



COGEI
costruzioni spa.

VERREVI
prefabbricati civili ed industriali

CFM



COOP.COSTRUZIONI



holzbau

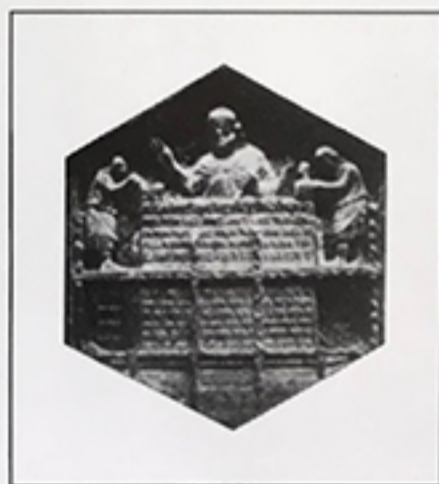
C.a.r.i.i.e.e.
Soci. coop. a r.l.

INGEGNERI ARCHITETTI COSTRUTTORI

mensile di tecnica e informazione dell'associazione ingegneri e collegio costruttori di bologna
notiziario del collegio regionale ingegneri e architetti dell'emilia romagna

SAIE93

il nuovo palasport
di Bologna - Casalecchio



542

settembre 1993 (7)

ANNO XLVIII
sped. in abb. postale
gruppo III/70%

inarcos

BOLOGNA
STRADA MAGGIORE, 13

MAURO CHECCOLI: NUOVO PALASPORT DI CASALECCHIO (BOLOGNA) ■ **FRANCO ZARRI:** ASPETTI DELLA PROGETTAZIONE E DEL CONTROLLO DELLE STRUTTURE DEL NUOVO PALASPORT DI BOLOGNA - CASALECCHIO ■ **ALESSANDRO COCCHI - PATRIZIO FAUSTI - GIORGIO RAFFELLINI:** L'ACUSTICA NEI PALAZZI DELLO SPORT: PROBLEMI GENERALI E STUDI DI PREVISIONE EFFETTUATI PER IL PALAZZO DELLO SPORT POLIVALENTE DI CASALECCHIO (BO) ■ **GIORGIO RAFFELLINI - ERMANNIO VALDISERRI:** GLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE NEL PALAZZO POLIVALENTE DI CASALECCHIO ■ DOCUMENTI E DIBATTITI ■ NOTIZIARI

dioso gocciolamento, così come le condense interstiziali, in particolare in situazioni transitorie.

Sotto questo aspetto, grande attenzione è stata posta nella realizzazione del tetto di copertura al fine di evitare problemi di stillicidio.

Normalmente non vengono riscaldati i magazzini ed alcuni locali a disposizione, per i quali è comunque meglio prevedere futuri attacchi all'impianto.

4. TIPOLOGIE IMPIANTISTICHE ADOTTATE NEL PALAZZO DELLO SPORT POLIVALENTE DI CASALECCHIO DI RENO (BOLOGNA)

4.1. Progetto iniziale

Per l'elevato grado di flessibilità richiesto agli impianti in tale edificio, che può contenere fino a 15.000 utenti, sono state ipotizzate le seguenti soluzioni impiantistiche:

a) centrale termica esterna (Fig. 6) con caldaie a gas, e canne fumarie in acciaio coibentato, in accordo con le disposizioni della L. 615.

Tuttavia, in quanto già approvato da apposita convenzione, ed al fine di limitare l'inquinamento dell'ambiente esterno, le caldaie termiche saranno, appena possibile, sostituite da scambiatori di calore, alimentati da un anello di teleriscaldamento di tutta la zona B di Casalecchio, con scambiatori di calore per le singole forniture.

Dalla centrale si dipartono i circuiti principali per:

- le UTA;
- i pannelli radianti a pavimento;
- la rete di acqua fredda, calda, ricircolo;
- l'anello antincendio.

Tali circuiti sono interrati ad una quota di circa -1.00 m fino all'ingresso nell'edificio, per poi salire in cavedi appositi.

b) Sistema di riscaldamento a bassa temperatura superficiale per tutto il parterre e le zone ingressi, costituito da pannelli radianti a pavimento, sempre in funzione per tutto il periodo invernale più freddo, completo di relativo scambiatore di calore, organi di regolazione e sicurezza, intercettazione, ed in grado di fornire un riscaldamento di base.

Tale impianto potrà essere sezionato a settori per ogni evenienza, quando ad esempio non si voglia riscaldare determinate zone, per allestimenti specifici.

c) Impianti di termoventilazione per ogni zona spogliatoi e servizi vari, ciascuno costituito da: un gruppo di trattamento aria, canali di distribuzione e bocchette o anemostati, inoltre, con ventilatore di espulsione e griglie di ripresa, completi di regolazione ed altro.

d) Impianti separati di termoventilazione a piano terra per le manifestazioni che si svolgono a tale livello (es.: pugilato), ciascuno costituito da una unità di trattamento aria, ubicati nei locali sottogradinata, con canali e bocche di immissione, posizionate al di sopra degli spettatori ed in grado di interessare con il lancio tutta la zona del parterre (metà da un lato della gradinata e metà dall'altro lato), completa di ventilatore di ripresa, bocchette poste nella parte bassa della gradinata, con serrande di sezionamento e condotti di ripresa.

e) Impianti di termoventilazione per i livelli delle zone gradinate, posti in locali sotto le gradinate (Figg. 7 ed 8), con immissione dall'alto attraverso un condotto circolare corrente lungo l'intero perimetro e speciali ugelli ad alta velocità ed induzione, in grado di assicurare lanci di oltre 20 m, e quindi in grado di interessare gli spettatori senza disturbarli con velocità dell'aria fastidiosa.

f) Impianto di estrazione aria viziata dalle gradinate con

griglie poste sulla parte verticale dei gradoni, plenum sottogradinata, e con espulsione diretta nelle pareti esterne, per circa la metà della portata d'aria, e da espulsioni poste in sommità della copertura, collegate a torrini di estrazione, per l'altra metà.

4.2. Progetto esecutivo con modifiche

A richiesta della proprietà gli originali impianti di termoventilazione, sono stati, in fase di realizzazione trasformati e predisposti per la completa climatizzazione (con umidificazione e condizionamento estivo).

Le modifiche al progetto di base, a seguito delle richieste della proprietà, per un'eventuale trasformazione degli impianti di termoventilazione e riscaldamento previsti in im-

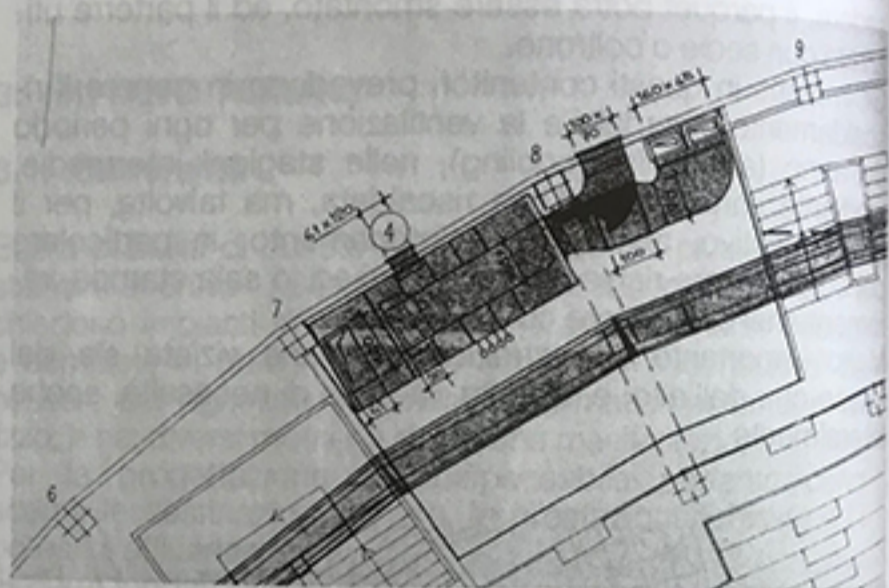


FIG. 7 Particolare della disposizione in pianta di una UTA, posta sottogradinata, e percorso del canale di distribuzione.

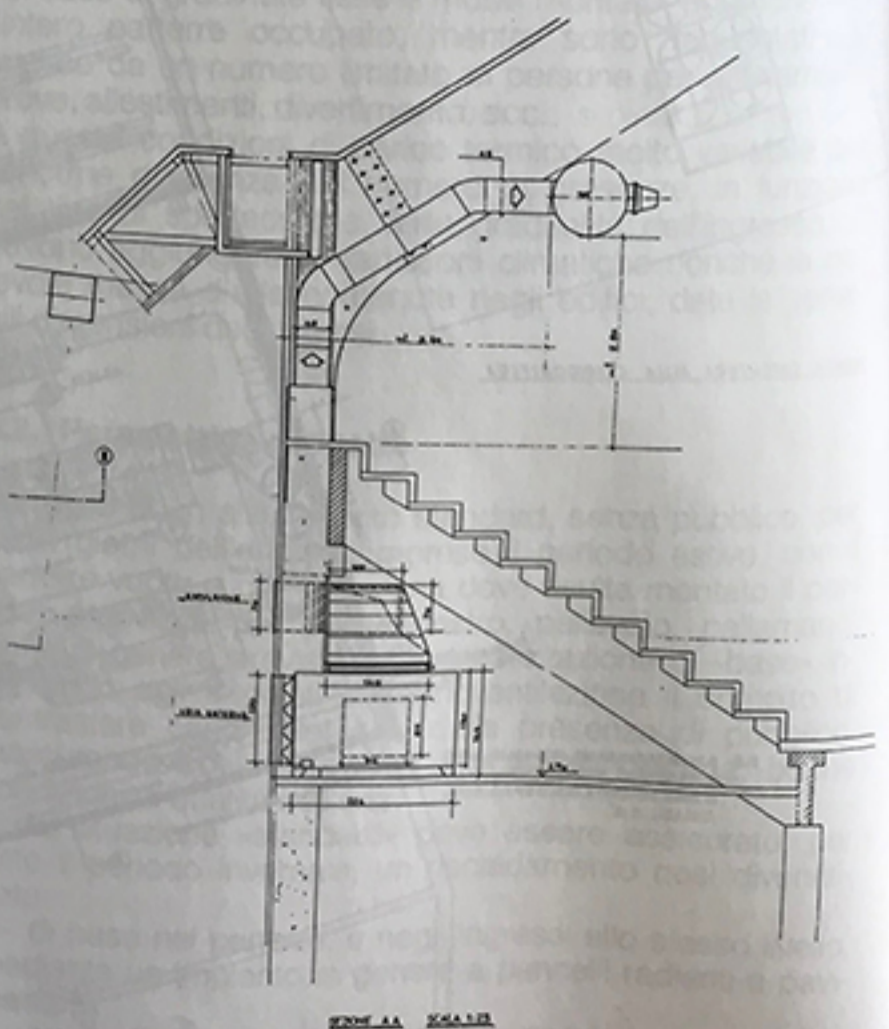


FIG. 8 Particolare della disposizione in sezione della UTA e dei canali di collegamento all'ugello di immissione dell'aria.

pianti di condizionamento estivo-invernali, si basano sulle seguenti ipotesi progettuali:

— condizioni termoigrometriche esterne ed interne prese a base dei calcoli, considerato l'utilizzo serale del complesso:

$t = 28\text{ }^\circ\text{C}$ u.r. = 50% $J = 58.6\text{ kJ/kg}$ (esterno)
 $t = 26\text{ }^\circ\text{C}$ u.r. = 50% $J = 53.2\text{ kJ/kg}$ (interno)

Carichi interni:

— persone contemporaneamente presenti 12.000
 — carichi per illuminazione 60 kW
 — aria esterna di rinnovo 240.000 m³/h

Sono stati calcolati i seguenti carichi massimi contemporanei:

— Calore sensibile

— Per dispersioni e radiazioni solari 350 kW
 — Per illuminazione 60 kW
 — Per calore sensibile emesso dalle persone 840 kW
 Totale calore sensibile $Q_s = 1.250\text{ kW}$

— Calore latente

— Emesso dalle persone $Q_l = 910\text{ kW}$
 — Calore totale $Q_t = Q_s + Q_l = 2.160\text{ kW}$

— Punto di immissione dell'aria fissato a:

$t = 18\text{ }^\circ\text{C}$ u.r. = 65% $J = 39.5\text{ kJ/kg}_a$

— Aria in ciclo:

$Q_a \gamma_a c_{pa} (J_{ai} - J_{im}) = 580.000\text{ kg/h}$,
 con la metà di quest'aria presa dall'esterno.

— Carico frigorifero massimo

— Valori di miscela

$t = 27.5\text{ }^\circ\text{C}$ u.r. = 50% $J = 57.3\text{ kJ/kg}_a$

— Punto di trattamento in uscita della batteria fredda

$t = 12\text{ }^\circ\text{C}$ u.r. = 95% $J = 33.1\text{ kJ/kg}_a$

— Quantità di calore da sottrarre $= V_a \gamma_a c_{pa} (J_m - J_{im}) = 3.600\text{ kW}$

— Quantità di calore da fornire per il post-riscaldamento $= 815\text{ kW}$

Considerando una manifestazione della durata di circa 3-1/2 ore, compreso il pre-raffreddamento il carico totale risulta di circa 12.600 kW.

Pertanto è stato previsto un impianto di accumulo, di soluzione a cambiamento di fase, con un gruppo frigorifero della potenza di 875 kW rese nel raffreddamento di 100.000 l/h di fluido da 12 °C a 4.5 °C.

L'accumulo potrà pertanto avere a disposizione 8.225.000 frig. che saranno fornite dallo stesso gruppo, in condizioni di resa (espansione a -10 °C/condensazione a +45 °C) pari a 470 kW, in circa 20 ore di funzionamento.

La quantità di fluido da accumulare sarà pertanto di 100 m³ circa, sotto forma di palline eutettiche del Ø di circa 8 cm, il tutto contenuto in una vasca in muratura della capacità di circa 200 m³.

4.3. Centrale termica

La produzione del fluido caldo necessario per l'impianto di riscaldamento, climatizzazione invernale, post-riscaldamento estivo è affidata per ora, come già descritto, a caldaie con camera a combustione pressurizzata. È previsto l'inserimento dei generatori con regolazione in cascata, con sonda sul ritorno e arresto della pompa primaria a caldaia ferma.

Ogni generatore, come sopradetto, è dotato di pompa primaria che invia il fluido caldo a un collettore generale di distribuzione.

Dal collettore si dipartono tre circuiti:

— per gli impianti di climatizzazione invernale, commutabile con il circuito recupero calore;

— per scambiatore del fluido caldo a servizio dell'impianto, a pannelli radianti a pavimento per il riscaldamento di base del «parterre» e degli atri di ingresso;

— per l'invio del fluido primario ai preparatori dell'acqua calda sanitaria, agli impianti di termoventilazione ed al riscaldamento servizi e dei locali sotto gradinata.

Ogni circuito prevede due elettropompe (uno di riserva all'altra) e apparecchiature accessorie di sezionamento e controllo.

Altre due elettropompe, poste sul circuito secondario provvederanno alla distribuzione del fluido ai pannelli.

L'espansione del volume del fluido è prevista del tipo a vaso chiuso: tre vasi sono previsti a servizio delle caldaie, e quattro per i circuiti secondari.

I bruciatori sono per combustione a metano con due stadi di funzionamento a secondo delle necessità rilevate dalla sonda di regolazione sul collettore dei ritorni. Detta regolazione provvederà all'inversione dell'ordine di partenza dei bruciatori in tempi prestabiliti.

Le canne fumarie saranno in elementi prefabbricati in acciaio inox a doppia parete con interposto materiale isolante ad alta densità.

4.4. Centrale frigorifera (ipotesi)

Come già detto il condizionamento dell'aria è stato solo predisposto, pertanto è stata realizzata solo la parte a valle di tale impianto, ma non la centrale frigorifera (Fig. 6).

Al momento è stato, comunque, studiato l'inserimento di un gruppo frigorifero con due moto-compressori semiermetici, con condensazione ad aria, e recupero totale di calore necessario per il post-riscaldamento estivo.

Tale gruppo potrebbe raffreddare una miscela di acqua e glicole al 25%, con punto di congelamento a -15 °C.

Sul circuito frigorifero l'organo di espansione del gas permetterebbe di raffreddare il fluido a temperatura di -6 °C quando il gruppo funziona per accumulare energia, e 4.5 °C quando il gruppo funziona per l'utilizzo immediato.

Il condensatore e l'evaporatore del gruppo sono naturalmente dimensionati per le caratteristiche più gravose.

Il fluido freddo verrebbe convogliato in una vasca in muratura, dove sono alloggiati le palline contenenti soluzioni eutettiche, a mezzo di apposite elettropompe primarie (una in funzione e una di riserva). La vasca prevede dei setti di sezionamento affinché il fluido refrigerato possa investire tutti i contenitori delle palline in maniera uniforme, provvedendo al cambiamento di fase del liquido contenuto.

Dalla vasca di accumulo potrà essere spillato il fluido da inviare alle centrali di condizionamento a mezzo di un gruppo di elettropompe secondarie (due in funzione e una di riserva). La portata di questo circuito è funzione del carico massimo.

Una valvola motorizzata modulante sul by-pass fra l'andata e il ritorno potrebbe regolare la temperatura del fluido e questo per evitare che una temperatura troppo bassa del fluido inviato alle batterie di scambio dei condizionatori possa far brinare le superfici delle stesse riducendo la loro efficienza.

La rete di distribuzione del fluido freddo è stata eseguita in tubo in acciaio precolibentato, posato in cunicolo.

La rete è costituita da un ramo che alimenta i gruppi di scambio e da un secondo circuito inverso che riporta i fluidi alle centrali per avere una distribuzione equilibrata e compensata in ogni punto dell'impianto.

Come indicato precedentemente il gruppo prevede il recupero totale del calore.

Il fluido caldo recuperato sarà usato per il post-riscaldamento estivo. Il circuito del recupero prevede due elettropompe centrifughe primarie (una di riserva), un serbatoio inerziale con funzione di volano termico e una serie di tubazioni di collegamento fra il recuperatore, le elettropompe, il serbatoio e il circuito di distribuzione alle batterie radianti calde delle centrali di trattamento aria.

4.5. Impianti di climatizzazione

La portata totale di aria climatizzata, grazie anche a maggior spazio disponibile sotto le gradinate, è stata suddivisa su 28 centrali, rispetto ad un numero quasi doppio del progetto base. Di queste, 22 sono state sistemate in parte sotto le gradinate (n. 10) e in parte in appositi locali tecnici sulle due curve esterne (n. 12); queste ultime hanno ciascuna una portata di 20.000 m³/h, per un totale di 240.000 m³/h; tutte servono le zone occupate dal pubblico.

Le altre 6 saranno sistemate in locali tecnici al piano terra; avranno portata rispettivamente di 8.000 m³/h (n. 4) e di 6.000 m³/h (n. 2) per complessivi 44.000 m³/h di aria e serviranno il «parterre».

Le UTA concettualmente sono tutte uguali, ed in particolare dispongono di:

— sezione di ripresa con elettroventilatore, serranda di taratura manuale e silenziatore;

— sezione di miscela-espulsione-presa aria esterna completa di serrande motorizzabili; la serranda di presa AE da sistemare sulla fiancata laterale è divisa in due sezioni: una di taratura fissa ed una motorizzata;

— sezione filtrante, batteria deumidificante fredda, separatore di gocce, batteria di scambio termico per riscaldamento;

— sezione ventilante di mandata: le camere di ventilazione sono afonizzate internamente con materiale fonoassorbente protetto dall'effetto abrasivo.

Le centrali di trattamento aria nel parterre, per la delicata posizione dei distributori dell'aria, hanno, motori con ventilatori a doppia polarità: 4/6 poli, onde utilizzare la portata necessaria per il regime di ventilazione richiesta dal tipo di manifestazione.

L'aria climatizzata prodotta nelle unità di trattamento aria, sistemate a quota +7.90 m (sotto le gradinate) e da quelle a quota +4.4 m (sulle curve) verrà inviata in un anello toroidale che costituirà il condotto generale di distribuzione che si svilupperà in maniera continuativa lungo tutto il perimetro del palazzo; i canali di raccordo prevederanno setti silenziatori sulla mandata e serrande tagliafuoco sulla parete in uscita dal locale tecnico.

L'anello costituirà un «plenum» generale di mandata e sarà possibile sezionarlo in quattro punti mediante serrande motorizzate a seconda dei vari settori utilizzati e delle centrali in funzione.

Sul «plenum» generale di mandata sono montati ugelli diffusori a lunga gittata, orientabili, per l'immissione dell'aria trattata nell'interno del palazzo. Il lancio interesserà tutta la zona occupata dal pubblico.

Per le U.T.A. al piano terra la distribuzione dell'aria avverrà mediante canali sistemati sotto il ballatoio delle gra-

dinate e immessa, con ugelli di tipo orientabile, nella zona centrale del campo di gioco.

La ripresa avverrà attraverso griglie afonizzate, posizionate sulle gradinate o sulle pareti dei locali tecnici, siano essi a quota +4.4 m o a quota +0 m;

i locali dove sono alloggiati le centrali sono pertanto in depressione.

L'aria ripresa potrà essere espulsa tutta e in parte, e contemporaneamente all'espulsione verrà introdotto un quantitativo di aria esterna; sia la griglia di espulsione che quella di presa dell'aria esterna saranno sistemate sulle pareti laterali del palazzo.

Le griglie avranno alette fisse con orientamenti diversificati al fine di evitare cortocircuitazioni fra aria espulsa e aria introdotta.

Considerato che verrà sempre e comunque introdotto un quantitativo fisso di aria esterna, questa, in parte servirà per pressurizzare il locale e in parte verrà espulsa attraverso una serie di ventilatori, sistemati su di un «plenum» generale di espulsione in copertura.

La quantità d'aria espulsa sarà proporzionata al gruppo di centrali di trattamento aria in funzione e prescindere dalla quantità dell'aria espulsa e introdotta in ogni centrale.

È stato realizzato l'impianto idrico-sanitario, con produzione di acqua calda per mezzo di scambiatore di calore, collegato al circuito di riscaldamento durante la stagione invernale e quella estiva, con anello di ricircolo; e così pure una rete antincendio, in accordo alle disposizioni vigenti.

Gli impianti avranno una supervisione centrale di comando, segnalazione e sorveglianza, in modo da gestire tutti gli impianti da un solo punto, e con un solo operatore.

Gli Autori intendono sentitamente ringraziare per la proficua collaborazione:

— la COGEI, i suoi dirigenti ed i suoi tecnici;

— in particolare il Dott. Ing. Michele Ruggeri ed il Per. Ind. Ruggero Ruggeri di Bologna in qualità di progettisti esecutivi ed assistenti ai lavori per l'Impresa installatrice Marchi Impianti;

— la stessa Impresa Marchi Impianti.

BIBLIOGRAFIA

Alfano G., d'Ambrosio F.R., «Il contributo degli impianti al benessere termoclimatico», Condizionamento dell'aria, p. 953-960, Ed. PEG, Milano, giugno 1990.

ASHRAE Revised Draft Standard 55-1981R: «Thermal environmental conditions for Human occupancy», ASHRAE 1989.

ASHRAE: HVAC Systems and Applications Handbook, Chapter 20: Place of assembly, 1987.

Fanger P.O., Thermal comfort, McGraw Hill, New York, 1972.

Fanger P.O., «Ventilazione e comfort per atleti e spettatori: nuovi parametri per un miglioramento dell'ambiente», Convegno REHVA, Bologna 8 ottobre 1986.

Fanger P.O., «The new comfort equation for indoor air quality», ASHRAE Journal, October 1989.

Raffellini G. e Piva S., «Interazioni uomo-ambiente e impianti di riscaldamento a bassa temperatura», Condizionamento dell'aria, p. 205-216, Ed. PEG, Milano 1985.

Cocchi A., Fausti P., «Prestazioni e benessere ambientale», Atti del Convegno AICARR «Gli impianti nelle grandi strutture ad uso sportivo e polifunzionale», p. 15-43, Bologna 22 ottobre 1992.

Checchi M., Raffellini G., «Integrazione edificio-impianti nell'ottica della polifunzionalità dei grandi contenitori», Atti del Convegno AICARR «Gli impianti nelle grandi strutture ad uso sportivo e polifunzionale», p. 45-54, Bologna 22 ottobre 1992.