari della centrale
termofrigorifera:
gli scambiatori di
calore a piastre

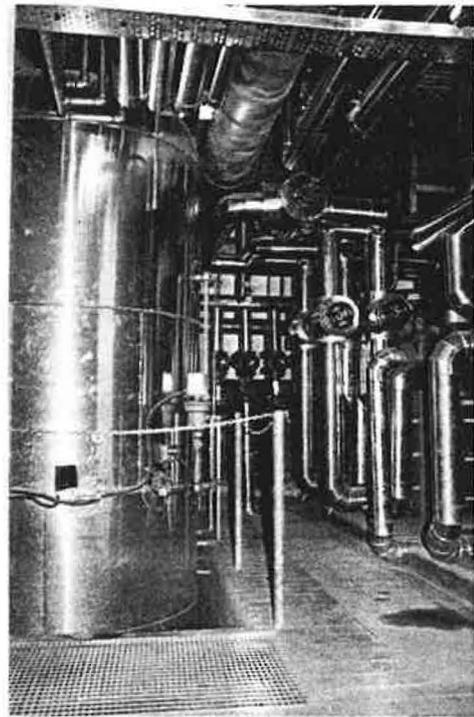


FIGURA 6 ▶
Particolari della centrale ter-
mofrigorifera: le autoclavi

impianto che necessitano di essere raffreddate a quelle che necessitano di essere riscaldate, viene di molto limitato il consumo dell'acqua di pozzo e di conseguenza il consumo energetico connesso al suo pompaggio.

6.2. La tipologia degli impianti di climatizzazione

Le soluzioni impiantistiche adottate sono state scelte in funzione della destinazione d'uso dei vari ambienti (profilo del carico termico) e della compatibilità con un funzionamento invernale a bassa temperatura (impianto a pompa di calore).

In particolare le tipologie impiantistiche previste sono le seguenti:

- a) uffici ai piani 1°, 2° e 3° fuori terra: impianto di condizionamento dell'aria di tipo misto con funzionamento a "ciclo stagionale", aria primaria più ventilconvettori a due tubi;
- b) saloni del pubblico al piano terreno: impianto di condizionamento dell'aria di tipo misto con funzionamento a "ciclo annuale", aria primaria più ventilconvettori a quattro tubi;
- c) caveau, anticaveau e archivi al piano interrato: impianto di condizionamento dell'aria del tipo a tutt'aria a portata costante;

- d) servizi igienici: impianto di solo riscaldamento a pannelli radianti a pavimento.

6.3. Impianti di trattamento e distribuzione aria

Sono previste tre distinte centrali di trattamento aria al servizio delle zone di cui ai precedenti punti a, b, e c che vengono così denominate:

- CTA.1 uffici
- CTA.2 saloni del pubblico
- CTA.3 caveau.

Tutte le centrali di trattamento aria hanno la stessa composizione, in quanto anche quella del caveau funziona a tutt'aria esterna senza ricircolo. Quest'ultima differisce dalle precedenti, che trattano aria primaria, solo per quanto riguarda il sistema di regolazione previsto, che anziché controllare a punto fisso la temperatura di mandata, controlla i valori della temperatura ed umidità relativa presenti in ambiente e rilevati da opportune sonde poste sul canale di estrazione aria.

Come illustra lo schema di figura 7, le centrali di trattamento aria primaria sono composte da una sezione di presa aria esterna con serranda motorizzata e filtro piano, da una batteria di preriscaldamento invernale ad acqua calda, da una batteria di

Impianti di climatizzazione a pompa di calore
nella ristrutturazione della filiale di Alessandria
dell'Istituto Bancario S. Paolo di Torino

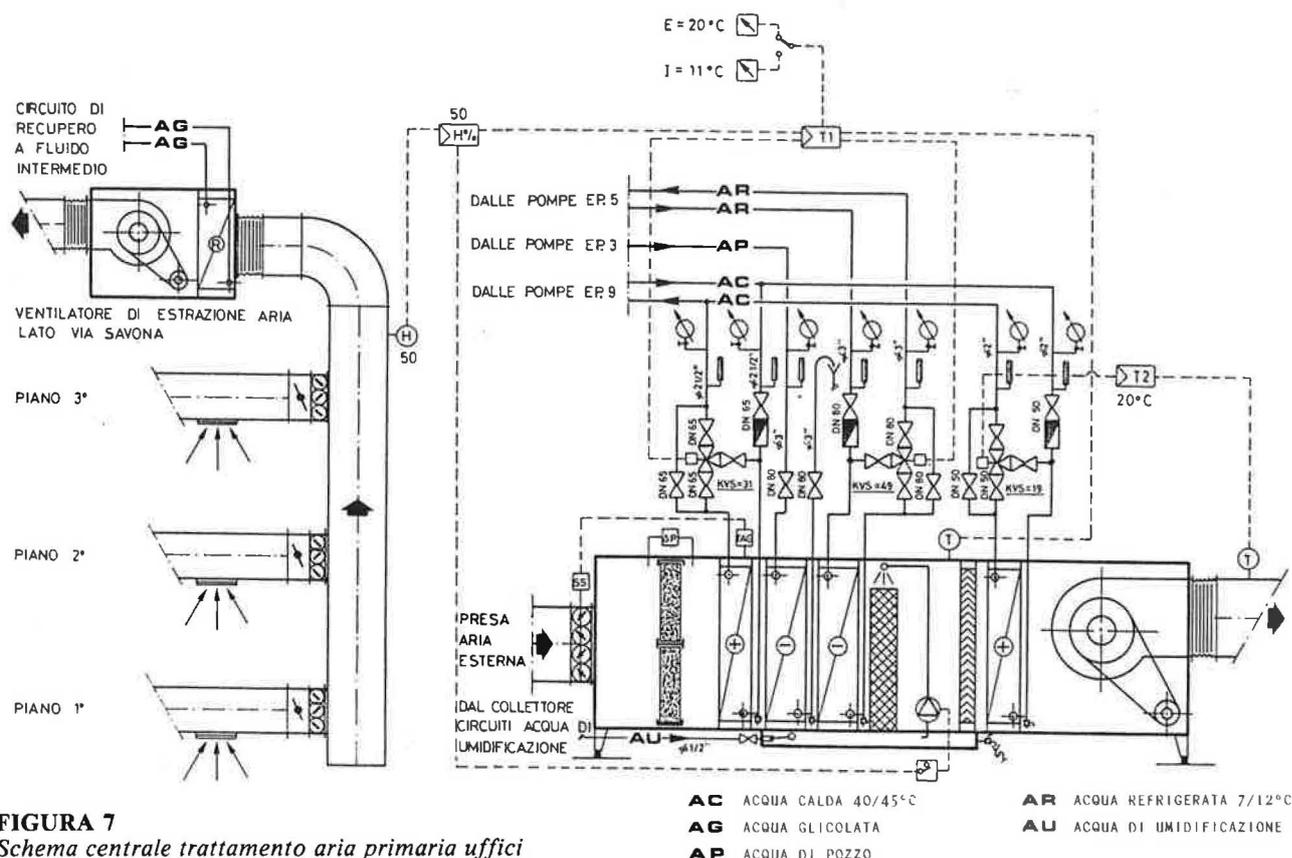


FIGURA 7
Schema centrale trattamento aria primaria uffici

preraffreddamento estivo ad acqua di pozzo, da una batteria di raffreddamento ad acqua refrigerata, da una sezione di umidificazione a pacco evaporante, da una batteria di postriscaldamento invernale ed estivo ad acqua calda ed, infine, da una sezione ventilante con ventilatore centrifugo a doppia aspirazione.

La regolazione della temperatura dell'aria di mandata all'impianto è effettuata a punto fisso (20°C), sia in estate che in inverno, utilizzando un sistema di regolazione di tipo elettronico il cui schema di funzionamento è illustrato in figura 7.

Degno di nota è il criterio adottato per operare in estate il controllo dell'umidità relativa. Esso viene effettuato confrontando i segnali provenienti dal regolatore di umidità H e dal regolatore di temperatura T1 (collegato con la sonda ST1 a valle della batteria di raffreddamento e tarato a mezzo del potenziometro di taratura a +20°C) in modo che se e solo se una delle due grandezze non è soddisfatta, il maggiore dei due segnali comanda l'apertura della valvola a tre vie sul circuito acqua refrigerata. Il

valore della temperatura di mandata viene corretto, se necessario, dal secondo regolatore di temperatura T2 che agisce sulla batteria di postriscaldamento.

La circolazione in estate dell'acqua di pozzo all'interno delle batterie di preraffreddamento è soggetta solo ad un controllo orario il quale agisce per la CTA 1, che è posta nel sottotetto, azionando o fermando la pompa di spillamento acqua di pozzo EP 3, e per la CTA 2 e 3 che sono poste nel locale centrale termofrigorifera al piano interrato aprendo o chiudendo la valvola di intercettazione servocomandata VAP.

La circolazione dell'acqua refrigerata nelle batterie delle CTA, che come si è detto è sempre disponibile in qualsiasi periodo dell'anno, viene comandata da un termostato posto sulla presa dell'aria esterna, il quale mette in funzione le pompe EP 5 ed EP 6 di figura 4, non appena la temperatura esterna sale a valori superiori a 22 ÷ 23°C.

L'aria primaria trattata nella CTA 1 posta nel sottotetto (fig. 8) viene distribuita verticalmente ai piani

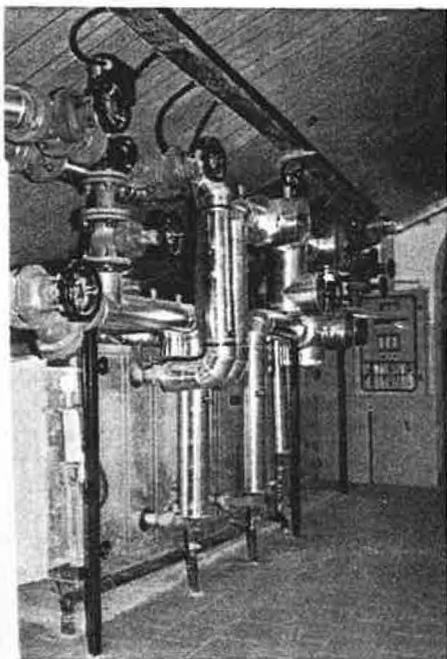


FIGURA 8
Particolari degli impianti di trattamento aria: la CTA 1 ubicata nel sottotetto

1°, 2° e 3° utilizzando due grossi cavedi ispezionabili, appositamente realizzati ai lati opposti del fabbricato.

Ai vari piani i canali, derivati dai cavedi anzidetti, corrono orizzontalmente all'interno del controsoffitto dei corridoi di spina centrali su cui si attestano i locali.

Da qui l'aria viene distribuita mediante bocchette di mandata a parete installate in prossimità del controsoffitto, oppure mediante bocchette lineari a doppia feritoia poste nel controsoffitto dei locali medesimi.

L'aria immessa negli ambienti viene ripresa in misura pari a circa il 90% della quota immessa, in parte dai servizi igienici, in parte da canali di estrazione aria che prelevano l'aria dai controsoffitti dei corridoi che in questo modo fungono da plenum di aspirazione. L'aria viziata raggiunge i corridoi e da qui il controsoffitto, attraverso idonee bocchette di transito previste rispettivamente nelle porte degli uffici e nel controsoffitto medesimo.

Tutte le diramazioni principali di mandata ed estrazione aria dai canali verticali sono state dotate di regolatori automatici di portata autoazionati e già prearati in fabbrica al valore di portata stabilito per

ciascun tronco. Questo accorgimento ha di gran lunga semplificato le operazioni di taratura finale delle portate ed ha consentito di ottenere valori di portata delle singole bocchette che risultano con ottima approssimazione molto prossimi a quelli di progetto.

La distribuzione dell'aria primaria dei saloni del pubblico al piano terreno viene effettuata mediante canali circolari posti a soffitto del sottostante piano interrato. L'aria, come illustra la figura 9, viene immessa sotto i mobiletti ventilconvettori, per mezzo di opportune camere di raccordo appositamente collegate con tubazioni flessibili ai canali di distribuzione sottostanti. L'aria primaria viene così aspirata dal ventilconvettore e, miscelata con l'aria di ricircolo, immessa nei locali da condizionare.

L'estrazione dell'aria è prevista a soffitto nella zona centrale delle aree adibite a saloni del pubblico. In questo modo non solo viene richiamata verso il centro dei locali l'aria trattata dai ventilconvettori posti lungo il perimetro, ma vengono direttamente aspirati, convogliandoli verso l'alto, gli inquinanti ed in particolare il fumo, prodotto dai numerosi occupanti.

6.4. Recupero termico sull'aria espulsa

Sono state previste due tipologie di recupero termico del calore associato all'aria di espulsione.

La prima, che potremmo definire di tipo "diretto", in quanto attuata per mezzo di apposite apparecchiature, è costituita da un impianto di recupero a doppia batteria con circolazione di fluido intermedio (acqua glicolata) a mezzo di elettropompe ed è stata prevista per l'aria estratta dagli uffici ai piani 1°, 2° e 3°.

La seconda forma di recupero termico, che potremmo definire di tipo "indiretto" in quanto realizzata senza l'impiego di particolari sistemi impiantistici, viene realizzata immettendo l'aria di espulsione, anziché all'esterno, dentro opportuni ambienti, attigui a quelli climatizzati, che, in caso contrario, non sarebbero in alcun modo trattati.

Nel caso specifico l'aria estratta dai saloni del pubblico e dal caveau ad una temperatura che in inverno è almeno pari a 20°C, viene immessa nell'auto-rimessa interrata sotto il salone e nel percorso di ronda attorno al caveau. Ottenendo così i seguenti vantaggi:

- mantenere durante la stagione invernale tali ambienti ad una temperatura pari a circa 15 +

FIGURA 9
Particolare allacciamento
ventilconvettori a 4 tubi
nel salone del pubblico

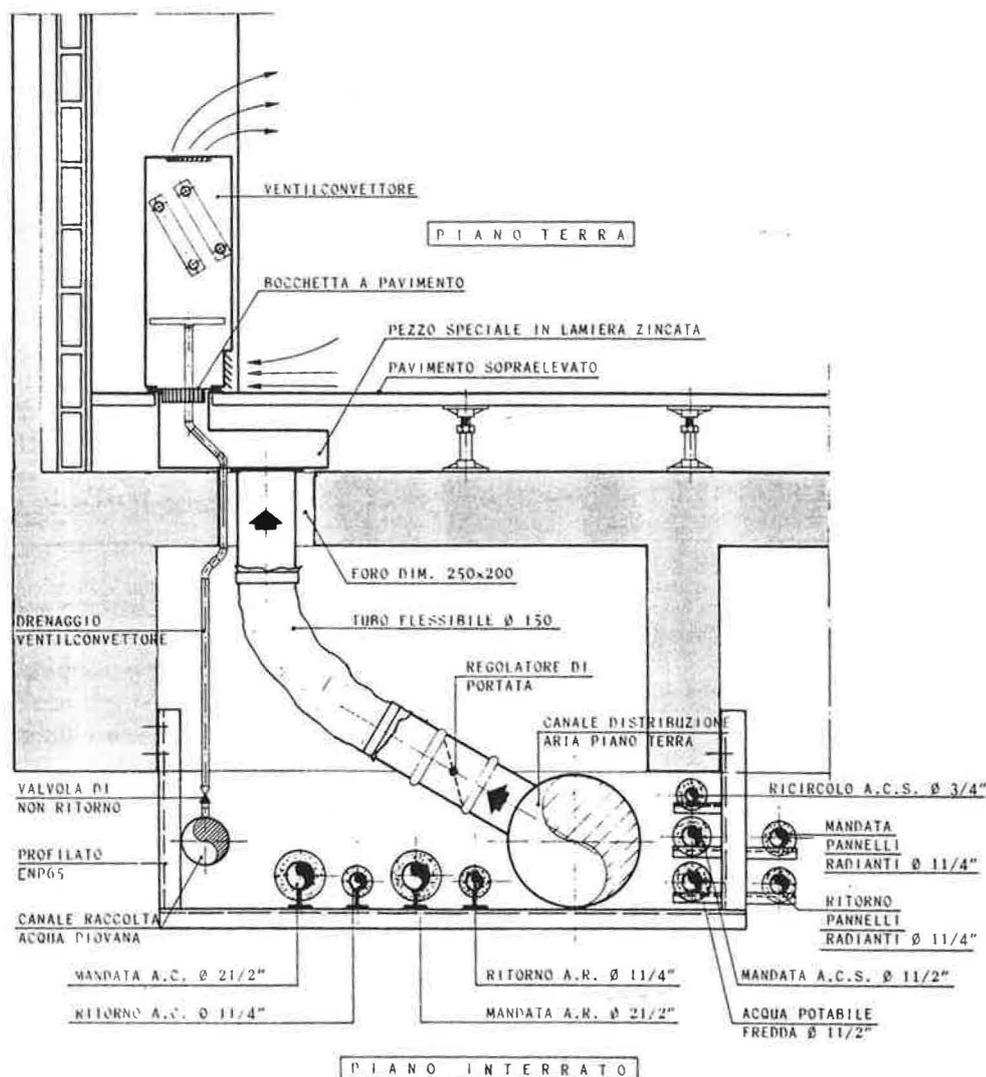


FIGURA 10
Particolari delle
reti di distribuzione
aria ed acqua
nei corridoi
dei piani 1°, 2° e
3°



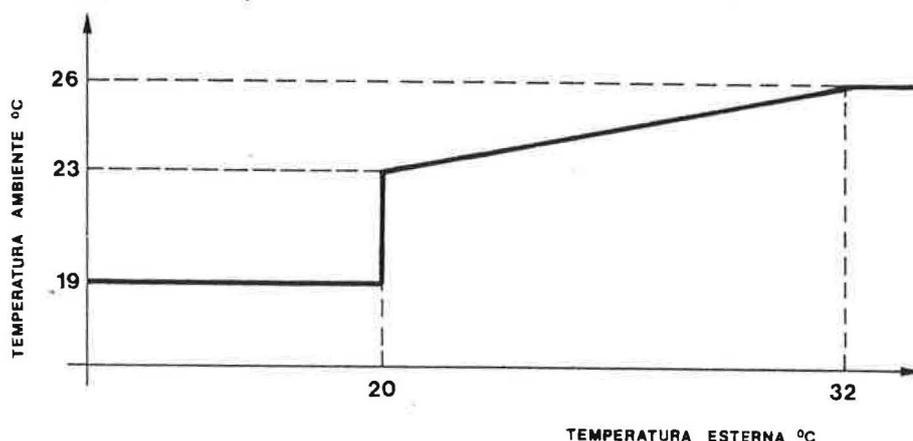
- 16°C, valore più che sufficiente per la loro destinazione d'uso;
- ridurre le dispersioni termiche verso l'esterno dei locali con essi confinanti, migliorando la funzione di "spazio tampone" da essi svolta;
- assicurare anche per detti ambienti una circolazione ed un ricambio forzato dell'aria.

6.5. Impianti di distribuzione dell'acqua calda e refrigerata

Tutte le reti di distribuzione acqua calda e/o acqua refrigerata ai mobiletti ventilconvettori sono di tipo compensato.

Le tubazioni di alimentazione dei ventilconvettori degli uffici ai piani 1°, 2° e 3° salgono verticalmen-

FIGURA 11
*Diagramma di compensazione
della temperatura ambiente
in funzione della
temperatura esterna*



te all'interno dei cavedi tecnici già citati, per alimentare le diramazioni orizzontali di piano, che corrono sotto il pavimento sopraelevato dei corridoi (fig. 10). Da tali dorsali di distribuzione si staccano le tubazioni di allacciamento delle batterie dei singoli ventilconvettori che sono realizzate con tubi flessibili in polietilene reticolato, posti anch'essi sotto pavimento.

Grazie a questa scelta distributiva si sono conseguiti due obiettivi:

1. sono stati evitati pesanti interventi di assistenza muraria connessi con l'attraversamento delle numerose murature piene esistenti;
2. tutte le tubazioni risultano facilmente ispezionabili ed è assicurata nel contempo una notevole flessibilità in quanto, in caso di necessità, i mobiletti ventilconvettori sono spostabili senza difficoltà alcuna.

L'allacciamento dei ventilconvettori a 4 tubi posti nei saloni del pubblico è effettuato, come illustra la figura 9, dal piano sottostante al soffitto dal quale corrono tutte le dorsali di distribuzione acqua calda e refrigerata.

Tutti i mobiletti ventilconvettori sono regolati per mezzo di valvole a 3 vie per unità terminali comandate da regolatori di temperatura di tipo elettronico ad una o due uscite. Tutti i regolatori di ciascun piano sono collegati ad un compensatore installato sul quadro di piano la cui curva di compensazione è illustrata in figura 11.

Ciascun mobiletto o gruppi di 2 ÷ 3 mobiletti è inoltre dotato di un potenziometro di taratura che permette di variare, in un campo di $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$, il valore della temperatura importata dal compensatore, consentendo una ulteriore possibilità di aggiusta-

mento locale del livello di benessere desiderato.

7. CONCLUSIONI

La soluzione impiantistica adottata ha permesso di risolvere brillantemente tutta una serie di notevoli problematiche realizzative consentendo nel contempo di costruire un impianto oltremodo flessibile ed in grado di assicurare elevati standard prestazionali.

Non da ultimo, eliminando la necessità della centrale termica, ha consentito di realizzare un edificio che ha il pregio, oggi tutt'altro che trascurabile, di non presentare nessuna attività soggetta alle norme di prevenzione incendi e quindi di non essere soggetto a richiesta di certificato di prevenzione incendi, o nulla osta provvisorio.

Oltre a ciò l'utilizzo di un impianto a sola pompa di calore permette di ottenere risultati eccellenti per quanto riguarda i costi di esercizio, pur mantenendo i costi di realizzazione perfettamente allineati con i valori medi di mercato relativi ad impianti di condizionamento similari, ma con centrali di produzione dei fluidi termovettori caldo e freddo di tipo tradizionale.

Nel caso specifico l'incidenza del costo di realizzazione sulla volumetria totale, comprensivo degli oneri relativi alla trivellazione dei pozzi artesiani, è stata pari a circa 45.000 L/m^3 (valore riferito all'anno 1986).

Si ringrazia il prof. ing. Marco Filippi del Politecnico di Torino per i preziosi consigli forniti nell'impostazione delle scelte progettuali.

Relazione presentata al Convegno "Ristrutturazione edilizia: tecniche e costi" - Restructura - Torino Esposizioni 22 novembre 1988.