

DIREZIONE OPERE PUBBLICHE

NOME DELLA PROVINCIA TORINO		NOME DEI COMUNI/ASL COMUNE DI TORINO	
LIVELLO PROGETTUALE PROGETTO ESECUTIVO			
CUP F14H14000510001	TITOLO INTERVENTO INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA NEL PALAZZO DEL GHIACCIO DI CORSO TAZZOLI SITO IN TORINO		
CODICE OPERA SCR 13L65U06A			
Tavola n. 23	TITOLO TAVOLA RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO IMPIANTI FLUIDOMECCANICI		
DATA 27 GENNAIO 2017	SCALA -	AREA PROGETTUALE IMPIANTI MECCANICI	
FORMATO ELABORATO A4	CODICE GENERALE ELABORATO 13L65U06A 1 0 E IM 00 CB 001 0		
NOME FILE 23_13L65U06A_1_0_E_IM_00_CB_001_0.pdf			
VERSIONE	DATA	DESCRIZIONE	
0	27 GENNAIO 2017	Prima redazione	
<div> <div> RTP PROGETTAZIONE CAPOGRUPPO: 4 U Engineering Srl PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA: Studio Pession Associato corso Galileo Ferraris, 60 - 10129 Torino T 011 599354 - e-mail segreteria@pession.it </div> <div>  </div> <div> COORDINAMENTO: Studio Pession Associato PROGETTAZIONE IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI: 4 U Engineering Srl corso Galileo Ferraris, 35 - 10121 Torino T 011 5611060 - e-mail info@4uengineering.com </div> <div>  </div> <div> PROGETTAZIONE IMPIANTI MECCANICI: 4 U Engineering Srl corso Galileo Ferraris, 35 - 10121 Torino T 011 5611060 - e-mail info@4uengineering.com </div> <div>  </div> <div> PROGETTAZIONE STRUTTURALE E SICUREZZA: ing. Fabio Manzone via Fratelli Carle, 57 - 10129 Torino T 011 5611060 - e-mail manzone.studio@gmail.com </div> <div>  </div> </div>			
ORGANISMO DI CONTROLLO BTP Italia S.r.l.		S.C.R. PIEMONTE S.p.A. Responsabile del Procedimento: arch. Sergio Manto	

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	OPERE DA REALIZZARE	2
2.1	DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI INTERVENTI	2
2.1.1	<i>Modifica linea di alimentazione acqua calda alle UTA in copertura</i>	<i>2</i>
2.1.2	<i>Impianto di produzione del ghiaccio a servizio delle nuove piste da Curling</i>	<i>3</i>
2.1.3	<i>Impianto di climatizzazione al servizio delle nuove piste da Curling</i>	<i>4</i>
3	SPECIFICHE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO	7
3.1	CALCOLO CARICHI TERMICI PISTA GHIACCIO.....	7
3.1.1	<i>Carichi di tipo conduttivo/cambio di fase</i>	<i>7</i>
3.1.2	<i>Carichi di tipo convettivo</i>	<i>8</i>
3.1.3	<i>Carichi per condensazione acqua contenuta in aria</i>	<i>8</i>
3.1.4	<i>Carichi di tipo radiante.....</i>	<i>8</i>
3.1.5	<i>Riepilogo dei carichi termici.....</i>	<i>9</i>
3.2	RETI AERAILICHE	10
3.3	RETI TERMOFLUIDICHE	13
4	NORMATIVA	18

1 PREMESSA

La presente relazione descrive la consistenza delle opere da realizzarsi presso il Palazzo del Ghiaccio di Corso Tazzoli a Torino si indicano nel seguito le lavorazioni previste a base di gara dallo studio di fattibilità poiché alcune di esse non saranno eseguite in questa fase a causa di problematiche emerse e discusse con la committenza.

PISTA 1		
N.	DESCRIZIONE ATTIVITÀ	Stato
1	MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEI GRUPPI FRIGO	Si prevedrà un nuovo compressore in sostituzione di quello dismesso
2	RECUPERO ENERGIA TERMICA PER INTEGRAZIONE ACS	Non si realizzerà in quanto complesso e poco conveniente
3	NUOVA LINEA DI ALIMENTAZIONE PER SPOGLIATOI	Si sostituiranno gli interruttori sui quadri di comando e si riporterà il segnale di accensione e spegnimento in sala regia

N.2 NUOVE PISTE DA CURLING		
N.	DESCRIZIONE ATTIVITÀ	Stato
16	IMPIANTO DI PRODUZIONE DEL GHIACCIO	Si realizzerà come previsto
17	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE A TUTT'ARIA PISTE DA CURLING	
18	OPERE EDILI	
19	IMPIANTO DI SCARICO ED APPROVVIGIONAMENTO ACQUA	
20	IMPIANTO ELETTRICO	

2 OPERE DA REALIZZARE

A seguito di quanto indicato al paragrafo precedente si descrivono, nel seguito le opere da realizzare

2.1 Descrizione sommaria degli interventi

2.1.1 Modifica linea di alimentazione acqua calda alle UTA in copertura

Nell'ambito degli impianti fluido meccanici, uno degli interventi previsto riguarda la linea acqua calda a servizio delle UTA in copertura.

La problematica individuata in fase di gara è il contenimento delle dispersioni energetiche lungo i tratti esposti in copertura, in considerazione dell'utilizzo parziale dell'impianto: infatti si registra l'impiego delle batterie calde solo per l'UTA 6 (zona VIP) e per l'UTA 11 (zona stampa), mentre per

tutte le altre non vi è una significativa richiesta.

La soluzione di progetto consiste nell'intercettare la linea acqua calda esistente, di modo che solo queste due UTA vengano normalmente servite dall'impianto, prevedendo le seguenti opere:

- Installazione sulla condotta di mandata acqua calda di valvole deviatrici a sfera a comando manuale, in corrispondenza delle diramazioni secondarie da non alimentare;
- Installazione sulla condotta di ritorno acqua calda di valvole di intercettazione a farfalla, in corrispondenza delle diramazioni secondarie da non alimentare;
- Installazione di rubinetto a sfera per lo svuotamento delle diramazioni non alimentate.
- Dotazione delle esistenti pompe di circolazione P5 a servizio della linea, di inverter per il controllo della velocità di funzionamento dei motori in funzione delle mutevoli condizioni di portata riscontrabili.

Tutte le opere provvisorie propedeutiche alla realizzazione degli interventi descritti, quali la rimozione dei rivestimenti di coibentazione delle linee, le attività di scarico degli impianti, etc. dovranno essere ripristinate nelle condizioni iniziali.

In particolare, prima della messa in esercizio, si raccomanda di eseguire un flussaggio dell'impianto per poter rimuovere i residui di lavorazione dalle tubazioni.

Per quanto concerne le Pompe P5 a servizio della linea acqua calda, di seguito riportiamo le caratteristiche di funzionamento:

- Portata 148 m³/h
- Prevalenza 60 kPa
- Potenza elettrica 3kW

La portata, a seguito dell'intercettazione delle UTA, può diminuire a un valore teorico pari a circa 78 m³/h, e un conseguente regime ridotto di funzionamento a circa 30Hz.

Gli inverter saranno installati su apposite staffe di supporto e fissate a parete: per i criteri e le modalità di collegamento elettrico si rimanda alle disposizioni generali contenute nella relazione specialistica relativa agli impianti elettrici.

2.1.2 Impianto di produzione del ghiaccio a servizio delle nuove piste da Curling

L'impianto di produzione e mantenimento del ghiaccio riferito alle 2 piste da allenamento curling ed all'area raffreddamento stones, risulta concepito nel modo di seguito descritto.

In relazione alla conformazione architettonica del locale EX SALA STAMPA si è dovuto procedere con il posizionamento dei collettori di distribuzione della soluzione glicolata sul lato corto delle piste in quanto la presenza delle pilastri centrali impediva il posizionamento più efficace dei collettori sul lato lungo salvo raddoppiare i collettori (una serie per pista) a discapito degli spogliatoi che si sarebbero dovuti collocare in altra posizione difficilmente riscontrabile nell'area a causa dei ridotti

spazi disponibili.

Comunque la soluzione adottata con la corretta prevalenza della elettropompa di ricircolo della soluzione glicolata consentirà di rendere sufficientemente uniforme la temperatura del ghiaccio delle piste.

L'impianto di distribuzione della soluzione glicolata per il raffreddamento delle piste è previsto con tubazioni in polietilene SDR 11 PN minimo 12,5 Bar diametro DN 25 interasse 80 mm.

Le curve a 180° di fine pista ed i collegamenti ai collettori dovranno essere termosaldati al fine di diminuire l'ingombro generato dall'impiego di giunti elettrici per polietilene.

La rete di tubazioni dopo apposito collaudo idraulico verrà annegata nel cemento costituente la base delle piste.

I collettori DN 125 sono posizionati in un'apposito vano ispezionabile e le tubazioni costituenti i collettori non saranno isolate termicamente.

Dai collettori verso il lato strada partono le due tubazioni preisolate di collegamento con il gruppo di raffreddamento della soluzione glicolata posto sul tetto dell'edificio.

Il gruppo di raffreddamento della soluzione glicolata è costituito da un gruppo di raffreddamento con 2 motocompressori cadauno dotato di inverter, avente potenzialità totale pari a 150 kW con il raffreddamento della soluzione glicolata al 35% da -8°C a -11°C, un condensatore ad aria, un'evaporatore, una serie di accessori, un serbatoio di compensazione avente capacità di 1.500 lt, un vaso d'espansione lato idraulico e n°2 elettropompe (n°1 di completa scorta) per il ricircolo della soluzione glicolata fra il raffreddatore e le serpentine in polietilene costituenti le piste da curling.

Il gruppo raffreddatore della soluzione glicolata è posizionato su di un'apposito telaio zincato ed imbullonato in modo che il peso gravi solo su strutture portanti e non sul tetto piano già impermeabilizzato e non avente la portata necessaria a sostenere il gruppo refrigeratore in funzione.

Al quadro elettrico del gruppo di raffreddamento fanno capo anche le resistenze e le relative sonde di temperatura del cemento sotto l'isolamento termico delle piste.

L'impostazione del set di temperatura della soluzione glicolata da cui dipende la temperatura superficiale del ghiaccio delle piste è impostabile sul gruppo refrigeratore e sul sistema di supervisione collocato nel locale piste.

2.1.3 Impianto di climatizzazione al servizio delle nuove piste da Curling

L'impianto di climatizzazione del locale EX SALA STAMPA, adibito al contenimento delle 2 piste da allenamento curling ed all'area raffreddamento stones, risulta concepito nel modo di seguito descritto.

L'impianto di allenamento del curling è previsto per funzionare da inizi settembre a metà aprile.

La condizione climatica ottimale del locale richiesta per le competizioni internazionali è pari alla temperatura di +8°C con una umidità non superiore al 40%.

Le condizioni climatiche sopra esposte comporterebbero un'impianto di climatizzazione complesso, con alti assorbimenti elettrici e molto oneroso nella costruzione e nella gestione.

Per tali motivi l'impianto progettato è il compromesso, nei mesi caldi di utilizzo, fra le condizioni termoigrometriche previste nelle competizioni internazionali e le reali condizioni che si otterranno con l'impianto previsto.

Difficilmente in caso di condizioni particolarmente sfavorevoli nei mesi di settembre e ottobre si riuscirà ad avere l'umidità richiesta e la temperatura del locale si manterrà attorno ai +10°C.

Inoltre, il locale piste è concepito per ospitare circa 100 persone (80 spettatori + 20 giocatori) pertanto l'aria minima di rinnovo è pari a circa 4.000 mc/h.

Pertanto il gruppo refrigeratore è calcolato di potenzialità adatta per abbattere il solo calore sensibile della batteria di raffreddamento nelle condizioni peggiori dal punto di vista della temperatura esterna.

L'impianto è costituito dai componenti sotto elencati.

N° 1 UTA di ricircolo con miscelazione ed espulsione dell'aria di rinnovo composta da:

- una serie di filtri;
- una batteria di preriscaldamento dell'aria funzionante con acqua calda proveniente dal sito;
- una batteria di raffreddamento dell'aria funzionante ad acqua glicolata proveniente dal gruppo di raffreddamento dedicato e posto nelle vicinanze della UTA medesima;
- una batteria di postriscaldamento dell'aria funzionante con acqua calda proveniente dal sito;
- una serie di serrande ON-OFF e modulanti;
- un ventilatore di mandata funzionante tramite inverter installato a bordo;
- un ventilatore di aspirazione funzionante tramite inverter installato a bordo;
- una struttura autoportante ed isolata con pannelli termici adatta per la collocazione all'esterno;
- una serie di gruppi di regolazione fluidi preinstallati e cablati al quadro elettrico di controllo e comando, anch'esso installato a bordo UTA.

Gli scarichi condensa della UTA sono collegati alla rete esistente sul tetto piano.

Un silenziatore installato sul canale di mandata aria.

Un silenziatore installato sul canale di ripresa aria.

Una serie di canali di mandata e ripresa termicamente coibentati ed adatti per installazione

all'aperto.

Una serranda taglia fuoco con controllo e comando dal sistema antincendio posta sul canale di mandata nel passaggio soletta.

Una serranda taglia fuoco con controllo e comando dal sistema antincendio posta sul canale di aspirazione nel passaggio soletta.

Una serie di canali, termicamente coibentati, di distribuzione dell'aria nel locale piste con diffusione a bocchette laterali regolabili.

Una serie di canali, termicamente coibentati, di aspirazione dell'aria nel locale piste con griglie regolabili.

N° 2 sonde di rilievo temperatura aria del locale piste poste sul pilastro centrale e collocate rispettivamente ad un'altezza di mt. 1,50 e mt. 3,00 dal filo pavimento e connesse al quadro UTA posto sul tetto piano.

La media della temperatura rilevata fungerà di controllo della temperatura di immissione dell'aria nel locale.

L'impostazione del set di temperatura del locale piste è impostabile sul quadro UTA e sul sistema di supervisione collocato nel locale piste medesimo.

3 SPECIFICHE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO

3.1 Calcolo carichi termici pista ghiaccio

Il dimensionamento dell'impianto per la produzione del ghiaccio della pista di curling, viene effettuato seguendo le indicazioni riportate al capitolo 34 della pubblicazione ASHARE Refrigeration Handbook. I fabbisogni termici di refrigerazione tengono conto delle rietrate dall'involucro edilizio e dei carichi endogeni derivanti dalla presenza delle persone e dal funzionamento degli impianti. Di seguito riportiamo le formule di calcolo impiegate:

3.1.1 Carichi di tipo conduttivo/cambio di fase

Descrizione	Formula	UM	
Levigatura	$Ql = Va \cdot S \cdot (qs + Ca(Tw - 0) + Cg(0 - Tg))$ ed inoltre $q = Ql \cdot 1000 \cdot nl / \tau$	W	Va= quantità acqua per levigatura S= superficie pista Tw= temperatura acqua Tg = temperatura ghiaccio Cs = calore latente di solidificazione Cg=capacità termica massica ghiaccio τ = durata totale incontro nl= numero levigature per incontro
Verso Terreno	$q = Kp \cdot S \cdot (Tg - Tt)$	W	Kp=trasmissanza S= superficie Tt=temperatura terreno
Tubazioni in aria	$q = L \cdot 2\pi \cdot \lambda \cdot \Delta T / (\ln (De/Di))$	W	L= lunghezza tubazione λ = conducibilità coibente Di= diametro interno tubazione De= diametro esterno tubo isolato ΔT = salto termico interno-esterno
Tubazioni interrate	$q = L \cdot 2\pi \cdot \lambda \cdot \Delta T t /$ $(\lambda \cdot \ln(2H/De) + \lambda t \cdot \ln(De/Di))$	W	L= lunghezza tubazione λ = conducibilità coibente λt = conducibilità terreno H=profondità interrimento Di= diametro interno tubazione De= diametro esterno tubo isolato

Descrizione	Formula	UM	
			ΔT_t = salto termico interno-terreno
Pompe di circolazione	$q = \eta * P_e$	W	
Pattinatori	$q = n * Q_s$	W	

3.1.2 Carichi di tipo convettivo

Descrizione	Formula	UM	
In aria	$q = S * h * (T_a - T_g)$	W	<p>S= superficie pista</p> <p>h= coefficiente liminare aria-ghiaccio</p> <p>T_a= temperatura aria sopra pista</p> <p>T_g= temperatura ghiaccio</p>

3.1.3 Carichi per condensazione acqua contenuta in aria

Descrizione	Formula	UM	
Condensazione	$q = S * K * (X_a - X_i) * (q_l + q_s)$	W	<p>S= superficie pista</p> <p>K= coeff. Trasmissione di massa</p> <p>X_a= umidità assoluta aria</p> <p>X_i= umidità assoluta aria satura alla temperatura del ghiaccio</p> <p>q_l= calore latente di condensazione</p> <p>q_s= calore latente di solidificazione</p>

3.1.4 Carichi di tipo radiante

Descrizione	Formula	UM	
Dal tetto	$q = S * f * \sigma * (T_c^4 - T_g^4)$	W	<p>S= superficie pista</p> <p>f= fattore direzionale</p> <p>σ = costante di Boltzmann</p> <p>T_c= temperatura copertura</p> <p>T_g= temperatura ghiaccio</p>
Illuminazione	$q = \alpha * g * f_r * P_{ill}$		<p>αg= fattore di assorbimento</p> <p>f_r= percentuale di carico radiante</p> <p>apparecchi illuminanti</p>

Descrizione	Formula	UM	
			Pill= potenza elettrica totale apparecch illuminanti

3.1.5 Riepilogo dei carichi termici

3.1.5.1 Carichi di mantenimento

Carico totale

Levigatura	22 400	W	23%
Rientrate pavimento	- 200	W	0%
Rientrate tubazioni	4 000	W	4%
Rientrate collettori	8 000	W	8%
Carico pattinatori	4 100	W	4%
Rientrate carico convettivo	25 500	W	26%
Rientrate condensazione e solidificazione	3 100	W	3%
Rientrate carico radiante soffitto	6 800	W	7%
Carico illuminazione	5 700	W	6%
Carico elettropompe	19 300	W	20%
Totale	98 700	W	
Numero compressori	3+1riserva		
Potenza minima gruppo refrigeratore	132	kW	

3.1.5.2 Carichi di formazione ghiaccio

Carico totale

Tempo minimo di formazione ghiaccio	48 ore
Calore per formazione ghiaccio	7 878 MJ
Formazione ghiaccio	45 588 W

Rientrate pavimento	-	200 W
Rientrate tubazioni		4 000 W
Rientrate collettori		8 000 W
Carico pattinatori		- W
Rientrate carico convettivo		25 500 W
Rientrate condensazione e solidificazione		3 100 W
Rientrate carico radiante soffitto		3 800 W
Carico illuminazione		5 700 W
Carico elettropompe		19 300 W
Totale		114 788 W

3.2 Reti aerauliche

Il dimensionamento della rete di distribuzione aeraulica è stato effettuato con l'obiettivo di garantire che in ciascun locale possano attuarsi le condizioni termoigrometriche di progetto, che la rete di distribuzione dell'aria possa essere realizzata nella maniera più razionale ed efficiente in considerazione degli spazi disponibili per l'installazione dei condotti aeraulici e dell'interazione dei canali stessi con altre condutture impiantistiche. La geometria della rete progettata è stata determinata in modo da renderla quanto più equilibrata possibile dal punto di vista delle perdite di carico, rimandando alle operazioni di taratura e messa a punto finale la corretta regolazione delle portate prescritte per ciascun locale.

Il metodo seguito è quello delle perdite di carico costanti. In pratica, partendo dal ramo principale con una velocità dell'aria prefissata che renda sufficientemente contenuto il rumore prodotto, e proseguendo in tutti i diversi tronchi successivi con dimensioni tali, per la portata convogliata, da rendere la perdita di carico per unità di lunghezza costante ed uguale al valore iniziale.

La procedura seguita nel dimensionamento della rete areaulica è la seguente:

- determinazione delle esigenze d'immissione, distribuzione dell'aria dei singoli ambienti;

- determinazione degli spazi disponibili al fine dell'installazione dei canali mediante individuazione dei controsoffitti e dei cavedi resi a disposizione dalla configurazione architettonica e soprattutto strutturale dell'intervento in oggetto;
- determinazione dello sviluppo altimetrico e planimetrico della rete;
- considerazioni relative alla necessità di bilanciamento della rete;
- considerazioni connesse all'eventuale necessità di compartimentazione antincendio dei locali serviti.

Documenti di Riferimento:

ASHARE Handbook of Fundamentals, 1985 - Chapter 33: Duct Design

C. PIZZETTI - Condizionamento dell'aria e refrigerazione, 1980 - Capitolo 17: I canali dell'aria

Metodo di calcolo

In una rete di distribuzione aeraulica si riscontrano due tipologie di perdite di carico:

- perdita di carico distribuita
- perdita di carico concentrata

La prima perdita di carico esprimibile in Pa/m si genera per via dell'attrito dell'aria lungo le pareti del canale e la sua espressione analitica generale è la seguente:

$$\Delta p_d = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{w^2}{2g}$$

dove i termini rappresentano le seguenti grandezze:

Δp_d : la perdita di carico distribuita [m]

f: coefficiente di attrito [adimensionale]

L: lunghezza del condotto [m]

D: diametro del condotto [m]

$w^2/2g$: pressione dinamica [m]

Il moto di un fluido all'interno di un condotto può essere di tipo laminare o di tipo turbolento in funzione del numero di Reynolds così espresso:

$$Re = \frac{w \cdot D}{\nu}$$

dove i termini rappresentano le seguenti grandezze:

Re: numero di Reynolds [adimensionale]

w: velocità del fluido [m/s]

ν : viscosità cinematica [m²/s]

Il dominio di variazione di tale parametro può essere suddiviso in tre fasce così distinte:

$0 < Re < 2000$	moto laminare
$2000 < Re < 2500$	moto transitorio
$Re > 2500$	moto turbolento

L'equazione della perdita di carico distribuita assume due diverse espressioni analitiche a seconda che vi si trovi nel moto laminare o turbolento e la stessa equazione non è ben definibile analiticamente qualora il numero di Reynolds ricada nella fascia di valori di transizione. Quest'ultimo è il caso che ricorre nel dimensionamento di canali aeraulici per i quali si ricorre all'utilizzo di valori di perdita di carico tabellati prodotti dalle norme ASHRAE.

In applicazione dei principi illustrati in premessa si è proceduto, note le portate da garantire in ciascun ambiente per il mantenimento delle condizioni termoigrometriche di progetto, alla scelta di sezioni di canali in lamiera zincata tali da ricavare una perdita di carico sul fluido costante di circa 0,8-1,0 Pa/m. Le perdite di carico concentrate sono delle perdite di energia dovute alla presenza di pezzi speciali lungo il percorso dell'aria e la loro espressione analitica è la presente:

$$\Delta p_c = \zeta \cdot p_w = \zeta \cdot \rho \cdot \frac{w^2}{2}$$

dove i termini rappresentano le seguenti grandezze:

- Δp_c : perdita di carico concentrata [Pa]
- ζ : coefficiente di perdita [adimensionale]
- ρ : massa volumica [kg/m³]
- w : velocità dell'aria [m/s]
- $w^2/2g$: pressione dinamica [Pa]

Le norme ASHRAE mettono a disposizione una vasta serie di pezzi speciali associati al relativo coefficiente di perdita. Le perdite di carico relative ai diffusori e alle griglie di ripresa sono stati dedotti dai grafici sperimentali forniti per determinate serie di prodotti commerciali.

Altrettanto dicasi per la valutazione delle perdite di carico relative alle serrande di regolazione. La scelta dei diffusori dell'aria è stata svolta imponendo un limite massimo di rumorosità prodotta dalle stesse, e verificando che la velocità residua dell'aria emessa dal diffusore, all'interno dell'area occupata, rientrasse entro i parametri previsti.

Per il caso in oggetto sono state previste reti di distribuzione distinte una ogni blocco da servire. I due blocchi fanno capo ognuno ad una unità di trattamento aria all'uopo dedicata. All'imbocco del cavedio e all'attraversamento delle compartimentazioni REI sono state previste le installazioni di serrande tagliafuoco, così come è prevista l'installazione di collari tagliafuoco da applicare sulle tubazioni in corrispondenza degli attraversamenti delle murature tagliafuoco.

Gli elementi che si andranno ad installare avranno resistenza al fuoco non inferiore a quella della parete attraversata.

Dai condotti orizzontali si staccano le derivazioni ai locali che immettono l'aria attraverso appositi diffusori dotati di serranda di regolazione. I terminali adottati sono bocchette quadrate multidirezionali e griglie da installarsi in controsoffitto, nei servizi igienici sono state previste valvole di ventilazione. Nei locali adibite a terapia intensiva l'aria primaria viene immessa nelle travi attive. Il dimensionamento dei terminali tiene conto delle esigenze di ricambio aria, dei carichi termici invernali ed estivi, della distribuzione uniforme dell'aria e delle esigenze di comfort termoigrometrico ed acustico.

Sugli elaborati grafici di progetto, sono riportate le dimensioni dei canali e dei componenti aeraulici calcolati seguendo le indicazioni sopra riportate.

Di seguito riportiamo i criteri di dimensionamento impiegati per la determinazione delle sezioni dei canali:

- Viscosità dell'aria: **0,0182 Pa s**
- Densità dell'aria: **1,2 kg/m³**
- Materiale: Canali poli-isocianato con rivestimento interno in alluminio
- Rugosità assoluta della parete interna: **1,1 mm**
- Velocità di attraversamento: Massimo **8 m/s** per tratti principali
Massimo **5 m/s** per diramazioni secondarie

Sia per la rete di mandata che per quella di ripresa, si riscontra una prevalenza statica utile al ventilatore di almeno **200 Pa**, in modo da garantire l'immissione/estrazione delle portate d'aria necessarie.

3.3 Reti termofluidiche

L'impianto di Distribuzione termofluidica comprende le tubazioni di mandata e ritorno dei seguenti fluidi termovettori:

- | | |
|--|-------------------------------|
| • Acqua refrigerata per alimentazione U.T.A. | mandata + 7 °C ritorno + 12°C |
| • Miscela Acqua-glicole per alimentazione U.T.A. | mandata -1 °C ritorno + 4°C |
| • Miscela Acqua-glicole piste ghiaccio | mandata - 11 °C ritorno - 8°C |

Le dorsali principali saranno realizzate in acciaio nero saldato di testa con raccorderia a saldare e flange di accoppiamento, ovvero giunti a tre pezzi delle principali apparecchiature e dispositivi inseriti in linea. Per l'impianto di formazione di ghiaccio delle piste saranno impiegati tubazioni di polietilene PE100 a norma DIN8074/75 per impieghi idonei con fluidi refrigeranti. Il dimensionamento delle tubazioni è stato effettuato assumendo valori massimi di velocità dei fluidi e di perdita di carico specifica.

Il dimensionamento della rete di distribuzione dei fluidi è stato svolto con l'obiettivo di garantire che a ciascuna utenza vengano assicurate le caratteristiche di portata e pressione prescritte tecnicamente e normativamente.

La geometria delle rete distributiva e le sezioni adottate mirano ad ottenere un bilanciamento della rete alle diverse utenze, riservandosi la possibilità di calibrare con maggior precisione la distribuzione delle pressioni e portate lungo la rete in fase di messa in esercizio mediante l'ausilio di apposite valvole di regolazione.

La procedura di bilanciamento è in linea di principio imprescindibile affinché lungo la rete non si creino circuiti preferenziali di flusso del fluido vettore a scapito di tratti di circuito scarsamente serviti.

Il metodo di calcolo adottato è quello a perdita di carico costante per unità di lunghezza della tubazione. In pratica, partendo dal ramo principale con una velocità del fluido prefissata che renda sufficientemente contenuto il rumore prodotto, si dirama la rete nei diversi tronchi successivi con dimensioni tali da rendere la perdita di carico per unità di lunghezza costante ed uguale al valore iniziale.

Negli impianti termofluidici di condizionamento il fluido termovettore è l'acqua. Le principali proprietà dell'acqua che interessa conoscere sono le seguenti:

- massa volumica, (kg/m³ a 20 °C e 101,325 kPa): $\rho_{H_2O}=998,3 \text{ kg/m}^3$
- viscosità dinamica (a 20 °C e 101,325 kPa): $\nu_{H_2O}=1,0 \text{ mN s/m}^2$
- viscosità cinematica: $\nu_{H_2O}=1,0 \text{ mm}^2/\text{s}$ (centistokes)

Per quanto concerne l'impianto di produzione del ghiaccio, viene invece utilizzata una miscela acqua-glicole etilico inebito al 36% valgono:

- massa volumica (a -10°C) $\rho_M=1063 \text{ kg/m}^3$
- punto di congelamento: - 19,4°C
- viscosità dinamica (a -10°C): $\nu_M=7,91 \text{ mN s/m}^2$

- Capacità termica (a -10°C): $C_M=3,44\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$

La letteratura tecnica mette a disposizione le proprietà fisiche dei fluidi alle differenti condizioni di esercizio. Nella rete di distribuzione idrica si riscontrano due tipologie di perdite di carico:

- perdita di carico distribuita
- perdita di carico concentrata

La prima perdita di carico esprimibile in Pa/m si genera per via dell'attrito del fluido vettore (acqua) lungo le pareti delle tubazioni e la sua espressione analitica generale è la seguente:

$$\Delta p_d = f \frac{L}{D} \rho \frac{w^2}{2}$$

dove i termini rappresentano le seguenti grandezze:

Δp_d : perdita di carico distribuita [Pa]

f : coefficiente di attrito [adimensionale]

L : lunghezza della tubazione [m]

D : diametro interno della tubazione [m]

w : velocità media del fluido [m/s]

ρ : massa volumica del fluido [kg/m^3]

Il moto di un fluido all'interno di una tubazione può essere di tipo laminare o di tipo turbolento in funzione del numero di Reynolds così espresso:

$$\text{Re} = \frac{w D}{\nu}$$

dove i termini rappresentano le seguenti grandezze:

Re : numero di Reynolds [adimensionale]

w : velocità del fluido [m/s]

D : diametro interno della tubazione [m]

ν : viscosità cinematica [m^2/s]

Il dominio di variazione di tale parametro può essere suddiviso in tre fasce così distinte:

$0 < Re < 2000$	moto laminare
$2000 < Re < 2500$	moto transitorio
$Re > 2500$	moto turbolento

L'equazione della perdita di carico distribuita assume due diverse espressioni analitiche a seconda che vi si trovi nel moto laminare o turbolento e la stessa equazione non è ben definibile analiticamente qualora il numero di Reynolds ricada nella fascia di valori di transizione.

Il caso che ricorre nel dimensionamento delle tubazioni idriche è quello del moto turbolento. All'interno di tale dominio, l'espressione relativa al coefficiente di attrito assume la seguente espressione analitica detta equazione di Colebrook:

$$\frac{1}{f} = 2 \log \frac{k}{3.7 D} + \frac{2.51}{Re f^{0.5}}$$

dove oltre ai termini già definiti in precedenza troviamo il coefficiente k che rappresenta la rugosità della tubazione espressa in metri.

Questa è un'equazione implicita in f pertanto si presta ad essere risolta per via iterativa.

In funzione del coefficiente k si possono identificare le seguenti tre categorie di tubazioni:

- tubazioni a bassa rugosità (es. tubi in rame e materiale plastico) $0,002 < k < 0,007$
- tubazioni a media rugosità (es. tubi in acciaio nero e zincato) $0,020 < k < 0,090$
- tubazioni ad alta rugosità (es. tubi incrostati o corrosi) $0,200 < k < 1,000$

In applicazione dei principi illustrati in premessa si è proceduto, note le portate da garantire in ciascun circuito (conseguenti le potenze ed i salti termici di progetto), alla scelta di sezioni di tubazioni in acciaio nero tali da provocare una perdita di carico sul fluido costante dell'ordine di 200 Pa/m.

Le perdite di carico concentrate sono delle perdite di energia dovute alla presenza di pezzi speciali (deviazioni di percorso, valvolame, ecc.) lungo il percorso del fluido vettore e la loro espressione analitica è la seguente:

$$\Delta p_{ci} = \zeta \rho \frac{w^2}{2}$$

dove i termini rappresentano le seguenti grandezze:

Δp_{ci} : perdita di carico concentrata relativa all'i-esimo pezzo speciale [Pa]

ζ : coefficiente di perdita di carico localizzata [adimensionale]

w : velocità cinematica del fluido [m/s]

ρ : massa volumica del fluido [kg/m³]

La letteratura tecnica mette a disposizione una vasta serie di coefficienti in funzione degli elementi previsti nel circuito idraulico.

Le perdite di carico relative ai terminali dei circuiti idraulici sono stati ricavati dalle schede tecniche dei componenti medesimi.

La sommatoria dei Δp_{ci} a loro volta sommati alle perdite di carico dei terminali di erogazione dell'energia ed alla perdite distribuite delle tubazioni porta ad avere la prevalenza che dovrà essere assicurata dal circolatore di competenza per garantire le portate di progetto.

La scelta dei gruppi di pompaggio è stata effettuata in modo tale che il punto di lavoro di ciascun circuito (Q , Δp_c) calcolato con la metodologia precedentemente descritta, ricada sulla curva di lavoro caratteristica di ciascun circolatore, evitando i punti estremi della curva medesima onde garantire una maggiore flessibilità di lavoro. Il dimensionamento degli staffaggi deve essere svolto con gli usuali metodi di calcolo della scienza delle costruzioni, nel caso specifico applicati a strutture metalliche.

La distanza adottata fra supporti successivi si attiene a quanto di seguito riportato.

Tali interdistanze sono da considerarsi applicabili a tubi pieni d'acqua.

Nel fissaggio delle tubazioni sono stati previsti idonei sistemi capaci di consentire la dilatazione delle tubazioni. La tabella seguente indica i valori massimi di interasse tra i supporti delle tubazioni.

DIAMETRO TUBO	TUBI IN ACCIAIO [m]
3/4"	2,1
1"÷1"1/2	2,1
2"÷2"1/2	3,0
3"	3,7
4"	4,2
5"	4,8
6"	5,2
8"	5,8
10"	6,7
12"	7,0
14"	7,6

Di seguito si riportano i calcoli dei dimensionamenti delle reti di distribuzione fluidica:

UTENZA	FLUIDO	DESCRIZIONE	portata lt/h	DN	mm/m	PERDITE CONCENTRATE					TUBO m	Leq m	Dp componenti mm c.a.	Dp mm c.a.
						ALL	CU90	RES	TEE-CONF	TEE-SQU				
UTA	Acqua calda	Batteria PRE	2 500	25	77,9	1	8	1	1	1	20,0	38,3	3000,0	5 986
UTA	Acqua calda	Batteria POST	7 260	40	72,1	1	8	1	1	1	20,0	43,9	4000,0	7 167
UTA	Mix 35% glic.	Batteria RAFFR	24 600	80	28,8	1	8	1	1	1	16,0	63,6	4000,0	5 830
PISTA	Mix 35% glic.	Linea principale	25 800	125	3,1		8				120,0	166,6	3500,0	4 009
PISTA	Mix 35% glic.	Spira	450	25	3,3		1		1	1	90,0	95,8		313

4 NORMATIVA

Norme specifiche

Regolamento edilizio e di igiene del Comune di Torino

Igiene e sicurezza nei luoghi di lavoro

Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 - Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

D.M. 22 gennaio 2008, n.37 "Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n.248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici"

D.M. 1.12.1975 "Norme di sicurezza per apparecchi contenenti liquidi caldi sotto pressione e relative specifiche tecniche applicative"

D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"

A.N.C.C. – Raccolta R "Norme di sicurezza per apparecchi contenenti liquidi caldi sotto pressione"

Rumorosità degli impianti

Decreto Legislativo 10.04.2006, n. 195 "Attuazione della direttiva 2003/10/CE relativa all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (rumore)"

Legge 26.10.1995 n°447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico"

D.P.C.M. 01.03.91 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno"

D.P.C.M. 14.11.97 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"

D.P.C.M. 5.12.97 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici"

UNI 8199:1998 - Acustica - Collaudo acustico degli impianti di climatizzazione e ventilazione - Linee guida contrattuali e modalità di misurazione.

Risparmio energetico e impianti di climatizzazione

Decreto Legislativo 30 maggio 2008, n. 115 "Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CE"

D.lgs 29 dicembre 2006, n° 311 "Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n° 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia

D.lgs 3 aprile 2006, n° 152 "Norme in materia ambientale"

Decreto Legislativo 19.08.2005, n° 192 "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia" e s.m.i.

Deliberazione del Consiglio Regionale 11 gennaio 2007, n. 98-1247 Attuazione della legge regionale 7 aprile 2000, n. 43 (Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico). Aggiornamento del Piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria, ai sensi degli articoli 8 e 9 decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 351. Stralcio di Piano per il riscaldamento ambientale e il condizionamento

Allegato energetico Ambientale al Regolamento edilizio della città di torino

Legge 09.01.1991 n. 10 "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia"

D.P.R. 26.08.1993 n. 412 "Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10"

D.P.R. 21.12.1999 n. 551 "Regolamento recante modifiche al decreto D.P.R. 26.08.1993 n. 412, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti

UNI/TS 11300-1:2014 - Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale

UNI/TS 11300-2:2014 - Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali

UNI/TS 11300-3:2010 - Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva

UNI/TS 11300-4:2012 - Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria