



# PROVINCIA DI RAVENNA

## SETTORE LAVORI PUBBLICI

Servizio Manutenzione e Gestione del Patrimonio

### NUOVA COSTRUZIONE IN ADIACENZA ALLA SEDE DELL' I.T.G. "C.MORIGIA" (VIA MARCONI n°6/8) ED ALLA SUCCURSALE DEL LICEO SCIENTIFICO "A.ORIANI" DI RAVENNA



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU

### PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

IMPORTO € 3.200.000,00

Presidente: Michele De Pascale	Consigliere delegato Pubblica Istruzione - Edilizia Scolastica - Patrimonio: Maria Luisa Martinez
Dirigente Responsabile del Settore: Ing. Paolo Nobile	Responsabile del Servizio.: Ing. Marco Conti

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:	Ing. Paolo Nobile	firmato digitalmente
PROGETTISTA COORDINATORE:	Ing. Marco Conti	firmato digitalmente
COORD. SICUREZZA PROGETTAZIONE:	Ing. Marco Conti	firmato digitalmente
PROGETTISTA OPERE ARCHITETTONICHE:	Arch. Giovanni Piazzi Geom. Antonio Mancini Ing. Marco Conti	firmato digitalmente
COLLABORATORI	Ing. Annalisa Bollettino p.i. Andrea Bezzi Geom. Sara Vergallo Geom. Franco Tocco	firmato
PROGETTISTA ANTINCENDIO:	Ing. Annalisa Bollettino	firmato

Rev.	Descrizione	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Data:
0	EMISSIONE	M.G.	P.N.	P.N.	30/06/2022
1	AGGIORNAMENTO	M.G.	P.N.	P.N.	04/08/2022

#### PROGETTISTA OPERE STRUTTURALI:

Ing. Giuseppe Tassinari - Studio Tassinari e Associati  
Via Cilla, 54 - Ravenna



#### PROGETTISTA ACUSTICO:

Ing. Massimo Saviotti -  
SERVIZI ECOLOGICI Soc. Coop.  
Via Firenze, 3 - Faenza (RA)



SERVIZI ECOLOGICI  
Società Cooperativa

#### PROGETTISTA IMPIANTI ELETTRICI:

Ing. Alberto Frisoni

#### PROGETTISTA IMPIANTI MECCANICI:

Dott. Per. Ind. Matteo Guidi

POLISTUDIO A.E.S. - Società di Ingegneria S.r.l.

Via Tortona, 10 - Riccione (RN)



POLISTUDIO  
architecture & engineering



TITOLO ELABORATO:

### IMPIANTI MECCANICI Relazione specialistica di calcolo

Elaborato num:	Revisione:	Data:	Scala:	Nome file:
IM-02	01	04/08/2022	-	IM_02_REL SPEC_r01

## SOMMARIO

<b>RELAZIONE SPECIALISTICA DI CALCOLO</b>	<b>2</b>
<b>1 IMPIANTO DI SCARICO E FOGNATURE</b>	<b>2</b>
1.1 Dimensionamento rete di scarico Acque Nere	2
1.2 Dimensionamento rete di scarico Acque Bianche, Recupero	4
<b>2 IMPIANTO IDRICO-SANITARIO</b>	<b>7</b>
<b>3 SISTEMA DI PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA</b>	<b>9</b>
<b>4 IMPIANTO DI VENTILAZIONE</b>	<b>10</b>
4.1 Impianto di Ventilazione ad Aria Primaria	10
4.2 Impianto di Estrazione servizi igienici	11
4.3 Canali dell'aria	11
<b>5 IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CONDIZIONAMENTO</b>	<b>12</b>
5.1 Dati per la progettazione e metodologia di calcolo	12
5.2 Criteri di dimensionamento componenti	12
5.3 Carichi termici invernali – Locali con pannelli radianti a pavimento	13
5.4 Calcolo pompa di calore	19

# RELAZIONE SPECIALISTICA DI CALCOLO

## 1 IMPIANTO DI SCARICO E FOGNATURE

### 1.1 Dimensionamento rete di scarico Acque Nere

Il dimensionamento delle colonne di scarico, delle tubazioni orizzontali e del collettore di raccolta delle acque nere è stato compiuto utilizzando i dati normalizzati dei quantitativi massimi di acque scaricate dai singoli apparecchi riportati nelle tabelle della norma UNI EN 12056:

- UNI EN 12056-1 "Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici – Requisiti generali e prestazioni"
- UNI EN 12056-2 "Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici - Impianti per acque reflue, progettazione e calcolo".

Analogamente a quanto previsto per il sistema di adduzione acqua, ad ogni apparecchio sanitario è assegnato un valore caratteristico, grandezza che nelle norme UNI assume convenzionalmente il valore di "Unità di Scarico" (U.S.); dove l'Unità di Scarico rappresenta il valore della portata media di scarico, espressa in litri/secondo.

Ad ogni apparecchio sanitario corrisponde quindi un determinato valore di Unità di Scarico.

Punto 4.2 – Configurazione del sistema di scarico

La configurazione prevista nel presente progetto è del tipo:

Sistema I – "Sistema di scarico con unica colonna e diramazioni di scarico riempite parzialmente.

Tutte le diramazioni sono dimensionate per un grado di riempimento pari al 50% e sono connesse ad un'unica colonna di scarico ventilata.

Punto 6.2.2 – Prospetto 2 – Individuazione delle unità di scarico

La rete di scarico acque reflue è stata verificata assumendo le Unità di Scarico corrispondenti agli apparecchi idrico sanitari sotto elencati:

Tipologia di Apparecchio	Sistema I	Sistema II	Sistema III	Sistema IV
	U.S. (lt/sec)	U.S. (lt/sec)	U.S. (lt/sec)	U.S. (lt/sec)
Lavabo	0,5	0,3	0,3	0,3
Bidet	0,5	0,3	0,3	0,3
Doccia	0,6	0,5	1,3	0,5
Vaso c/cassetta 9 litri	2,5	2,0	Da 1,6 a 2,0	2,5
Lavello da cucina	0,8	0,6	1,3	0,5
Lavatrice 12 kg	1,5	1,2	1,2	1,0

Punto 6.3.1 – Calcolo delle portate di acque reflue

La portata totale  $\Sigma US$  in arrivo a ciascuna colonna o tratto orizzontale di fognatura viene calcolata in base al numero complessivo di unità di scarico allacciate. La portata da assumere per il dimensionamento della fognatura è la portata ridotta  $Q_{ww}$  che tiene conto della contemporaneità di utilizzo dei diversi apparecchi sanitari, che nel caso di edifici residenziali (abitazioni, uffici) è individuabile con la seguente formula (1):

$$Q_{ww} = K \cdot \sqrt{\Sigma US}$$

Dove:

$Q_{ww}$  Portata acque reflue [lt/s]

K Coefficiente di frequenza

$\Sigma US$  Sommatoria delle unità di scarico

Nel prospetto successivo sono indicati i coefficienti di frequenza tipo relativi al differente utilizzo degli apparecchi (UNI EN 12056/2 - Punto 6.3.2 – Prospetto 3).

Utilizzo degli apparecchi	Coefficiente K
Uso intermittente: abitazioni, locande, uffici	0,5
Uso frequente: ospedali, scuole, ristoranti ed alberghi	0,7
Uso molto frequente: bagni / docce pubbliche	1,0
Uso speciale: laboratori	1,7

### Dimensionamento colonne montanti tipo

Prendiamo in esame la colonna tipo con più unità di scarico:

Alla colonna S02-1 in esame sono collegati:

- N° 3 lavabi:  $3 \times 0,5 = 1,50 \text{ l/sec}$

Alla colonna S02 in esame sono collegati:

- N° 3 wc:  $3 \times 2,5 = 7,50 \text{ l/sec}$

Tenendo conto della contemporaneità la portata ridotta viene calcolata con la (1):

$$S02-1: Q_{ww} = 0,7 * (1,50)^{1/2} = 0,85 \text{ l/sec}$$

$$S02: Q_{ww} = 0,7 * (7,5)^{1/2} = 1,92 \text{ l/sec}$$

La colonna verticale S02-1 può pertanto essere realizzata con tubazione DN75 con ventilazione primaria con braga a squadra ( $Q_{\max}$  evacuabile 1,50 l/sec).

La colonna verticale S02 può pertanto essere realizzata con tubazione DN110 con ventilazione primaria con braga a squadra ( $Q_{\max}$  evacuabile 4,00 l/sec).

I collettori di raccolta orizzontale alla deviazione delle colonne, ipotizzando una pendenza pari all'1% e grado di riempimento pari al 70%, sarà DN 110 ( $Q_{\max}$  evacuabile 4,2 l/sec). Dimensionato come da appendice B prospetto B.2.

### Dimensionamento collettore SEZ 1 prima dell'immissione NELLA FOGNATURA ESISTENTE:

Al Collettore preso in esame sono collegate tutte le unità di scarico sulle colonne calcolate in precedenza e gli scarichi del livello piano terra aule:

- N° 8 lavabi:  $8 \times 0,5 = 4,00 \text{ l/sec}$
- N° 13 wc:  $13 \times 2,5 = 32,50 \text{ l/sec}$

Il valore della portata totale è dato da:

$$\sum US = 4 + 32,50 = 36,50 \text{ l/sec}$$

Tenendo conto della contemporaneità la portata ridotta viene calcolata con la (1):

$$Q_{ww} = 0,7 * (36,50)^{1/2} = 4,23 \text{ l/sec}$$

La portata ottenuta può essere smaltita mediante una tubazione in PVC DN 125 con una pendenza minima 1% e un grado di riempimento pari al 70% ( $Q_{\max}$  evacuabile 6,80 l/sec adottando un coefficiente di Gauckler-Strickler pari a 80 nell'ipotesi di considerare, a favore di sicurezza, tubazioni in uso con lievi incrostazioni).

### Dimensionamento collettore SEZ 2 prima dell'immissione NELLA FOGNATURA ESISTENTE:

Al Collettore preso in esame sono collegate tutte le unità di scarico sulle colonne calcolate in precedenza e gli scarichi del livello piano terra laboratori aule:

- N° 4 lavabi:  $4 \times 0,5 = 2,00 \text{ l/sec}$
- N° 8 wc:  $8 \times 2,5 = 20,00 \text{ l/sec}$

Il valore della portata totale è dato da:

$$\sum US = 2 + 20,00 = 22,00 \text{ l/sec}$$

Tenendo conto della contemporaneità la portata ridotta viene calcolata con la (1):

$$Q_{ww} = 0,7 * (22,00)^{1/2} = 3,28 \text{ l/sec}$$

La portata ottenuta può essere smaltita mediante una tubazione in PVC DN 125 con una pendenza minima 1% e un grado di riempimento pari al 70% ( $Q_{\max}$  evacuabile 6,80 l/sec adottando un coefficiente di Gauckler-Strickler pari a 80 nell'ipotesi di considerare, a favore di sicurezza, tubazioni in uso con lievi incrostazioni).

### Dimensionamento collettore SEZ 3 prima dell'immissione NELLA FOGNATURA ESISTENTE:

Al Collettore preso in esame sono collegate tutte le unità di scarico del livello piano terra palestra:

- N° 14 lavabi:  $14 \times 0,5 = 7,00 \text{ l/sec}$
- N° 11 wc:  $11 \times 2,5 = 27,50 \text{ l/sec}$
- N° 8 docce:  $8 \times 0,6 = 4,80 \text{ l/sec}$

Il valore della portata totale è dato da:

$$\sum US = 7,00 + 27,50 + 4,80 = 39,30 \text{ l/sec}$$

Tenendo conto della contemporaneità la portata ridotta viene calcolata con la (1):

$$Q_{ww} = 0,7 \cdot (39,30)^{1/2} = 4,38 \text{ l/sec}$$

La portata ottenuta può essere smaltita mediante una tubazione in PVC DN 125 con una pendenza minima 1% e un grado di riempimento pari al 70% (Qmax evacuabile 6,80 l/sec adottando un coefficiente di Gauckler-Strickler pari a 80 nell'ipotesi di considerare, a favore di sicurezza, tubazioni in uso con lievi incrostazioni).

### 1.2 Dimensionamento rete di scarico Acque Bianche, Recupero

Il dimensionamento e la realizzazione delle reti di scarico delle acque bianche è stato condotto conformemente alle norme UNI EN 476, UNI EN 752, UNI EN 1610 ed UNI EN 12056.

Il dimensionamento delle reti di raccolta delle acque bianche è stato compiuto con la formula:

$$Q = k \cdot A \cdot i$$

dove i parametri hanno i seguenti significati e valori (i valori sono dedotti dalla letteratura sull'argomento):

- K coefficiente di assorbimento della superficie esposta = 0,9;
- A superficie esposta competente;
- i intensità di pioggia =  $0,04 \text{ l/sec} \cdot \text{mq}$ .

Il dimensionamento e la realizzazione delle reti di scarico è stata fatta conformemente alle norme UNI EN 476, UNI EN 752 ed UNI EN 12056.

### Riepilogo portate massime per diametro collettore riempimento 90% pendenza 0.5%,1%:

Pendenza 0.5%	Pendenza 1%
Qmax. DN110=4.95 l/sec	Qmax. DN110=7.11 l/sec
Qmax. DN125=7.11 l/sec	Qmax. DN125=10.18 l/sec
Qmax. DN160=17.90 l/sec	Qmax. DN160=25.32 l/sec
Qmax. DN200=32.70 l/sec	Qmax. DN200=46.23 l/sec
Qmax. DN250=59.27 l/sec	Qmax. DN250=83.80 l/sec
Qmax. DN315=82.27 l/sec	Qmax. DN315=117.31 l/sec

### Dimensionamento colonne pluviali copertura spogliatoi e palestra:

La portata afferente al singolo pluviale è data da :

metà copertura palestra e copertura spogliatoi =  $350 + 390 = 740 \text{ mq}$

$$Q = 0,04 \cdot 740 \cdot 09 = 26,64 \text{ l/sec}$$

Come da progetto saranno installate 5 colonne pluviali, quindi per ogni pluviale avremo una portata di:

$$Q = 26,64 / 5 = 5,28 \text{ l/sec}$$

Come da prospetto 8 della norma UNI EN 12056 parte 3 un pluviale con diametro interno da DN 100  $f=0.33$  ha una capacità massima idraulica di 10,7 l/s.

La portata per ogni colonna pluviale così determinata potrà essere smaltita con una tubazione DN 100 in materiale metallico.

#### **Dimensionamento colonne pluviali copertura aule:**

La portata afferente al singolo pluviale è data da :  
copertura aule=780 mq

$$Q = 0,04 \cdot 780 \cdot 09 = 28,08 \text{ l/sec}$$

Come da progetto saranno installate 8 colonne pluviali, quindi per ogni pluviale avremo una portata di:

$$Q = 28,08/8 = 3,51 \text{ l/sec}$$

Come da prospetto 8 della norma UNI EN 12056 parte 3 un pluviale con diametro interno da DN 100  $f=0.33$  ha una capacità massima idraulica di 10,7 l/s.

La portata per ogni colonna pluviale così determinata potrà essere smaltita con una tubazione DN 100 in materiale metallico.

#### **Dimensionamento collettore SEZ. 04:**

La portata afferente al collettore prima dell'immissione nel pozzetto d'ingresso in vasca è data da:

n° 5 pluviali copertura palestra e spogliatoi calcolata in precedenza:

$$Q=26,64 \text{ l/sec}$$

Come da formula Prandtl- Colebrook il collettore di raccolta orizzontale, ipotizzando una pendenza pari all'0.5% e grado di riempimento pari al 90%, sarà DN 200 ( $Q_{\max}$  evacuabile 32,70 l/sec).

#### **Dimensionamento collettore SEZ. 05:**

La portata afferente al collettore prima dell'immissione nel pozzetto d'ingresso in vasca è data da:

metà copertura aule:

$$Q=28,08/2=14,04 \text{ l/sec}$$

Come da formula Prandtl- Colebrook il collettore di raccolta orizzontale, ipotizzando una pendenza pari all'0.5% e grado di riempimento pari al 90%, sarà DN160 ( $Q_{\max}$  evacuabile 17,90 l/sec).

#### **Dimensionamento collettore SEZ. 06:**

La portata afferente al collettore di troppo pieno in uscita dal pozzetto prima della vasca è data da:

Somma delle sezioni 4 e 5 calcolate in precedenza:

$$Q=26,64+14,04=40,68 \text{ l/sec}$$

Come da formula Prandtl- Colebrook il collettore di raccolta orizzontale, ipotizzando una pendenza pari all'0.5% e grado di riempimento pari al 90%, sarà DN250 ( $Q_{\max}$  evacuabile 59,27 l/sec).

### **Dimensionamento sistema di recupero acque piovane:**

Il progetto prevede il recupero delle acque meteoriche intercettate dalla copertura del nuovo edificio di progetto.

Tali acque saranno sfruttate per alimentare l'impianto di irrigazione a servizio delle aree a verde, previo idoneo trattamento più ampiamente descritto nel capitolo "Impianto di trattamento acque meteoriche".

### **Vasca di accumulo**

Il progetto prevede il recupero delle acque meteoriche intercettate dalla copertura del nuovo edificio di progetto. Tali acque saranno sfruttate per alimentare l'impianto di irrigazione a servizio delle aree a verde.

Le acque convoglieranno all'interno di una vasca di accumulo e saranno depurate tramite pozzetto di decantazione e sistema di filtrazione all'interno del locale tecnico, che avranno principalmente la funzione di separazione meccanica di parti solide.

All'interno della vasca sarà alloggiata una pompa di sollevamento che rilancia le acque stoccate all'impianto di irrigazione.

La pompa sommersa a servizio dell'irrigazione ed i livelli di riempimento della vasca, saranno gestiti dal sistema di regolazione e supervisione dell'edificio.

L'irrigazione delle aree verdi avverrà mediante rubinetti con attacco portagomma ubicati all'interno di pozzetti interrati omogeneamente distribuiti nella corte di pertinenza dell'edificio.

Il volume di stoccaggio delle vasche è stato dimensionato secondo i fabbisogni:

### **Afflusso totale acqua piovana:**

l'afflusso meteorico annuo, Q, si calcola utilizzando la seguente espressione:

$$Q = Y \times P \times A$$

Dove:

y è il coefficiente di afflusso=0.9

P è la partecipazione annua espressa in mm

A è la proiezione orizzontale di superficie di captazione in mq

$$Q = 0.9 \times 800 \times 1130 = 813.600 \text{ litri}$$

La valutazione del volume di acqua richiesta, R, per il consumo annuo domestico diverso dal consumo umano si calcola con la seguente espressione:

R= superficie a verde in mq x 150 l/mq annui dove la superficie verde totale parziale che andremo ad irrigare è di 900 mq circa

$$R = 900 \times 150 = 135.000 \text{ litri}$$

$$\text{Volume di accumulo} = (\text{fabbisogno annuo} \times 28 \text{ giorni di secca}) / 365$$

$$\text{Volume di accumulo} = (135.000 \times 28) / 365 = 10 \text{ mc}$$

## 2 IMPIANTO IDRICO-SANITARIO

Per la progettazione dell'impianto idrico sanitario si è fatto riferimento alla norma UNI 9182/2014.

Per il dimensionamento delle reti idriche, si è tenuto conto dei seguenti punti:

- le portate minime che devono essere assicurate ad ogni apparecchio sanitario;
- le portate che devono essere assicurate ad ogni tronco di rete;
- le pressioni necessarie per poter assicurare tali portate;
- le velocità massime con cui l'acqua può fluire nei tubi senza causare rumori e vibrazioni;
- metodo delle unità di carico.

### DETERMINAZIONE DELLE PORTATE NOMINALI E PRESSIONI DEI RUBINETTI DI EROGAZIONE

Dapprima si determinano le portate nominali minime e pressioni che devono essere assicurate ai rubinetti di erogazione ai fini di un regolare funzionamento dell'apparecchio sanitario, come indicato nel prospetto C.1 di seguito riportato.

*Tabella C.1 – Portate nominali e pressioni*

Apparecchio	Portata minima (l/s)	Pressione minima (kPa)
Lavabo	0,10	100
Vaso a cassetta	0,10	100
Doccia	0,15	100

### VELOCITÀ MASSIME

Per evitare rumori e vibrazioni, l'acqua non può scorrere nei tubi a velocità troppo elevate. In impianti di tipo normale, le velocità massime ammesse nei circuiti sono le seguenti:

- distribuzione primaria, colonne montanti, tubazioni di distribuzione al piano: max. 2,0 m/s;
- linea di adduzione alla singola utenza: max. 4,0 m/s.

### METODO DELLE UNITÀ DI CARICO

Il modo di impiego delle unità di carico, dipende dalla categoria dell'edificio e dal tipo di apparecchi da servire, come riportato nelle tabelle dell'appendice D della norma UNI 9182/2014.

I valori che costituiscono tali tabelle, sono da utilizzare con il seguente criterio:

- I valori indicati nella colonna "acqua fredda" sono da impiegare per il calcolo delle distribuzioni di acqua fredda.
- I valori indicati nella colonna "acqua calda" sono da impiegare per il calcolo delle distribuzioni di acqua calda.
- I valori indicati nella colonna "totale" sono da impiegare per la determinazione complessiva delle unità di carico e della corrispondente portata a monte del sistema di preparazione di acqua calda.
- I valori indicati per le combinazioni di apparecchi sono da considerare sino al punto immediatamente a monte delle diramazioni.
- Per i tratti di allacciamento agli apparecchi singoli si è fatto riferimento al prospetto D.2 di seguito riportato.

*Tabella D.2 – Apparecchi singoli*

Apparecchio	Alimentazione	Unità di carico		
		Acqua fredda	Acqua calda	Totale acqua calda + acqua fredda
Lavabo	Gruppo miscelatore	1,50	1,50	2,00
Vaso	Cassetta	5,00	-	5,00
Doccia	Gruppo miscelatore	3,00	3,00	4,00

### DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DELLA RETE E PORTATA MASSIMA CONTEMPORANEA COL METODO DELLE U.C.

Trattandosi di edificio con destinazione ad uffici, si farà riferimento al relativo prospetto D.3 "vasi con cassette", specifico per utenze scuole.

Si fa presente che nel calcolo delle unità di carico, solamente per il vaso si è assunto un valore più consona (2,00 U.C.) rispetto a quanto previsto dalla tabella D.2 (5,00 U.C.), in quanto si è riscontrato che il valore di riferimento della norma, porta ad un notevole sovradimensionamento delle reti idrico-sanitarie, come più volte evidenziato nelle riviste tecniche del settore.



Di seguito si riporta il dimensionamento delle reti di partenza nella centrale idrica:

	Unità di carico	Portata (l/s)	Diam. (multistrato)
Acqua fredda	47 (1°stralcio) + 25 (2°stralcio) = 72	2,45	63 mm
Acqua calda	16,5 (1°stralcio) + 6 (2°stralcio) = 22,5	1,03	50 mm
Acqua fredda + calda	52,5 (1°stralcio) + 27 (2°stralcio) = 79,5	2,64	63 mm

#### DIMENSIONAMENTO RETE DI RICIRCOLO

Le reti di ricircolo servono a tenere in circolazione l'acqua calda e quindi ad impedire che la stessa, ristagnando, possa raffreddarsi.

In tal modo è possibile assicurare, anche agli apparecchi più lontani, temperature dell'acqua pressochè costanti.

Le portate da far "ricircolare" dipendono da tre fattori:

- l'estensione della rete
- l'isolamento della rete medesima
- il gradiente termico ammesso fra l'inizio della rete e l'apparecchio più sfavorito.

L'applicazione della norma UNI 9182 consiglia diversi metodi di calcolo approssimativo della rete di ricircolo con valori molto discostanti tra loro e dalla normale consuetudine.

Si procede quindi al calcolo delle portate di ricircolo con un metodo comunemente usato negli anni anteriori all'introduzione della norma, che stima a dei valori fissi di portata ogni tratto di ricircolo.

In particolare, utilizzando delle reti con isolamento adeguato, le portate di ricircolo possono essere determinate considerando:

- $\Delta T = 2^\circ\text{C}$  salto termico max. ammesso di progetto tra la temperatura dell'ACS di mandata e quella di ricircolo in centrale termica
- $q = 6 \text{ kcal/h m}$  dispersione termica lineare riferita ad un metro di tubo
- perdita di carico lineare costante pari a 20 mm c.a./m, facendo riferimento alle tabelle sulle perdite di carico delle tubazioni (acqua  $50^\circ\text{C}$ )
- fattore che tiene conto delle perdite di carico localizzate (adimensionale) mediamente pari a  $f = 1,8$  per impianti con gruppo di miscelazione.

Di seguito si riporta il dimensionamento della portata della rete di ricircolo a partire dalla centrale idrica:

Lunghezza (m)	Portata (l/h)	Diam. (multistrato)
200	600	26 mm

### 3 SISTEMA DI PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

L'impianto idrico-sanitario è stato progettato in modo tale che almeno il 60% del fabbisogno annuo di energia primaria richiesta per la produzione di acqua calda sanitaria dell'edificio, sia coperto attraverso il contributo di fonti rinnovabili, come previsto dal D.G.R. n° 967/15 e sue modificazioni ed integrazioni.

Il sistema di produzione ACS, sarà di tipo centralizzato, realizzato mediante pompa di calore per alte temperature, dedicata al riscaldamento dell'acqua sanitaria, conformemente a quanto richiesto dalla norma UNI/TS 11300-2.

In base alla norma UNI 11300/2014 parte 2, il volume di acqua calda sanitaria richiesto dall'edificio, espresso in l/giorno, risulta:

Norma UNI 11300-2 2014			
	lt/giorno	n. allievi	lt/giorno
Scuola	0,20	520	<b>104</b>

Dati di progetto:

- Durata del periodo di preriscaldamento: 2 ore
- Durata del periodo di punta: 1 ora
- Temperatura acqua fredda acquedotto Ravenna: 13°C
- Temperatura di minima di erogazione acqua calda: 40°C

POTENZA TERMICA NECESSARIA SCAMBIATORI						
	lt	dt=(40-13)	h pre-risc	h punta	kcal/h	W
Pot. termica scuola	104	27	2,00	1,00	27.900	<b>1.088</b>

VOLUME ACCUMULO ACS ALIMENTATO DA POMPA DI CALORE				
	kcal/h	h pre-risc	dt=(45-13)	litri
Volume boiler	1.088	2,00	32	<b>59</b>

In progetto sarà previsto n. 1 scaldacqua a pompa di calore di capacità 150 litri, con temperatura di accumulo pari a 45°C.

## 4 IMPIANTO DI VENTILAZIONE

All'interno dell'edificio saranno realizzati più di un impianto di ventilazione secondo quanto di seguito descritto.

### 4.1 Impianto di Ventilazione ad Aria Primaria

Tutte le aule, l'atrio, i connettivi principali, saranno dotati di un impianto di ventilazione ad aria primaria, mediante recuperatore di calore ad alta efficienza per installazione in esterno, posizionato sulla copertura tecnica dell'edificio.

Si fa presente che l'unità di trattamento aria sarà dimensionata in modo tale da soddisfare anche i volumi di ricambio aria relativi agli ambienti ad uso laboratorio e biblioteca, che faranno parte degli interventi del 2° stralcio.

Il calcolo delle portate d'aria necessarie per ogni singolo aula è stato effettuato secondo la normativa tecnica UNI EN 16798-3:2018 (che sostituisce la UNI EN 13779:2008) e la norma UNI EN 16798-1:2019 (che sostituisce la UNI EN 15251:2008) e nel rispetto dei requisiti obbligatori dei CAM per edifici pubblici (criteri minimi ambientali).

Per quanto riguarda il calcolo delle portate d'aria dei connettivi e corridoi, si è tenuto conto del volume dei relativi locali.

#### Condizioni Termoigrometriche Esterne

Inverno

- Temperatura - 5 °C
- Umidità relativa 76%

#### Condizioni Termoigrometriche Interne

Inverno

- Temperatura  $20 \pm 1^\circ\text{C}$
- Umidità relativa N.C.

La portata di ricambio aria della singola aula è stata determinata con riferimento alla categoria II per edifici a basso inquinamento come richiesto dai CAM e precisamente:

- Portata singolo occupante: 7 l/s
- Area di pavimento per singolo occupante:  $2 \text{ m}^2$
- Portata d'aria per persona su  $\text{m}^2$  di area del locale:  $7 / 2 = 3,5 \text{ l/s m}^2$
- Portata d'aria per persona su  $\text{m}^2$  di area del locale per edifici a basso inquinamento:  $0,7 \text{ l/s m}^2$

$$q_{\text{tot}} = A * q_P + A * q_B = A * 3,5 \text{ l/s m}^2 + A * 0,7 \text{ l/s m}^2 = A * 4,2 \text{ l/s m}^2$$

$q_{\text{tot}}$  : Portata d'aria totale del locale (l/s)

$q_P$  : Portata d'aria per persona su  $\text{m}^2$  di area del locale (l/s  $\text{m}^2$ )

A : Area del locale ( $\text{m}^2$ )

$q_B$  : Portata d'aria per persona su  $\text{m}^2$  di area del locale per edifici a basso inquinamento (l/s  $\text{m}^2$ )

A titolo di esempio si riporta il calcolo della portata di un'aula tipo:

AULA -  $52,28 \text{ m}^2$  H= 2,90 m

$$q_{\text{tot}} = A * 4,2 \text{ l/s m}^2 = 52,28 \text{ m}^2 * 4,2 \text{ l/s m}^2 = 219,58 \text{ l/s} = 790 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (5,21 vol/h)}$$

Per il calcolo delle portate dei laboratori, dei connettivi principali e corridoi si è tenuto conto del volume degli ambienti con il seguente tasso di ricambio aria:

- Laboratorio polifunzionale piano primo (2° stralcio): secondo la UNI 10339 (portata 25,2 mc/h x persona)
- connettivi principali e corridoi: compreso tra 1 e 1,5 vol/h circa
- spogliatoi: almeno 3 vol/h (oltre i 5 vol/h per spogliatoi ciechi)

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa delle portate:

Locale N°	Superficie locale (m <sup>2</sup> )	Altezza locale (m)	Portata (m <sup>3</sup> /h)	Volume ricambio (vol/h)
PIANO TERRA - 1° stralcio				
Aula 01	52,05	2,90	795	5,26
Aula 02	52,28	2,90	795	5,24
Aula 03	52,28	2,90	795	5,24
Aula 04	52,28	2,90	795	5,24
Aula 05	52,61	2,90	795	5,21
Aula 06	52,61	2,90	795	5,21
Aula 07	51,51	2,90	780	5,22
Aula 08	52,28	2,90	795	5,24
Aula 09	52,28	2,90	795	5,24
Bidelleria	6,58	2,90	40	2,10
Corridoio	150,85	2,5 circa	400	1 circa
PIANO PRIMO – 1° stralcio				
Aula 11	51,37	2,90	795	5,33
Aula 12	52,28	2,90	795	5,24
Aula 13	52,28	2,90	795	5,24
Aula 14	52,28	2,90	795	5,24
Aula 15	52,61	2,90	795	5,21
Aula 16	52,61	2,90	795	5,21
Aula 17	49,58	2,90	765	5,32
Aula 18	50,07	2,90	765	5,26
Aula 19	52,28	2,90	795	5,24
Aula 20	54,88	2,90	840	5,27
Corridoio (1°+2° stralcio)	140,73	2,40	350	1 circa
PIANO PRIMO – 2° stralcio				
Laboratorio Polifunzionale	79,37	2,90	765	3,32
			<b>16.630</b>	

#### 4.2 Impianto di Estrazione servizi igienici

I servizi igienici saranno dotati di impianti di estrazione indipendenti dall'impianto di ventilazione dell'edificio. Gli impianti di estrazione saranno suddivisi per blocchi bagno a sviluppo verticale, con relativo estrattore di tipo cassonato da esterno, posizionato sulla terrazza tecnica a piano 2°, come riportato negli elaborati di progetto allegati. Le portate di estrazione aria viziata dei servizi igienici saranno pari ad almeno 8 vol/h, secondo la normativa tecnica UNI 10339.

Estrattore bagni servizi piano Terra e 1° - Portata: 800 mc/h

#### 4.3 Canali dell'aria

Il dimensionamento dei canali dell'aria è stato eseguito secondo il metodo della pressione statica costante assumendo alla base dei calcoli i criteri indicati dalla Norma UNI 10381-1 e UNI 10381-2.

In particolare per i canali circolari e rettangolari in genere si è assunto una velocità dell'aria di attraversamento non oltre i 4 m/s per la distribuzione orizzontale e non oltre i 5,5 m/s per le colonne montanti ed i tratti esterni di collegamento ai recuperatori di calore/UTA.

I terminali di distribuzione sono stati scelti per assicurare una velocità dell'aria nelle zone occupate inferiore a 0,2 m/s.

Le perdite di carico sono state calcolate come somma tra perdite distribuite e perdite concentrate, mentre il bilanciamento delle portate è assicurato dai regolatori di portata installati sui singoli diffusori, tali da garantire l'effettiva portata di afflusso di ogni ambiente.

## **5 IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CONDIZIONAMENTO**

### **5.1 Dati per la progettazione e metodologia di calcolo**

Il calcolo dei carichi termici e frigoriferi è stato sviluppato tramite il programma di calcolo MC4 Suite in accordo con il metodo RTS dell'ASHRAE Handbook 2001 per quanto riguarda i regimi invernale ed estivo.

#### **DATI DI PROGETTO**

Per le condizioni di progetto generali sono assunti i seguenti parametri:

Località:	Ravenna (RA)
Latitudine	44°25'
Longitudine	12°12'
Altitudine	4 m s.l.m.
Gradi giorno	2227
Zona climatica	E

#### **CONDIZIONI TERMOIGROMETRICHE ESTERNE**

##### **Inverno**

Temperatura	- 5 °C
Umidità relativa	76%

##### **Estate**

Temperatura b.s.	35 °C
Umidità relativa	50 %

#### **CONDIZIONI TERMOIGROMETRICHE INTERNE**

##### **Inverno**

Temperatura	20 ± 1°C
Umidità relativa	50%

##### **Estate**

Temperatura	26 ± 1°C
Umidità relativa	50 %

### **5.2 Criteri di dimensionamento componenti**

Il dimensionamento dei corpi scaldanti è stato ricavato dalle tabelle fornite dalle ditte costruttrici secondo i seguenti criteri:

#### **Radiatori**

Temperatura ambiente	Ta = 20 °C
Temp. acqua in ingresso	Ti = 47,5 °C
Temp. acqua in uscita	Tu = 42,5 °C
ΔT acqua	5 °C
ΔT resa	$(Ti+Tu) / 2 - Ta = 25 °C$

#### **Pannelli radianti a pavimento**

Temperatura ambiente	Ta = 20 °C
Temp. acqua in ingresso	Ti = 40 °C
Temp. acqua in uscita	Tu = 34 °C
ΔT acqua	6 °C

### Tubazioni

Il dimensionamento delle tubazioni di trasporto dei fluidi è stato calcolato per ottenere velocità dell'acqua secondo i valori presentati nella tabella seguente:

Elemento	Velocità acqua (m/s)
reti principali	0,8 - 1,3
colonne montanti e reti secondarie	0,5 - 1
derivazioni corpi scaldanti	0,2 – 0,7
collettori	< 0,5

### Pompe di Circolazione

Le pompe di circolazione sono dimensionate in funzione delle potenze termiche, dei salti termici previsti e delle perdite di carico calcolate.

Nella scelta delle pompe la perdita di carico calcolata deve essere aumentata del 10%.

## 5.3 Carichi termici invernali – Locali con pannelli radianti a pavimento

### Dispersioni per singolo ambiente

#### PIANO TERRA

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m <sup>3</sup> K	DT (°C)				
52,05 mq - Aula	52,05								
	L (m)	H (m)		U (W/m <sup>2</sup> K)	DT (°C)	Esp.	% interm.	W	Tot. W
fin se	5,30	1,90		1,60	25	1,10 =	443		
me se	7,03	3,00	10,07	0,35	25	1,10 =	106		
mi su locali tecnici	7,69	3,00		0,35	10	1,00 =	81		
pav	52,05	1,00		0,35	15	1,00 =	273		
							903	1,10 =	993

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m <sup>3</sup> K	DT (°C)				
52,28 mq - Aula	52,28								
	L (m)	H (m)		U (W/m <sup>2</sup> K)	DT (°C)	Esp.	% interm.	W	Tot. W
fin se	5,30	1,90		1,60	25	1,10 =	443		
me se	7,05	3,00	10,07	0,35	25	1,10 =	107		
pav	52,28	1,00		0,35	15	1,00 =	274		
							824	1,10 =	907

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m <sup>3</sup> K	DT (°C)				
52,28 mq - Aula	52,28								
	L (m)	H (m)		U (W/m <sup>2</sup> K)	DT (°C)	Esp.	% interm.	W	Tot. W
fin se	5,30	1,90		1,60	25	1,10 =	443		
me se	7,05	3,00	10,07	0,35	25	1,10 =	107		
pav	52,28	1,00		0,35	15	1,00 =	274		
							824	1,10 =	907

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m <sup>3</sup> K	DT (°C)				
52,28 mq - Aula	52,28								

	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.		% intern.	W	Tot. W
fin se	5,30	1,90		1,60	25	1,10 =	443			
me se	7,05	3,00	10,07	0,35	25	1,10 =	107			
pav	52,28	1,00		0,35	15	1,00 =	274			
							824	1,10 =	907	

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)
53,93 mq - Aula	53,93				

	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.		% intern.	W	Tot. W
fin se	5,30	1,90		1,60	25	1,10 =	443			
me se	7,33	3,00	10,07	0,35	25	1,10 =	115			
me so	7,70	3,00		0,35	25	1,05 =	212			
pav	53,93	1,00		0,35	15	1,00 =	283			
							1053	1,10 =	1.158	

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)
52,61 mq - Aula	52,61				

	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.		% intern.	W	Tot. W
fin no	5,30	1,90		1,60	25	1,15 =	463			
me no	7,12	3,00	10,07	0,35	25	1,15 =	114			
me so	7,70	3,00		0,35	25	1,05 =	212			
pav	52,61	1,00		0,35	15	1,00 =	276			
							1065	1,10 =	1.172	

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)
52,28 mq - Aula	52,28				

	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.		% intern.	W	Tot. W
fin no	5,30	1,90		1,60	25	1,15 =	463			
me no	7,05	3,00	10,07	0,35	25	1,15 =	111			
pav	52,28	1,00		0,35	15	1,00 =	274			
							849	1,10 =	934	

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)
52,28 mq - Aula	52,28				

	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.		% intern.	W	Tot. W
fin no	5,30	1,90		1,60	25	1,15 =	463			
me no	7,05	3,00	10,07	0,35	25	1,15 =	111			
pav	52,28	1,00		0,35	15	1,00 =	274			
							849	1,10 =	934	

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)
52,28 mq - Aula	52,28				

	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.		% intern.	W	Tot. W
fin no	5,30	1,90		1,60	25	1,15 =	463			
me no	7,05	3,00	10,07	0,35	25	1,15 =	111			

pav 52,28 1,00 0,35 15 1,00 = 274  
849 1,10 = 934

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)				
12 mq - anti WC	14,86								
	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.	% intern.	W	Tot. W
fin no	1,30	1,55		1,60	25	1,15 =	93		
me no	2,00	2,70	2,02	0,35	25	1,15 =	34		
pav	14,86	1,00		0,35	15	1,00 =	78		
							205	1,10 =	225

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)				
2,88 mq - WCH	2,88								
	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.	% intern.	W	Tot. W
pav	2,88	1,00		0,35	15	1,00 =	15		
							15	1,10 =	17

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)				
9,60 mq - WC	9,60								
	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.	% intern.	W	Tot. W
fin no	0,90	1,55		1,60	25	1,15 =	64		
me no	1,60	2,70	1,40	0,35	25	1,15 =	29		
pav	9,60	1,00		0,35	15	1,00 =	50		
							144	1,10 =	158

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)				
4,74 mq - WC bidelle	4,74								
	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.	% intern.	W	Tot. W
fin no	2,20	1,55		1,60	25	1,15 =	157		
me no	3,13	2,70	3,41	0,35	25	1,15 =	51		
me ne	1,54	2,70		0,35	25	1,15 =	42		
pav	4,74	1,00		0,35	15	1,00 =	25		
							274	1,10 =	302

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)				
4,13 mq - anti bidelle	4,13								
	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.	% intern.	W	Tot. W
me ne	1,45	2,70		0,35	25	1,15 =	39		
pav	4,13	1,00		0,35	15	1,00 =	22		
							61	1,10 =	67

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)				
6,58 mq - bidelleria	6,58								
	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.	% intern.	W	Tot. W
pav	6,58	1,00		0,35	15	1,00 =	35		
							35	1,10 =	38

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)				
50 mq - Atrio-	50,00								



## Ingresso

	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.	% intern.	W	Tot. W
fin no	4,10	2,40		1,60	25	1,15 =	453		
me no	4,40	2,70	9,84	0,35	25	1,15 =	21		
pav	50,00	1,00		0,35	15	1,00 =	263		
							736	1,10 =	809

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)				
98,3 mq - Disimpegno	98,30								
	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.	% intern.	W	Tot. W
me so	2,50	3,00		0,35	25	1,05 =	69		
pav	98,30	1,00		0,35	15	1,00 =	516		
							585	1,10 =	643

**11.106**

## PIANO PRIMO

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)				
51,37 mq - Aula	51,37								
	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.	% intern.	W	Tot. W
fin se	5,30	1,90		1,60	25	1,10 =	443		
me se	7,03	3,00	10,07	0,35	25	1,10 =	106		
cop	51,37	1,00		0,35	25	1,00 =	449		
							999	1,10 =	1.098

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)				
52,28 mq - Aula	52,28								
	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.	% intern.	W	Tot. W
fin se	5,30	1,90		1,60	25	1,10 =	443		
me se	7,05	3,00	10,07	0,35	25	1,10 =	107		
cop	52,28	1,00		0,35	25	1,00 =	457		
							1007	1,10 =	1.108

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)				
52,28 mq - Aula	52,28								
	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.	% intern.	W	Tot. W
fin se	5,30	1,90		1,60	25	1,10 =	443		
me se	7,05	3,00	10,07	0,35	25	1,10 =	107		
cop	52,28	1,00		0,35	25	1,00 =	457		
							1007	1,10 =	1.108

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)				
52,28 mq - Aula	52,28								
	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.	% intern.	W	Tot. W
fin se	5,30	1,90		1,60	25	1,10 =	443		
me se	7,05	3,00	10,07	0,35	25	1,10 =	107		
cop	52,28	1,00		0,35	25	1,00 =	457		
							1007	1,10 =	1.108

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)				
52,61 mq - Aula	52,61								
	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.	% interm.	W	Tot. W
fin se	5,30	1,90		1,60	25	1,10 =		443	
me se	7,12	3,00	10,07	0,35	25	1,10 =		109	
me so	7,70	3,00		0,35	25	1,05 =		212	
cop	52,61	1,00		0,35	25	1,00 =		460	
								1224	1,10 = 1.347

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)				
52,61 mq - Aula	52,61								
	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.	% interm.	W	Tot. W
fin no	5,30	1,90		1,60	25	1,15 =		463	
me no	7,12	3,00	10,07	0,35	25	1,15 =		114	
me so	7,70	3,00		0,35	25	1,05 =		212	
cop	52,61	1,00		0,35	25	1,00 =		460	
								1249	1,10 = 1.374

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)				
49,58 mq - Aula	49,58								
	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.	% interm.	W	Tot. W
fin no	5,30	1,90		1,60	25	1,15 =		463	
me no	7,05	3,00	10,07	0,35	25	1,15 =		111	
cop	49,58	1,00		0,35	25	1,00 =		434	
								1009	1,10 = 1.109

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)				
50,07 mq - Aula	50,07								
	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.	% interm.	W	Tot. W
fin no	5,30	1,90		1,60	25	1,15 =		463	
me no	7,05	3,00	10,07	0,35	25	1,15 =		111	
cop	50,07	1,00		0,35	25	1,00 =		438	
								1013	1,10 = 1.114

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)				
52,28 mq - Aula	52,28								
	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.	% interm.	W	Tot. W
fin no	5,30	1,90		1,60	25	1,15 =		463	
me no	7,05	3,00	10,07	0,35	25	1,15 =		111	
cop	52,28	1,00		0,35	25	1,00 =		457	
								1032	1,10 = 1.135

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)				
12 mq - anti WC	14,86								

	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.		% intern.	W	Tot. W
fin no	1,30	1,55		1,60	25	1,15 =	93			
me no	2,00	2,70	2,02	0,35	25	1,15 =	34			
cop	14,86	1,00		0,35	25	1,00 =	130			
							257	1,10 =	282	

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)					
2,88 mq - WCH	2,88									
	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.		% intern.	W	Tot. W
cop	2,88	1,00		0,35	25	1,00 =	25			
							25	1,10 =	28	

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)					
9,60 mq - WC	9,60									
	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.		% intern.	W	Tot. W
fin no	0,90	1,55		1,60	25	1,15 =	64			
me no	1,60	2,70	1,40	0,35	25	1,15 =	29			
cop	9,60	1,00		0,35	25	1,00 =	84			
							178	1,10 =	195	

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)					
54,88 mq - Aula	54,88									
	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.		% intern.	W	Tot. W
fin no	4,90	1,90		1,60	25	1,15 =	428			
me no	7,55	2,70	9,31	0,35	25	1,15 =	111			
pav su loggia	13,80	1,00		0,35	25	1,00 =	121			
cop	54,88	1,00		0,35	25	1,00 =	480			
							1141	1,10 =	1.255	

	Sup. (mq)	H (m)	Vol/h	W/m³K	DT (°C)					
124,5 mq - Disimpegno	124,50									
	L (m)	H (m)		U (W/m²K)	DT (°C)	Esp.		% intern.	W	Tot. W
me so	2,50	3,00		0,35	25	1,05 =	69			
cop	124,50	1,00		0,35	25	1,00 =	1089			
							1158	1,10 =	1.274	

	<b>13.536</b>
<b>Totale generale (W)</b>	<b>24.642</b>

#### 5.4 Calcolo pompa di calore

##### Potenza pompa di calore riscaldamento a pavimento

Tipologia impianto	Dispersioni (W)
Pannelli radianti a pavimento	<b>24.642</b>

$$24.642 / 0.85 \text{ (perdite dei sottosistemi)} = \boxed{28.990 \text{ W}}$$

##### Potenza pompa di calore impianto di ventilazione

Tipologia impianto	Portata aria (mc/h)	Delta T	Dispersioni (W)
Recuperatore aule	16.630	5,6	<b>31.409</b>

$$31.409 / 0.90 \text{ (perdite dei sottosistemi)} = \boxed{34.899 \text{ W}}$$