

Committente	COMUNE DI PADOVA SETTORE LAVORI PUBBLICI SERVIZIO IMPIANTI SPORTIVI
Progetto Esecutivo	ARCOSTRUTTURA DI VIA LUISARI: ADEGUAMENTO ENERGETICO E NUOVI SPOGLIATOI
Rif. Comune di Padova	LLPP EDP 2020/092
RUP	Arch. STEFANO BENVENU'

Nome file	APPR_33_IT.R01
Oggetto Elaborato	RELAZIONE TECNICA E CALCOLI
Sigla elaborato	IT. R01
Data	SETTEMBRE 2022
Revisione	—

1. PREMESSA	3
2. PRINCIPALI NORMATIVE DI RIFERIMENTO	4
3. DATI DI PROGETTO	7
<b>3.1.</b> Dati geoclimatici	7
<b>3.2.</b> Condizioni termoigrometriche interne	8
<b>3.3.</b> Aria esterna di rinnovo	9
<b>3.4.</b> Tassi di infiltrazione	9
<b>3.5.</b> Temperatura e velocità dei fluidi termovettori	9
<b>3.6.</b> Principali risultati dei carichi termici e frigoriferi e relative verifiche	10
4. PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO	11
<b>4.1.</b> Centrale termica e distribuzione idronica	11
<b>4.2.</b> Distribuzione aeraulica	11
<b>4.3.</b> Terminali di erogazione	12
<b>4.4.</b> Regolazione	13
5. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DEI COMPONENTI DI IMPIANTO	14
<b>5.1.</b> Reti idroniche	14
<b>5.2.</b> Vasi di espansione a membrana	16
<b>5.3.</b> Impianto aeraulico	18

## 6. PREMESSA

Il presente documento riguarda le scelte impiantistiche meccaniche operate per la progettazione esecutiva del nuovo impianto sportivo di Via Luisari a Padova.

Il progetto degli impianti è stato impostato considerando i seguenti aspetti:

- Garanzia di benessere termoigrometrico per i vari ambienti e le relative destinazioni d'uso;
- Contenimento dei costi energetici, di realizzazione, di gestione e manutenzione degli impianti.

Si prevede il rifacimento degli impianti in merito sia alla coibentazione dell'arcostruttura, che alla realizzazione dei nuovi spogliatoi e locali tecnici.

Dei vecchi impianti sarà mantenuta solo l'adduzione acqua sanitaria.

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto aeraulico per la palestra e un riscaldamento a radiatori per la zona spogliatoi.

La generazione di calore sarà effettuata con una pompa di calore ad alta efficienza e una caldaia, il cui funzionamento sarà regolato in relazione alla temperatura esterna.

Nella palestra per garantire i ricambi dell'aria si è prevista una centrale di trattamento aria che possa arrivare anche a 2 ricambi ora del volume d'aria, in modo da mantenere bassa la carica batterica e virale in ambiente.

## 2. PRINCIPALI NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Le normative di riferimento sono quelle riguardanti la salute e la sicurezza degli utilizzatori dell'opera, il superamento delle barriere architettoniche, il risparmio energetico nonché quelle relative alla qualità dell'opera. Le norme di seguito riportate sono da intendersi comprese le eventuali modificazioni.

Le principali norme sono le seguenti:

- (Ex Legge n. 373 del 30.04.1976 e relativi decreti di attuazione D.P.R. n. 1052 del 28.06.1977 e D.M. 10.03.1977);
- D.P.R. n. 412 del 26.08.1993 – “Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumo di energia”;
- D.P.R. n. 551 del 21.12.1999 – “Regolamento recante modifiche al Decreto del Presidente della Repubblica n. 412 del 26.07.1993, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia”. • Dlgs n. 192 del 19.08.2005 – “Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia”;
- Dlgs n. 311 del 29.12.2006 – “Disposizioni correttive ed integrative al Decreto Legislativo n. 192 del 19.08.2005, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia.” Le metodologie di calcolo adottate dovranno garantire risultati conformi alle migliori regole tecniche, a tale requisito rispondono le normative UNI e CEN vigenti in tale settore che sono indicate sull'allegato L del decreto;

- D.P.R. n. 59 del 02.04.2009 – “Regolamento di attuazione (...) del D.Lgs. 19.08.2005 (...) sul rendimento energetico in edilizia” • Disposizioni e regolamenti emanati dagli Enti locali in materia di risparmio energetico ed in particolare D.G.R. Lombardia n. 8745 del 22.12.2008 – “(...) disposizioni per l’efficienza energetica in edilizia (...)”;

- Dlgs n. 28 del 03.03.2011 – “(...) promozione dell’uso dell’energia da fonti rinnovabili (...)”;

- DECRETO PRESIDENZIALE 16 aprile 2013, n. 74 Regolamento recante definizione dei criteri generali in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici e per la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari;

- DECRETO-LEGGE 4 giugno 2013, n. 63 Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale;

- DM 26/06/2015 come decreti attuativi della Legge 90/2013;

- 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 11300-2:2019 - Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la

climatizzazione invernale e 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 11300-4:2016 - 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;

- UNI/TS 11300-5:2016 - Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 5: Calcolo dell'energia primaria e della quota di energia da fonti rinnovabili;

- UNI/TS 11300-6:2016 - Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 6: Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili;

- Norma UNI 10339:1995 (sostituisce la UNI 5104) - Impianti aeraulici ai fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura;

- Norma UNI 5364:1976 - "Impianti di riscaldamento ad acqua calda: norme per l'ordinazione, l'offerta ed il collaudo";

- Norma UNI EN 12237:2004 (sostituisce la UNI 10381-1 e la UNI 10381-2) relativa alla classificazione, progettazione, dimensionamento, posa e caratteristiche costruttive di condotte e componenti relative agli impianti aeraulici;

### 3. DATI DI PROGETTO

Nella presente relazione tecnica saranno evidenziate le necessarie informazioni che hanno condotto alla valutazione del carico termico estivo ed invernale per ogni ambiente, punto di partenza per discriminare una scelta in termini tecnici ed economici dell'impianto più idoneo, in base anche alla destinazione d'uso dei locali, all'occupazione degli stessi ed alla disponibilità degli spazi per collocare le macchine e gli impianti di servizio.

#### 3.1. Dati geoclimatici

##### Caratteristiche geografiche

Località	<b>Padova</b>		
Provincia	<b>Padova</b>		
Altitudine s.l.m.		<b>12</b>	m
Latitudine nord	<b>45° 24'</b>	Longitudine est	<b>11° 52'</b>
Gradi giorno DPR 412/93		<b>2383</b>	
Zona climatica		<b>E</b>	

##### Località di riferimento

per dati invernali	<b>Padova</b>
per dati estivi	<b>Padova</b>

##### Stazioni di rilevazione

per la temperatura	<b>Campagna Lupia - Valle Averso</b>
per l'irradiazione	<b>Campagna Lupia - Valle Averso</b>
per il vento	<b>Campagna Lupia - Valle Averso</b>

##### Caratteristiche del vento

Regione di vento:	<b>A</b>		
Direzione prevalente	<b>Nord-Est</b>		
Distanza dal mare	<b>&lt; 40</b>	km	
Velocità media del vento	<b>3,9</b>	m/s	
Velocità massima del vento	<b>7,8</b>	m/s	

##### Dati invernali

Temperatura esterna di progetto	<b>-5,0</b>	°C
---------------------------------	-------------	----

Stagione di riscaldamento  
convenzionale

dal **15 ottobre** al **15 aprile**

Dati estivi

Temperatura esterna bulbo asciutto	<b>32,5</b>	°C
Temperatura esterna bulbo umido	<b>24,0</b>	°C
Umidità relativa	<b>50,0</b>	%
Escursione termica giornaliera	<b>13</b>	°C

**Temperature esterne medie mensili**

Descrizione	u.m.	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Temperatura	°C	3,0	3,6	8,6	12,8	18,9	22,3	23,7	23,7	18,6	13,9	8,3	4,8

**Irradiazione solare media mensile**

Esposizione	u.m.	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Nord	MJ/m <sup>2</sup>	1,5	2,3	3,6	5,3	8,2	10,2	9,5	6,9	4,5	2,6	1,6	1,3
Nord-Est	MJ/m <sup>2</sup>	1,7	3,0	5,1	8,1	11,3	13,5	13,0	10,5	7,4	3,3	1,8	1,4
Est	MJ/m <sup>2</sup>	4,1	6,2	8,2	11,4	14,1	16,0	15,8	14,0	11,5	5,4	3,7	3,9
Sud-Est	MJ/m <sup>2</sup>	7,5	9,5	10,1	12,1	13,1	13,8	14,0	13,9	13,5	7,2	6,1	7,7
Sud	MJ/m <sup>2</sup>	9,8	11,5	10,7	10,9	10,7	10,7	11,0	11,8	13,1	8,2	7,6	10,2
Sud-Ovest	MJ/m <sup>2</sup>	7,5	9,5	10,1	12,1	13,1	13,8	14,0	13,9	13,5	7,2	6,1	7,7
Ovest	MJ/m <sup>2</sup>	4,1	6,2	8,2	11,4	14,1	16,0	15,8	14,0	11,5	5,4	3,7	3,9
Nord-Ovest	MJ/m <sup>2</sup>	1,7	3,0	5,1	8,1	11,3	13,5	13,0	10,5	7,4	3,3	1,8	1,4
Orizz. Diffusa	MJ/m <sup>2</sup>	2,0	3,0	4,9	6,3	8,3	8,7	8,4	7,3	5,7	3,7	2,2	1,7
Orizz. Diretta	MJ/m <sup>2</sup>	2,8	4,8	6,3	10,2	13,0	15,9	15,7	13,3	10,3	3,6	2,4	2,7

Irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione: 285 W/m<sup>2</sup>

### 3.2. Condizioni termoigrometriche interne

Le condizioni termiche da raggiungere e mantenere nei locali climatizzati durante il funzionamento invernale sono dettate dall'art. 3 del D.P.R. n.74/13, e sono pari a 20°C + 2°C di tolleranza negli spogliatoi e 18°C +2 °C nella palestra.

La climatizzazione estiva non è prevista.

### 3.3. Aria esterna di rinnovo

Le portate dell'aria di rinnovo nella palestra sono state dimensionate in accordo con la norma UNI 10339 che prevederebbe per 50 atleti 3000 m<sup>3</sup>/h di portata di rinnovo

(16 l/s per persona). Tuttavia per mantenere bassa la carica batterica e virale si può lavorare con 2 ricambi ora e arrivare in condizioni non particolarmente critiche a 3 ricambi ora del volume della palestra

I ricambi saranno garantiti mediante l'UTA, che è equipaggiata con recuperatore di calore.

### **3.4. Tassi di infiltrazione**

È prevista esclusivamente l'infiltrazione naturale di aria dall'esterno pari a 0.1-0.2 Vol./h negli ambienti interni.

### **3.5. Temperatura e velocità dei fluidi termovettori**

Le temperature di mandata e ritorno relative a ventilconvettori e radiatori sono elencate alla tabella seguente:

Terminali	Temp. Mandata	Temp. Ritorno
	[°C]	[°C]
Batteria UTA	55	50
Radiatori	55	45

Le velocità di progetto nelle tubazioni, poiché si tratta di tubazioni in acciaio fino ai collettori, e rame dai collettori ai terminali di erogazioni, saranno pari a:

Tipo di tubazione	Tubazioni principali	Tubazioni secondarie	Tubazioni ai corpi scaldanti
Tubazioni acciaio	1,5 - 2,5	0,5 - 1,5	0,2 - 0,7
Tubazioni in mat plastico o multistrato	0,9 - 1,2	0,5 - 1,5	0,2 - 0,7

### 3.6. Principali risultati dei carichi termici e frigoriferi e relative verifiche

Si fa riferimento ai calcoli della L.10/91 e smi.

## 4. PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

### 4.1. Centrale termica e distribuzione idronica

L'impianto di riscaldamento sarà del tipo a due tubi, e a collettori per i radiatori.

La distribuzione del fluido termovettore acqua sarà realizzata in centrale termica con tubazioni in ferro S.S., nero a norma UNI 8863, compresi i raccordi e i pezzi speciali.

Per gli attacchi ai radiatori sarà utilizzata tubazione multistrato.

Le tubazioni e i relativi accessori dovranno essere coibentati, sia in C.T che negli ambienti, con spessori conformi alla normativa vigente. La tabella seguente mostra ad esempio gli spessori minimi di isolamento di diversi diametri di tubazione in funzione di un materiale isolante avente conduttività termica utile pari a  $0.04 \text{ W/m}^2\text{K}$ :

ISOLAMENTO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE DEL CALORE NEGLI IMPIANTI TERMICI						
Conduttività termica utile dell'isolante [W/m°C]	Diametro esterno delle tubazioni [mm]					
	< 20	da 20 a 39	da 40 a 59	da 60 a 79	da 80 a 99	> 100
0,03	13	19	26	33	37	40
0,032	14	21	29	36	40	44
0,034	15	23	31	39	44	48
0,036	17	25	34	43	47	52
0,038	18	28	37	46	51	56
0,04	20	30	40	50	55	60
0,042	22	32	43	54	59	64
0,044	24	35	46	58	63	69
0,046	26	38	50	62	68	74
0,048	28	41	54	66	72	79
0,05	30	44	58	71	77	84

La rete dovrà essere installata, dove necessario, con le dovute pendenze per assicurare lo scarico nei punti bassi e lo sfiato nei punti più alti, in tutto il circuito.

## 4.2. Distribuzione aeraulica

L'aria esterna opportunamente trattata dalle UTA (filtrazione e riscaldamento) sarà convogliata in una rete aeraulica di mandata e ripresa realizzata in parte con canali di alluminio preisolato con pannelli sandwich eco-compatibili, antimicrobici e autopulenti in parte in acciaio e per la diffusione dell'aria all'interno della palestra con canali microforati in tessuto.

Tutte le aperture delle condotte verso l'esterno, (espulsione, presa aria esterna, ecc.) saranno provviste di apposita griglia antivolatile. Le curve e i pezzi speciali saranno provvisti, ove necessario, di alette deflettrici.

Le curve saranno eseguite come segue:

- di norma con raggio di curvatura uguale alla larghezza del canale;
- qualora i raggi debbano essere minori, si impiegheranno dei deflettori.
- verranno impiegati i deflettori nel caso in cui le lunghezze del tronco di canale a valle della curva non saranno tali da ottenere una stabilizzazione del flusso d'aria prima di un'accidentalità nel moto del fluido.

I collegamenti tra l'UTA e le condotte saranno realizzati mediante appositi giunti antivibranti allo scopo di isolare dalle vibrazioni. Le condotte saranno supportate autonomamente per evitare che il peso del canale venga trasferito sugli attacchi flessibili.

Quando in una canalizzazione intervengano cambiamenti di sezione, di forma oppure derivazioni, i tronchi di differenti caratteristiche dovranno essere raccordati fra di loro mediante adatti pezzi speciali di raccordo.

Il punto di sdoppiamento dei canali prevederà un plenum.

I canali dovranno essere opportunamente sostenuti alle strutture dell'edificio anche con pendinatura o con staffe di appoggio.

Per l'impianto di recupero di calore all'interno dei locali spogliatoi, si sono previste 2 unità a recupero di calore con portata d'aria nominale pari a 1900mc/h, in modo tale

d'avere ricambia d'aria pari 1,5 volumi/h. Ciascun recuperatore è provvisto di batterai di pre riscaldamento.

#### **4.3. Terminali di erogazione**

Per gli spogliatoi si prevedono radiatori tubolari in acciaio a due colonne verniciati di colore bianco completi di valvole e detentori.

#### **4.4. Regolazione**

La regolazione sarà centralizzata di tipo climatica con temperatura di mandata ai corpi scaldanti e dell'aria palestra in funzione della temperatura esterna e della temperatura dell'acqua di ritorno dai circuiti.

## 5. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DEI COMPONENTI DI IMPIANTO

### 5.1. Reti idroniche

In questo paragrafo sono riportati criteri di dimensionamento delle reti idroniche di alimentazione dei collettori dell'impianto radiante e della batteria delle UTA, al fine di determinare le caratteristiche delle pompe di circolazione.

Verranno utilizzate, su tutti i circuiti di acqua refrigerata e riscaldata, valvole a sfera o saracinesche a passaggio totale con corpo in ghisa/bronzo, flangiate/filettate con diametri uguali o maggiori del DN 65; in bronzo, filettate per diametri uguali o minori DN 50.

Le tubazioni saranno dimensionate assumendo per esse valori di perdite di carico da 10 ÷ 50 mm c.a. per metro lineare di tubazione rettilinea; per quanto riguarda la velocità dell'acqua nelle stesse si assumono i seguenti valori:

- tubazioni aventi  $\varnothing \leq 2''$  da 0,6 a 1,2 m/sec.
- tubazioni maggiori  $\varnothing 2''$  da 1,2 a 1,7 m/sec.

Le perdite di carico in un circuito idraulico sono date dalla somma di due fattori: le perdite di carico distribuite e quelle concentrate.

Per tubi di media rugosità ( $0,020 < \varepsilon < 0,090$ ), le perdite di carico continue unitarie sono state calcolate attraverso la seguente formula di Darcy:

$$r = 3,3 \cdot \nu^{0,13} \cdot \rho \cdot \frac{G^{1,87}}{D^{5,01}}$$

dove:

r = perdita di carico continua unitaria, mm c.a./m;

$\rho$  = densità dell'acqua, kg/m<sup>3</sup>;

$\nu$  = viscosità cinematica dell'acqua, m<sup>2</sup>/s;

$G$  = portata, l/h

$D$  = diametro interno, mm

Le perdite di carico distribuite sono proporzionali alla lunghezza reale del circuito ( $L$ ) ed alla perdita di carico specifica ( $r$ ) secondo la relazione:

$$R = L \cdot r$$

dove  $L$  è la lunghezza della tubazione in m, mentre le perdite di carico concentrate sono state calcolate attraverso la relazione:

dove:

$$z = \xi \cdot \rho \cdot \frac{\nu^2}{2 \cdot 9,81}$$

$z$  = perdite di carico localizzate, mm c.a.;

$\xi$  = coefficiente di perdita localizzata, adimensionale;

$\rho$  = densità dell'acqua, kg/m<sup>3</sup>;

$\nu$  = velocità, m/s.

Applicando i concetti e la metodologia sopra descritti sono stati ricavati, per i singoli rami del circuito, il valore della perdita di carico; sommando le perdite di carico dei vari rami che compongono i circuiti di alimentazione dei singoli collettori, è stata individuata la perdita di carico totale di ciascun circuito inteso come l'insieme di tratti di tubazione che, partendo dalle pompe di circolazione e tornando alla centrale, raggiungono i singoli terminali.

Per il calcolo delle perdite localizzate si è tenuto conto anche delle perdite dei collettori e delle batterie idroniche.

## 5.2. Vasi di espansione a membrana

Per il calcolo dei vasi di espansione con diaframma è stata utilizzata la seguente formula riportata nelle norme ISPEL:

$$V_v \geq \frac{V_a \cdot e}{\frac{P_{fa} - P_{ia}}{P_{fa}}}$$

con:

dove:

$V_v$  = volume del vaso di espansione;

$e$  = coefficiente di dilatazione dell'acqua, riportato nella tabella seguente in funzione della differenza massima di temperatura dell'acqua di impianto:

Differenza di Temperatura (°C)	Coefficiente $e$
0	0.00013
10	0.00027
20	0.00177
30	0.00435
40	0.01210
50	0.01450
55	0.01710
60	0.01980
65	0.02270
70	0.02580
75	0.02900
80	0.03240
85	0.03590
90	0.03960
100	0.04340
110	0.05150

$V_A$  = contenuto di acqua dell'impianto;

$P_{ia}$  = pressione assoluta di precarica del vaso di espansione, la somma del valore di precarica relativa del vaso (determinata dall' impianto) e della pressione atmosferica;

$P_{fa}$  = Pressione assoluta di taratura della valvola di sicurezza, ottenuta sommando il valore di pressione relativa della valvola e il valore della pressione atmosferica.

### 5.3. Impianto aeraulico

Per la progettazione delle reti di distribuzione dell'aria sono stati considerati alcuni dati fondamentali: portata e velocità dell'aria, disponibilità di spazio, sistemi di immissione dell'aria in ambiente, perdite di carico, livello sonoro ammissibile, perdite o guadagni di energia termica attraverso le pareti dei condotti, sistemi di coibentazione, sistemi di staffaggio, propagazione di fumo e/o fuoco, costi di intervento e costi di gestione.

Le reti sono state dimensionate con il metodo della perdita di carico costante considerando una velocità massima in partenza dall'UTA pari a 6m/s.

Tale metodo consiste nel calcolare le dimensioni dei canali partendo dal ramo principale, con una velocità prefissata che tenga conto per esempio delle esigenze di rumorosità, e proseguendo nell'assegnare a tutti i diversi tronchi successive dimensioni tali che, per la portata convogliata, la perdita di carico sia sempre costante ed uguale al valore iniziale. Tale metodo comporta di equilibrare poi le diverse diramazioni con particolari artifici, in modo di garantire a monte di tutti i terminali la pressione statica occorrente alla diffusione della portata d'aria di progetto.

Per ogni metro di condotto circolare, le perdite di carico continue dell'aria possono essere calcolate con la formula seguente:

$$r = 0,6376 \cdot 10^7 \cdot Fa \cdot \rho \cdot \frac{G^2}{D^2}$$

dove:

r = perdita di carico continua unitaria, [Pa/m]

Fa = fattore di attrito, adimensionale

G = portata dell'aria, [m<sup>3</sup>/h]

D = diametro interno del condotto circolare, [mm]

La densità dell'aria può essere calcolata con la seguente relazione:

$$\rho = 1,293 \cdot \frac{Pb}{1013} \cdot \frac{273}{273 + t}$$

Dove:

t = temperatura aria, [°C]

Pb = pressione barometrica, [mbar]

H = altitudine, [m]

Il fattore di attrito Fa può essere espresso con le grandezze e le unità normalmente utilizzate in

termotecnica attraverso la seguente relazione:

$$Fa^* = 0,11 \cdot \left( \frac{\varepsilon}{D} + 192,3 \cdot \frac{D \cdot \nu}{G} \right)^{0,25}$$

se  $Fa^* \geq 0.018$  allora  $Fa = Fa^*$

se  $Fa^* < 0.018$  allora  $Fa = 0.85 Fa^* + 0.0028$

dove:

$Fa^*$  = fattore di attrito convenzionale, adimensionale

Fa = fattore di attrito, adimensionale

$\varepsilon$  = rugosità, [mm]

$\nu$  = viscosità cinematica dell'aria, [m<sup>2</sup>/s]

G = portata [m<sup>3</sup>/h]

D = diametro interno, [mm]

La viscosità cinematica dell'aria può essere determinata con la relazione:

$$\nu = \frac{1,53}{\rho} \cdot 10^{-6} \cdot \frac{(273 + t)^{1,5}}{413 + t}$$

Dove:

$\rho$  = densità dell'aria, [Kg/m<sup>3</sup>]

$\nu$  = viscosità cinematica dell'aria, [m<sup>2</sup>/s]

$t$  = temperatura aria, [°C]

Per i condotti che convogliano aria si possono considerare le classi di rugosità riportate nella tabella seguente:

Classi di rugosità per condotti che convogliano aria		
Materiale	Classe di rugosità	$\Delta z$ [mm]
<i>Canali in PVC</i> <i>Canali in lamiera d'alluminio</i>	molto lisci	0,03
<i>Canali in lamiera zincata</i> <i>Canali in acciaio inox</i>	lisci	0,09
<i>Tubi flessibili metallici</i> <i>Tubi flessibili non metallici</i> <i>Condotti in cemento non lisciati</i>	molto rugosi	3,00

Le formule sopra considerate sono valide per condotti circolari. Tuttavia, la loro validità può essere estesa anche ai condotti rettangolari. Per ottenere ciò si deve trasformare la sezione rettangolare del canale in una sezione circolare equivalente: cioè in una sezione che, con le stesse portate, dà le stesse perdite di carico. Una simile trasformazione è ottenibile con la formula di Huebscher:

$$De = 1,30 \cdot \frac{(a \cdot b)^{0,625}}{(a + b)^{0,25}}$$

dove:

De = diametro di un canale circolare equivalente ad un canale rettangolare, mm

a, b = lati della sezione rettangolare, mm

Il metodo utilizzato per la determinazione delle perdite di carico localizzate è quello diretto, che consente di calcolare le perdite di carico localizzate con la formula:

$$z = \xi \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2 \cdot 9,81}$$

dove:

z = perdita di carico localizzata, [mm c.a.]

v = velocità media dell'aria, [m/s]

La velocità media dell'aria può essere calcolata mediante la seguente formula:

$$v = 278 \cdot \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot D^2}$$

dove:

G = portata, [m<sup>3</sup>/h]

D = diametro interno, mm

A completamento si precisa che il dimensionamento del bocchettame è stato fatto nel rispetto delle seguenti perdite di carico alla portata di progetto indicata sui grafici:

Componente	Perdite di carico DP (Pa)
Bocchette di mandata, griglie di aspirazione	15
griglie di ripresa	20
Prese aria e di espulsione	10
Serrande tagliafuoco	20

# CALCOLO PORTATE D'ACQUA RISCALDAMENTO

	POTENZA KW	$\Delta T$ K	kg/s	m3/h	
PORTATA FLUIDO PER BATTERIA UTA	150	5	7,177	25,837	CTA
PORTATA FLUIDO PER RADIATORI CIRC PRINC.	8,532	10	0,265	0,955	RADIATORI COMPLESSIVA
CORRIDOIO	0,93	10	0,029	0,104	RADIATORI
SPOGLIATOIO 1	0,91	10	0,028	0,102	RADIATORI
ANT+WC+DOCCE +WC DIS	0,67	10	0,021	0,075	RADIATORI
SPGLIATOIO 2	0,893	10	0,028	0,100	RADIATORI
ANTI + DOCCIA+WC+WC DIS	0,658	10	0,020	0,074	RADIATORI
SPGLIATOIO 3	0,781	10	0,024	0,087	RADIATORI
ANTI+WC	0,265	10	0,008	0,030	RADIATORI
ARBITRO	0,261	10	0,008	0,029	RADIATORI
SPOGLIATOIO 4	0,759	10	0,024	0,085	RADIATORI
DOCCIA+ANTI+W C	0,119	10	0,004	0,013	RADIATORI
ARBITRO	0,325	10	0,010	0,036	RADIATORI
WC+ANTI	0,201	10	0,006	0,023	RADIATORI
INFERMERIA	0,845	10	0,026	0,095	RADIATORI
SEGRETERIA	0,915	10	0,028	0,102	RADIATORI