



# REGIONE SICILIANA COMUNE DI CASTELLAMMARE DEL GOLFO

PROVINCIA REGIONALE DI TRAPANI

Settore III - L.L.P.P. e Manutentivi



## *Oggetto: Variante di progetto*

“Riqualificazione dell'edificio scolastico "Crispi", intervento mirato all'installazione di sistemi di produzione di energia da fonte rinnovabile, efficientamento energetico, riduzione di consumi di energia primaria e installazione di sistemi intelligenti di telecontrollo, regolazione, gestione, monitoraggio e ottimizzazione dei consumi energetici (smart buildings)” - Progetto a valere sull'Asse Prioritario 4 - “Energia Sostenibile e Qualità della Vita” del PO FESR Sicilia 2014/2020 cofinanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR), linea d'intervento Azione 4.1.1



## *Progetto Esecutivo*

**CLI - 01**

**CLI-01 - Relazione Tecnica - Impianti Termici e VMC**

**Rev.01**

**Data: 27/10/2022**

Progettista  
*Ing. F. Candela*

Il R.U.P.  
*Ing. L. Martino*

## INDICE

1. PREMESSA .....	2
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
2.1 Norme UNI.....	3
3. DATI CLIMATICI .....	6
4. CRITERI DI PROGETTO .....	7
4.1 Il controllo del benessere ambientale.....	8
4.2 Accorgimenti per il risparmio energetico .....	9
4.3 Scelta del tipo d'impianto .....	9
5. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO .....	10
5.1 Apporti istantanei.....	10
5.2 Calcolo del carico termico invernale.....	11
5.3 Sistema di emissione Ventilconvettori (fan coil) .....	11
5.3.1 Qualità dell'aria .....	11
5.3.2 Impatto ambientale .....	12
5.3.3 Calore utilizzabile a bassa temperatura .....	12
5.3.4 Risparmio energetico .....	12
5.3.5 Vantaggi offerti dagli impianti a ventilconvettori .....	12
5.3.6 Benessere termico.....	13
5.4 Dimensionamento delle tubazioni .....	13
5.5 Dimensionamento pompe di circolazione.....	15
5.6 Dimensionamento vaso d'espansione.....	15
5.7 Impianti elettrici a servizio dei termomeccanici.....	15
6. DESCRIZIONE OPERE DA REALIZZARE.....	15
6.1 Caratteristiche tecniche pompa di calore aria/acqua.....	16
6.2 Caratteristiche sistema di emissione.....	18
6.3 Pompe gemellari – collettore primario.....	19
6.4 Impianto solare termico a circolazione naturale .....	20
7. Verifiche funzionali e collaudi degli impianti.....	21
7.1 Primo avviamento – Taratura e collaudo.....	21
7.2 Dichiarazione di conformità e stato di fatto.....	22
7.3 Manutenzione della pompa di calore.....	22

## 1. PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto l'esecuzione dei lavori occorrenti per l'installazione dell'impianto di climatizzazione, trattamento aria e produzione acqua calda sanitaria nell'ambito della riqualificazione energetica della scuola Crispi a Castellammare del Golfo (TP). Si prevede l'installazione di un nuovo impianto di climatizzazione ad alta efficienza tipologia aria-acqua, un impianto di trattamento aria con recuperatore di calore per ogni piano piano dell'edificio e un sistema solare termico a circolazione naturale per l'ACS.

Gli impianti a fluido, proposti e di cui qui di seguito se ne espongono le caratteristiche, rappresentano una soluzione alle molteplici esigenze oggi richieste alla parte impiantistica di un edificio, con locali di differente destinazione d'uso e con diverse esigenze, che vuole comunque mantenere alto il livello di qualità degli ambienti interni ed il benessere degli occupanti. In particolare grande importanza riveste la flessibilità e la adattabilità che debbono avere gli impianti proposti, vista la notevole evoluzione tecnologica in atto. Pertanto proporre, come è stato fatto nel presente progetto una soluzione modulare e totalmente flessibile rappresenta indubbiamente una scelta intelligente ed in linea con gli standard europei.

La descrizione tecnica, di seguito riportata, ha lo scopo di indicare la soluzione impiantistica proposta, soluzione che sarà appaltata successivamente al finanziamento.

La posizione, il tipo e le quantità dei componenti dell'impianto da realizzare sono validi e coordinati con le altre opere, rimarrà tuttavia l'obbligo di verificare in sede esecutiva una verifica delle opere da eseguire prima dell'inizio lavori per adeguare al dettaglio tali componenti.

L'impianto previsto si intende completo e perfettamente funzionante, completo di tutte le apparecchiature e di tutti i materiali principali ed accessori di installazione, di consumo e di tutto quanto necessario per la sua completa realizzazione ad eccezione di quanto non specificatamente indicato nel quadro tecnico economico

“Riqualificazione dell'edificio scolastico "Crispi", intervento mirato all'installazione di sistemi di produzione di energia da fonte rinnovabile, efficientamento energetico, riduzione di consumi di energia primaria e installazione di sistemi intelligenti di telecontrollo, regolazione, gestione, monitoraggio e ottimizzazione dei consumi energetici (smart buildings)” - *Progetto a valere sull'Asse Prioritario 4 - “Energia Sostenibile e Qualità della Vita” del PO FESR Sicilia 2014/2020 cofinanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR), linea d'intervento Azione 4.1.1*

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

L'impianto dovrà essere realizzato in modo compiuto ed in conformità di leggi, norme, prescrizioni, regolamenti e raccomandazioni emanati da tutti gli Enti e Autorità riconosciuti, agenti in campo nazionale e locale, preposti al controllo ed alla sorveglianza della regolarità della sua esecuzione, direttamente o indirettamente interessata dai lavori:

- Normative ISPESL, ASL e ARPA;
- Leggi e decreti;
- Disposizioni dei vigili del fuoco di qualsiasi tipo;
- Norme CEI;
- Norme UNI;
- Regolamento e prescrizioni Comunali relative alla zona di realizzazione dell'opera.

Se esplicitamente richiesto o nei casi in cui la normativa nazionale risulti lacunosa, saranno utilizzati standard di riferimento riconosciuti su scala internazionale quali per esempio ASHRAE, SMACNA, NFPA ecc.

In particolare verrà rispettato quanto elencato alle voci seguenti, compresi successivi aggiornamenti e/o integrazioni anche se non specificati.

### 2.1 NORME UNI

Si intendono applicate, a titolo esemplificativo e non limitativo, le seguenti norme UNI:

- UNI 5364 del settembre 1976. Impianti di riscaldamento ad acqua calda. Regole per la presentazione dell'offerta e per il collaudo.
- UNI 8854 del 1986 Impianti termici ad acqua calda e/o surriscaldata per il riscaldamento degli edifici adibiti ad attività industriale e artigianale. Regole per l'ordinazione, l'offerta e il collaudo.
- UNI 8852 del gennaio 1987. Impianti di climatizzazione invernali per gli edifici adibiti ad attività industriale ed artigianale. Regole per l'ordinazione, l'offerta ed il collaudo.
- UNI 8065 del 1989 Trattamento dell'acqua negli impianti termici ad uso civile.
- UNI 9953 del 1993 Recuperatori di calore aria-aria negli impianti di condizionamento dell'aria. Definizioni, classificazione, requisiti e prove.
- UNI 10348 del 1993 Riscaldamento degli edifici. Rendimenti dei sistemi di riscaldamento. Metodo di calcolo.
- UNI 10349 del 1994 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici
- UNI 10351 del 1994 - Materiali da costruzione. Conduttività termica e permeabilità al vapore.
- UNI 10355 del 1994 - Murature e solai. Valori della resistenza termica e metodo di calcolo.
- UNI 10339 del giugno 1995. Impianti aeraulici ai fini del benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura.
- UNI 10347 del 1995 - Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Energia termica scambiata tra una tubazione e l'ambiente circostante - Metodo di calcolo
- UNI 8884 del febbraio 1998. Caratteristiche e trattamento delle acque dei circuiti di raffreddamento e di umidificazione.
- UNI EN ISO 10211-1 del 1998 Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali – Metodi generali di calcolo.
- UNI ENV 12097 del 1999 – Ventilazione negli edifici - Rete delle condotte - Requisiti relativi ai componenti atti a facilitare la manutenzione delle reti delle condotte

“Riqualificazione dell'edificio scolastico "Crispi", intervento mirato all'installazione di sistemi di produzione di energia da fonte rinnovabile, efficientamento energetico, riduzione di consumi di energia primaria e installazione di sistemi intelligenti di telecontrollo, regolazione, gestione, monitoraggio e ottimizzazione dei consumi energetici (smart buildings)” - *Progetto a valere sull'Asse Prioritario 4 - “Energia Sostenibile e Qualità della Vita” del PO FESR Sicilia 2014/2020 cofinanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR), linea d'intervento Azione 4.1.1*

#### CLI-01 – RELAZIONE TECNICA - IMPIANTI TERMICI

4

- UNI EN ISO 6946 del 1999 Componenti e elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica – Metodo di calcolo.
- UNI EN ISO 6946 del 1999 Componenti e elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica – Metodo di calcolo.
- UNI EN ISO 7345 del 1999 Isolamento termico – Grandezze e definizioni
- UNI EN 410 del 2000 Vetro per edilizia – Determinazione delle caratteristiche luminose e solari delle vetrate
- UNI EN 1886 del giugno 2000. Ventilazione degli edifici. Unità di trattamento dell'aria. Prestazioni meccaniche.
- UNI EN 1507 luglio 2008 – Ventilazione degli edifici - Condotte rettangolari di lamiera metallica - Requisiti di resistenza e di tenuta
- UNI EN 12237 giugno 2004 – Ventilazione degli edifici - Reti delle condotte - Resistenza e tenuta delle condotte circolari di lamiera metallica
- UNI ENV 12599 settembre 2001 – Ventilazione per edifici - Procedure di prova e metodi di misurazione per la presa in consegna di impianti installati di ventilazione e di condizionamento dell'aria.
- UNI EN 832 del 2001 Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento - Edifici residenziali.
- UNI EN ISO 13370 del 2001 – Prestazione termica degli edifici – Trasferimento di calore attraverso il terreno – Metodi di calcolo.
- UNI EN 13789 del 2001 – Prestazione termica degli edifici - Coefficiente di perdita di calore per trasmissione - Metodo di calcolo
- UNI EN ISO 14683 del 2001 Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica – Metodi semplificati e valori di riferimento
- UNI EN 12524 del 2001 Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà igrometriche - Valori tabulati di progetto
- UNI EN ISO 10077-1 del 2002 Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Metodo semplificato
- UNI EN ISO 10077-2 del 2002 Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Metodo numerico per i telai
- UNI EN 378 emessa in 4 parti tra il 2002 e il 2003 - Impianti di refrigerazione e pompe di calore - Requisiti di sicurezza ed ambientali
- UNI EN ISO 10211-2 del 2003 Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali – Ponti termici lineari.
- Raccomandazioni CTI 03/3 limitatamente al calcolo del fabbisogno di energia termica utile per la produzione di acqua calda per usi igienico – sanitari.
- UNI EN 13788 del 2003 – Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia – Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale - Metodo di calcolo
- UNI EN ISO 16484 del 2004 – Automazione degli edifici e sistemi di controllo (BACS) – Parti 2-3-6.
- UNI EN 14511 del 2004 Condizionatori, refrigeratori di liquido e pompe di calore con compressore elettrico per il riscaldamento e il raffreddamento – Parti 1-2-3-4.
- UNI EN 13053 del 2004 Ventilazione degli edifici - Unità di trattamento dell'aria - Classificazioni e prestazioni per le unità, i componenti e le sezioni.
- UNI EN 15927-1 del 2004 Prestazione termoigrometrica degli edifici – Calcolo e presentazione dei dati climatici. Medie mensili dei singoli elementi meteorologici.
- UNI EN 779 del 2005 Filtri d'aria antipolvere per ventilazione generale.
- UNI EN ISO 13791 del 2005 - Prestazione termica degli edifici - Calcolo della temperatura interna



“Riqualificazione dell'edificio scolastico "Crispi", intervento mirato all'installazione di sistemi di produzione di energia da fonte rinnovabile, efficientamento energetico, riduzione di consumi di energia primaria e installazione di sistemi intelligenti di telecontrollo, regolazione, gestione, monitoraggio e ottimizzazione dei consumi energetici (smart buildings)” - *Progetto a valere sull'Asse Prioritario 4 - “Energia Sostenibile e Qualità della Vita” del PO FESR Sicilia 2014/2020 cofinanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR), linea d'intervento Azione 4.1.1*

#### CLI-01 – RELAZIONE TECNICA - IMPIANTI TERMICI

estiva di un locale in assenza di impianti di climatizzazione - Criteri generali e procedure di validazione.

- UNI EN ISO 13792 del 2005 - Prestazione termica degli edifici - Calcolo della temperatura interna estiva di un locale in assenza di impianti di climatizzazione – Metodi semplificati.
- UNI 10379 del 2005 – Riscaldamento degli edifici. Fabbisogno energetico convenzionale normalizzato.
- UNI EN ISO 13790 del 2005 - Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento.
- UNI EN 13779 del 2005 - Ventilazione degli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di condizionamento.
- UNI EN 12828 del 2005 Impianti di riscaldamento negli edifici - Progettazione dei sistemi di riscaldamento ad acqua.
- UNI EN 673 del 2005 Vetro per edilizia – Determinazione della trasmittanza termica (valore U) – Metodo di calcolo
- UNI 10412-1 del 2006 Impianti di riscaldamento ad acqua calda - Requisiti di sicurezza - Parte 1: Requisiti specifici per impianti con generatori di calore alimentati da combustibili liquidi, gassosi, solidi polverizzati o con generatori di calore elettrici.
- UNI 11169 del 2006 Impianti di climatizzazione degli edifici - Impianti aeraulici ai fini di benessere – Procedure per il collaudo.
- UNI EN 13384 del 2006 Camini – Metodi di calcolo termico e fluido dinamico. Parti 1-2-3
- UNI EN 14908 del 2006: Comunicazione aperta dei dati per l'automazione, la regolazione e la gestione tecnica degli edifici - Protocollo di rete per gli edifici - Parte 1: Livello di protocollo
- UNI EN 14908 del 2006: Comunicazione aperta dei dati per l'automazione, la regolazione e la gestione tecnica degli edifici - Protocollo di gestione della rete - Parte 2: Comunicazione tramite doppio telefonico
- UNI CEN/TS 15231 del 2006 Comunicazione aperta dei dati per l'automazione, la regolazione e la gestione tecnica degli edifici - Integrazione di funzionalità (mapping) tra LONWORKS e BACnet
- UNI EN 12831 del 2006 Impianti di riscaldamento negli edifici – Metodo di calcolo del carico termico di progetto.
- UNI EN ISO 7730 del 2006 Ergonomia degli ambienti termici
- UNI EN 12097 Rete delle condotte ai componenti atti a facilitare la manutenzione delle reti delle condotte
- UNI TS 11300 Parti 1 & 2 del 2008 Prestazioni energetiche degli edifici
- UNI EN 1507 del 2008 Ventilazione negli edifici – Condotte rettangolari di lamiera metallica – Requisiti di resistenza e di tenuta

“Riqualificazione dell'edificio scolastico "Crispi", intervento mirato all'installazione di sistemi di produzione di energia da fonte rinnovabile, efficientamento energetico, riduzione di consumi di energia primaria e installazione di sistemi intelligenti di telecontrollo, regolazione, gestione, monitoraggio e ottimizzazione dei consumi energetici (smart buildings)” - *Progetto a valere sull'Asse Prioritario 4 - “Energia Sostenibile e Qualità della Vita” del PO FESR Sicilia 2014/2020 cofinanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR), linea d'intervento Azione 4.1.1*

### 3. DATI CLIMATICI

COMUNE: Castellammare del Golfo (TP)

#### PARAMETRI GEOGRAFICI

Comune: Castellammare del Golfo (TP)

Altitudine: 26 m

Latitudine: 38°1'

Longitudine: 12°52'

6

#### DATI TERMICI

Temperatura esterna di progetto: 4,9 °C

Gradi giorno: 820

Temp. media stagione di riscaldamento: 12,1 °C

#### Stagione di riscaldamento

Durata stagione di riscaldamento: 121 giorni

Inizio stagione di riscaldamento: 1/12

Stazione di riferimento: Trapani Fulgatore

Altitudine: 180 m

#### Vento

Zona vento: 3

Velocità del vento media giornaliera: 2,6 m/s

#### Dati estivi

Mese di massima insolazione: luglio

Temperatura massima estiva: 38,5 °C

Irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione: 293,98 W/m²

Zona climatica: B

Irr. orizz. media stagione riscaldamento: 9,37 MJ/m²

Fine stagione di riscaldamento: 31/3

Latitudine: 37°56'

Longitudine: 12°39'

Direzione prevalente del vento: NW

Temp. media mese massima insolazione: 26,5 °C

Escursione termica nel giorno più caldo: 16,2 °C

“Riqualificazione dell'edificio scolastico "Crispi", intervento mirato all'installazione di sistemi di produzione di energia da fonte rinnovabile, efficientamento energetico, riduzione di consumi di energia primaria e installazione di sistemi intelligenti di telecontrollo, regolazione, gestione, monitoraggio e ottimizzazione dei consumi energetici (smart buildings)” - *Progetto a valere sull'Asse Prioritario 4 - “Energia Sostenibile e Qualità della Vita” del PO FESR Sicilia 2014/2020 cofinanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR), linea d'intervento Azione 4.1.1*

CLI-01 – RELAZIONE TECNICA - IMPIANTI TERMICI

TEMPERATURE E IRRADIAZIONI GIORNALIERE MEDIE MENSILI

Mese	Temperatura esterna [°C]	Irradiazione orizzontale diretta [MJ/m <sup>2</sup> ]	Irradiazione orizzontale diffusa [MJ/m <sup>2</sup> ]	Pressione esterna [Pa]
gennaio	11,2	1,1	6,3	1.142,4
febbraio	11,0	2,1	8,2	1.053,9
marzo	12,9	4,2	9,5	1.182,1
aprile	15,6	10,2	8,8	1.265,8
maggio	20,8	13,6	8,8	1.202,7
giugno	23,9	16,5	8,2	1.577,6
luglio	26,5	17,0	8,4	1.781,1
agosto	27,6	12,7	9,6	1.825,7
settembre	22,5	6,0	10,1	2.025,4
ottobre	19,7	3,6	9,1	1.751,3
novembre	16,3	1,8	8,2	1.334,8
dicembre	13,8	0,6	6,0	1.455,1

7

#### 4. CRITERI DI PROGETTO

Nell'osservanza dei criteri guida fissati, i criteri progettuali, adottati per ciascuno degli impianti, sono stati quelli di far corrispondere, ogni impianto, alle effettive esigenze del servizio, offrendo soluzioni nel rispetto delle garanzie:

- Di progetto, a scopo dimostrativo, che garantisca le migliori condizioni operative, del comfort ambientale, e della sicurezza attiva e passiva agli occupanti;
- Di risparmio energetico, considerando gli impianti integrati con le strutture dell'edificio, ed utilizzando tecniche di distribuzione dei fluidi moderne, in accordo con la tendenza della attuale tecnologia;
- Di continuo ed ottimale funzionamento, perché gli impianti sono concepiti con ottimi materiali, con protezione e riserve opportune, con le aggiornate norme tecniche, ben sezionati per la manutenzione ordinaria e straordinaria;
- Di durata nel tempo e di affidabilità, perché le apparecchiature sono state individuate e selezionate tra quelle dei migliori costruttori utilizzando schemi semplici e sicuri e protezioni a prova di deterioramento;
- Di economia d'esercizio, sia per le spese di gestione che per quelle di manutenzione.

La struttura in questione sarà dotata di un impianto di climatizzazione in grado di ottenere, in qualsiasi stagione ed in qualsiasi condizione climatica esterna, le condizioni di "comfort" ambientali.

Tali condizioni dipendono da una serie di fattori, alcuni dei quali sono funzione delle persone presenti negli ambienti, altri sono dipendenti dalla progettazione dell'impianto (temperatura, umidità relativa, velocità dell'aria, purezza dell'aria, etc.).



“Riqualificazione dell'edificio scolastico "Crispi", intervento mirato all'installazione di sistemi di produzione di energia da fonte rinnovabile, efficientamento energetico, riduzione di consumi di energia primaria e installazione di sistemi intelligenti di telecontrollo, regolazione, gestione, monitoraggio e ottimizzazione dei consumi energetici (smart buildings)” - *Progetto a valere sull'Asse Prioritario 4 - “Energia Sostenibile e Qualità della Vita” del PO FESR Sicilia 2014/2020 cofinanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR), linea d'intervento Azione 4.1.1*

## CLI-01 – RELAZIONE TECNICA - IMPIANTI TERMICI

8

L'architettura degli edifici e l'orientamento planimetrico, che determinano rientrate di calore (specie per irraggiamento) differenziate, per l'esposizione alle varie ore del giorno, sia in inverno (recupero del calore solare) che in estate, e l'accurato studio delle rientrate di calore e delle dispersioni, unito al calcolo dell'irraggiamento effettivo alle diverse ore del giorno per le varie stagioni, e non ultima le caratteristiche della muratura dell'edificio che saranno frutto della riqualificazione energetica proposta, hanno fornito interessanti indicazioni per la redazione della progettazione degli impianti di climatizzazione. In particolare visto il lento mutare delle condizioni termiche della struttura che avrebbe caratterizzato lunghi tempi per la messa a regime dell'impianto ci interessava sviluppare un sistema che riuscisse a portare velocemente a regime almeno il microclima interno, quello legato allo spazio occupato, sfruttando comunque la capacità di accumulo dell'energia solare da parte dell'edificio sia d'inverno sia d'estate nel primo caso per fornire apporti gratuiti in regime di riscaldamento e nel secondo per attenuare i picchi di carico dovuti all'irraggiamento nelle ore centrali del giorno.

In ragioni di queste considerazioni si è pensato ad un impianto modulare con facili tempi di messa a regime e che garantisca un livello di climatizzazione differenziato per ciascun ambiente a diversa esposizione.

Gli edifici saranno provvisti di impianto di climatizzazione suddiviso in zone impiantistiche omogenee, tale da assicurare nei rispettivi locali le condizioni termoigrometriche di massimo comfort, le condizioni di massima igienicità dell'aria nel rispetto della normativa vigente.

Di seguito sono riassunte le scelte progettuali più significative ai fini del benessere ambientale e del risparmio energetico adottate nella progettazione degli impianti al fine di rendere gli stessi impianti tecnologicamente ed energeticamente avanzati e con una grande flessibilità d'uso, come meglio descritto nel prosieguo della relazione.

### 4.1 IL CONTROLLO DEL BENESSERE AMBIENTALE

La corsa alla migliore offerta, con ribassi spesso esasperati, alla quale è tipico assistere negli ultimi anni, l'aumento dei costi dell'energia, e la necessaria diminuzione dei consumi energetici richiesta dai committenti, hanno frenato l'introduzione degli accorgimenti più idonei al raggiungimento delle condizioni di massimo benessere per i fruitori degli ambienti condizionati.

In particolare, se da un lato si legifera sull'isolamento termico ed acustico degli edifici per ottenere risparmi energetici e bassi inquinamenti acustici dall'altro ci si preoccupa della salute degli occupanti di un edificio (DPR 246/93) evitando formazione di gas nocivi, presenza di particelle e gas pericolosi, emissione di radiazioni pericolose, formazione di umidità.

E' stato questo l'obiettivo che ci siamo prefissi per quel che riguarda il benessere ambientale che dipende tra gli altri da due parametri climatici temperatura e velocità terminale dell'aria in ambiente che influenzano in modo determinante la percezione di comfort degli occupanti.

In tal senso nella redazione del progetto dell'impianto di climatizzazione abbiamo posto l'attenzione sui seguenti principali parametri che andremo a verificare sulla parte dell'impianto esistente:

- Controllo della temperatura in ogni ambiente (tra 18 e 26 °C), con possibilità di taratura locale nel campo +/- 1 °C;
- Contenimento della velocità terminale dell'aria ambiente al valore massimo di 0,10 m/s (diffusione

“Riqualificazione dell'edificio scolastico "Crispi", intervento mirato all'installazione di sistemi di produzione di energia da fonte rinnovabile, efficientamento energetico, riduzione di consumi di energia primaria e installazione di sistemi intelligenti di telecontrollo, regolazione, gestione, monitoraggio e ottimizzazione dei consumi energetici (smart buildings)” - *Progetto a valere sull'Asse Prioritario 4 - “Energia Sostenibile e Qualità della Vita” del PO FESR Sicilia 2014/2020 cofinanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR), linea d'intervento Azione 4.1.1*

## CLI-01 – RELAZIONE TECNICA - IMPIANTI TERMICI

dell'aria a bassa velocità terminale  $V_t$ );

- Contenimento massimo dell'inquinamento acustico dovuto all'impianto (minima velocità di funzionamento delle apparecchiature ventilanti e diffusione di aria primaria a bassa  $V_t$ ).

### 4.2 ACCORGIMENTI PER IL RISPARMIO ENERGETICO

9

A seguito della specifica richiesta della Committenza di porre la massima attenzione al contenimento dei consumi energetici, per ottenere minori costi di gestione in termini d'energia e di manutenzione, abbiamo indirizzato la progettazione dell'impianto dell'intero edificio intendendolo come un “sistema” non dissipatore d'energia ma in grado di “autoregolarsi” in funzione delle condizioni climatiche esterne per mantenere le migliori condizioni di comfort senza sprechi energetici.

Le principali soluzioni tecniche utilizzate per raggiungere questo obiettivo sono state:

- Utilizzo di un sistema polivalente per la produzione dell'energia termica ad elevati COP invernale ed EER estiva;
- Utilizzo del sistema esistente per la regolazione della temperatura dei locali condizionati, entro i limiti stabiliti, per evitare sprechi energetici.

### 4.3 SCELTA DEL TIPO D'IMPIANTO

Il sistema di climatizzazione dell'edificio sarà suddiviso in zone termiche suddivise per piano. Sarà prevista una pompa di calore aria-acqua trifase polivalente con tecnologia ad inverter che permette il riscaldamento e il raffrescamento. Il sistema di distribuzione sarà a 2 tubi con isolamento elastomerico per migliorarne la coibentazione. Per le scuole il sistema di emissione sarà composto da ventilconvettori. Tutto l'impianto verrà gestito attraverso un sistema di termoregolazione che con delle sonde di temperatura interne (a bordo macchina) garantisce la massima efficienza e il miglior comfort negli ambienti.

## 5. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

### 5.1 APPORTI ISTANTANEI

L'apporto (o perdita) di calore per componente è definito come il flusso di calore (Watt) che attraversa la superficie interna di un componente edilizio (parete, tetto, superficie vetrata, ecc.) considerato separatamente dal contesto edilizio in cui esso è inserito e nella ipotesi che:

10

- La temperatura dell'aria interna sia mantenuta costantemente al valore prefissato di progetto;
- Gli effetti degli scambi per radiazione e convezione, rispettivamente tra la superficie interna del componente e le restanti superfici, tra la stessa e l'aria interna (condizioni al contorno sullo strato limite interno del componente) sia riconducibile ad un prefissato valore del coefficiente limite interno (adduttanza interna).

Un apporto di calore può essere ottenuto, ad esempio, per radiazione attraverso le superfici vetrate, per conduzione attraverso un componente opaco, per convezione, per effetto delle infiltrazioni, per radiazione/convezione in relazione alla presenza di sorgenti di calore interne (persone, lampade, apparecchiature). Gli apporti di calore forniscono, per tipo di eccitazione incidente (radiazione, conduzione, convezione), l'ammontare della quantità di calore che entra o esce da ogni componente edilizio. Vengono calcolati i valori orari dei seguenti apporti di calore:

- Conduzione in regime transitorio, attraverso componenti opachi, quali pareti verticali, solai, coperture, ecc. definiti tutti sotto il nome di pareti, soffitti, ecc.;
- Conduzione in regime stazionario ( $k \cdot s \cdot \Delta T$ ) attraverso componenti opachi e trasparenti a inerzia termica trascurabile (porte, finestre);
- Infiltrazioni attraverso serramenti o aperture;
- Radiazione solare incidente su superfici trasparenti (finestre);
- Occupanti;
- Apparecchiature;
- Luci.

Tutto questo per determinare il corretto fabbisogno termico dell'edificio in questione considerando ogni tipo di apporto, calcolato come di seguito.

“Riqualificazione dell'edificio scolastico "Crispi", intervento mirato all'installazione di sistemi di produzione di energia da fonte rinnovabile, efficientamento energetico, riduzione di consumi di energia primaria e installazione di sistemi intelligenti di telecontrollo, regolazione, gestione, monitoraggio e ottimizzazione dei consumi energetici (smart buildings)” - *Progetto a valere sull'Asse Prioritario 4 - “Energia Sostenibile e Qualità della Vita” del PO FESR Sicilia 2014/2020 cofinanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR), linea d'intervento Azione 4.1.1*

## 5.2 CALCOLO DEL CARICO TERMICO INVERNALE

Per il calcolo delle dispersioni termiche in regime stazionario, attraverso le pareti, utilizziamo i risultati ottenuti dalla relazione 10/91 basato sul seguente modello:

$$Q_d = \sum_j K_j * S_j * (t_i - t_e) * i_{str} * i_{esp}$$

11

in cui:

S = superficie del perimetro verticale e dei solai;

K<sub>j</sub>= trasmittanza termica del perimetro verticale e dei solai (W/m<sup>2</sup> °C);

t<sub>e</sub> = temperatura ambiente (°C);

t<sub>i</sub> = temperatura esterna di progetto invernale (°C);

i<sub>str</sub> = fattore di sicurezza relativo alla struttura in esame;

i<sub>esp</sub> = fattore di sicurezza relativo all'esposizione della frontiera;

Q<sub>d</sub> = flusso termico che si trasferisce all'esterno per trasmissione attraverso il perimetro opaco e vetrato dell'involucro edilizio: è composto dal flusso termico attraverso le superfici disperdenti e dal flusso termico attraverso i punti singolari.

Ogni ambiente avrà una dispersione e la somma di tutte le dispersioni dei singoli ambienti sarà pari al flusso termico totale.

Sommando anche il contributo in potenza per la ventilazione dei locali si determina il fabbisogno termico dell'edificio pari a 130.000 Wt per garantire le temperature di progetto.

Da quest'analisi preventiva si evince che il sistema era correttamente dimensionato al fabbisogno della struttura e quindi composto da n.1 pompe di calore da 160 kW<sub>t</sub> che possono sopperire anche ai picchi di richiesta nei momenti di maggior affollamento di visitatori.

## 5.3 SISTEMA DI EMISSIONE VENTILCONVETTORI (FAN COIL)

### 5.3.1 Qualità dell'aria

Il riscaldamento a ventilconvettori è in grado di evitare degli inconvenienti tipici degli impianti a corpi scaldanti: Grazie al sistema di filtraggio interno, l'ambiente risulta sempre pulito e libero da scorie nocive ed impurità. Questo sistema, infatti, dato il continuo movimento di masse di aria, non permette il ristagno della stessa e deumidifica per tutto il tempo di accensione dell'apparecchio. Ne deriva un ambiente molto più salubre e fresco, privo di agenti esterni come fibre e polveri, causa anche di numerose allergie.

### 5.3.2 Impatto ambientale

Il montaggio dei dispositivi è piuttosto semplice, essendo la dimensione ridotta. L'impatto estetico minimo, soprattutto inserite in corrispondenza delle finestrate.

### 5.3.3 Calore utilizzabile a bassa temperatura

Per merito della loro elevata efficienza, gli impianti a ventilconvettori possono riscaldare con basse temperature del fluido termovettore.

Questa caratteristica rende conveniente il loro uso con sorgenti di calore la cui resa (termodinamica o economica) aumenta al diminuire della temperatura richiesta, come nel caso di:

- Pompe di calore,
- Caldaie a condensazione,
- Pannelli solari,
- Sistemi di recupero del calore,
- Sistemi di teleriscaldamento, con costo del calore legato (direttamente o indirettamente) alla temperatura di ritorno del fluido primario.

### 5.3.4 Risparmio energetico

Rispetto ai sistemi di riscaldamento a pannelli radianti, gli impianti a ventilconvettori (fan coil) consentono apprezzabili risparmi energetici essenzialmente per due motivi:

1. La maggior temperatura operante che consente (a pari temperatura ambiente) risparmi medi variabili dal 5 al 10%;
2. Il minor gradiente termico tra pavimento e soffitto che comporta risparmi energetici tanto più elevati quanto maggiore è l'altezza dei locali.

Motivi (seppur meno importanti) di risparmio energetico possono considerarsi anche:

- L'uso di basse temperature che riduce le dispersioni lungo le tubazioni,
- Il non surriscaldamento delle pareti poste dietro i radiatori.

Mediante gli impianti a ventilconvettori (sempre in relazione agli impianti di tipo tradizionale) consentono un risparmio energetico variabile dal 10 al 15%.

### 5.3.5 Vantaggi offerti dagli impianti a ventilconvettori

I principali vantaggi che gli impianti a pannelli possono offrire riguardano:

- Il benessere termico,
- La qualità dell'aria,
- Le condizioni igieniche,
- L'impatto ambientale,
- Il calore utilizzabile a bassa temperatura,
- Il risparmio energetico.

“Riqualificazione dell'edificio scolastico "Crispi", intervento mirato all'installazione di sistemi di produzione di energia da fonte rinnovabile, efficientamento energetico, riduzione di consumi di energia primaria e installazione di sistemi intelligenti di telecontrollo, regolazione, gestione, monitoraggio e ottimizzazione dei consumi energetici (smart buildings)” - *Progetto a valere sull'Asse Prioritario 4 - “Energia Sostenibile e Qualità della Vita” del PO FESR Sicilia 2014/2020 cofinanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR), linea d'intervento Azione 4.1.1*

### 5.3.6 Benessere termico

Per poter assicurare in un locale condizioni di benessere termico si devono mantenere zone leggermente più calde a pavimento e più fredde a soffitto.

Gli impianti che meglio si prestano a offrire tali condizioni possono essere quelli a ventilconvettori per i seguenti motivi:

1. La specifica posizione (cioè a pavimento) dei ventilconvettori;
2. Il fatto che essi cedono calore soprattutto innescando dei moti convettivi a bassa velocità e bassa temperatura ma in ogni caso a velocità controllata per singolo ambiente.

13

## 5.4 DIMENSIONAMENTO DELLE TUBAZIONI

Le tubazioni saranno dimensionate assumendo per esse valori di perdite di carico da 10 ÷ 30 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.

Carico lineare totale [ $H_{lin}$ ]

È il carico che può essere speso per vincere le perdite di carico lineari lungo la rete. Si calcola sottraendo alla pressione disponibile ( $P_{disp}$ ) le pressioni che servono per:

- Vincere il dislivello fra l'origine della rete e l'apparecchio più sfavorito ( $H_{app}$ );
- Assicurare la pressione minima richiesta a monte dell'apparecchio più sfavorito ( $P_{min}$ );
- Far fronte alle perdite di carico dovute ai principali componenti dell'impianto ( $H_{comp}$ );
- Compensare le perdite di carico dovute alle valvole di intercettazione, alle curve e ai pezzi speciali ( $H_{loc}$ ).

Considerando che queste ultime perdite sono mediamente uguali al 40% di quelle lineari, quanto sopra esposto può essere espresso con la formula:

$$H_{lin} = (P_{disp} - H_{app} - P_{min} - H_{comp}) * 0,7$$

Carico lineare unitario [ $J$ ]

È il carico che può essere speso per vincere le perdite di carico lineari di un metro di tubo.

Il suo valore (in mm c.a./m) si ottiene moltiplicando per 1.000 il carico lineare totale ( $H_{lin}$ ) espresso in m c.a./m, e dividendo poi tale prodotto per la lunghezza [ $L$ ] dei tubi che collegano l'origine della rete all'apparecchio più sfavorito: operazioni che si possono esprimere con la formula:

$$J = (H_{lin} * 1.000) / L$$

Per il dimensionamento dei tubi entrano in funzione tre parametri:



“Riqualificazione dell'edificio scolastico "Crispi", intervento mirato all'installazione di sistemi di produzione di energia da fonte rinnovabile, efficientamento energetico, riduzione di consumi di energia primaria e installazione di sistemi intelligenti di telecontrollo, regolazione, gestione, monitoraggio e ottimizzazione dei consumi energetici (smart buildings)” - *Progetto a valere sull'Asse Prioritario 4 - “Energia Sostenibile e Qualità della Vita” del PO FESR Sicilia 2014/2020 cofinanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR), linea d'intervento Azione 4.1.1*

CLI-01 – RELAZIONE TECNICA - IMPIANTI TERMICI

- La portata di progetto ( Gpr ),
- Il carico lineare unitario disponibile ( J ),
- La temperatura dell'acqua.

Con la tabella sottostante possiamo verificare se il diametro scelto comporta o meno una velocità accettabile. Se la velocità è troppo elevata si dovrà scegliere un diametro maggiore, cioè un diametro che (a pari portata) consente una velocità più bassa.

14

r = perdite di carico continue, mm c.s./m		G = portata, l/h												v = velocità, m/s	
r	Ø	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	Ø	r
2	G	47	94	201	371	777	1.166	2.196	4.374	6.707	13.577	23.813	38.478	G	2
	v	0,10	0,12	0,15	0,17	0,21	0,23	0,27	0,33	0,36	0,44	0,50	0,57	v	
4	G	69	136	292	538	1.126	1.689	3.182	6.337	9.717	19.669	34.499	55.743	G	4
	v	0,15	0,18	0,22	0,25	0,31	0,34	0,40	0,47	0,53	0,63	0,73	0,82	v	
6	G	85	169	362	668	1.399	2.098	3.952	7.871	12.069	24.431	42.852	69.240	G	6
	v	0,19	0,22	0,27	0,31	0,38	0,42	0,49	0,59	0,66	0,78	0,90	1,02	v	
8	G	99	197	422	779	1.631	2.447	4.610	9.181	14.076	28.495	49.978	80.755	G	8
	v	0,22	0,26	0,31	0,37	0,44	0,49	0,58	0,69	0,76	0,91	1,05	1,19	v	
10	G	112	222	476	878	1.838	2.757	5.194	10.344	15.861	32.106	56.312	90.990	G	10
	v	0,25	0,29	0,35	0,41	0,50	0,55	0,65	0,77	0,86	1,03	1,19	1,34	v	
12	G	123	245	525	968	2.026	3.039	5.726	11.403	17.485	35.394	62.079	100.308	G	12
	v	0,27	0,32	0,39	0,46	0,55	0,61	0,72	0,85	0,95	1,14	1,31	1,48	v	
14	G	134	266	570	1.051	2.200	3.301	6.218	12.383	18.987	38.435	67.413	108.927	G	14
	v	0,29	0,35	0,42	0,50	0,60	0,66	0,78	0,93	1,03	1,23	1,42	1,61	v	
16	G	144	285	612	1.129	2.363	3.545	6.678	13.300	20.393	41.280	72.403	116.989	G	16
	v	0,32	0,38	0,46	0,53	0,64	0,71	0,83	0,99	1,11	1,32	1,53	1,72	v	
18	G	153	304	652	1.202	2.517	3.775	7.112	14.165	21.718	43.964	77.110	124.595	G	18
	v	0,34	0,40	0,48	0,57	0,68	0,76	0,89	1,06	1,18	1,41	1,63	1,84	v	
20	G	162	322	689	1.272	2.663	3.994	7.524	14.985	22.977	46.512	81.580	131.817	G	20
	v	0,36	0,42	0,51	0,60	0,72	0,80	0,94	1,12	1,25	1,49	1,72	1,94	v	
22	G	171	338	725	1.338	2.802	4.203	7.918	15.769	24.179	48.944	85.845	138.709	G	22
	v	0,37	0,44	0,54	0,63	0,76	0,84	0,99	1,18	1,31	1,57	1,81	2,04	v	
24	G	179	354	760	1.402	2.935	4.403	8.295	16.520	25.330	51.275	89.934	145.316	G	24
	v	0,39	0,47	0,57	0,66	0,80	0,88	1,04	1,23	1,38	1,64	1,90	2,14	v	
26	G	187	370	793	1.463	3.064	4.596	8.658	17.243	26.438	53.518	93.867	151.671	G	26
	v	0,41	0,49	0,59	0,69	0,83	0,92	1,08	1,29	1,44	1,72	1,98	2,24	v	
28	G	194	385	825	1.523	3.187	4.782	9.008	17.940	27.507	55.681	97.662	157.802	G	28
	v	0,43	0,51	0,61	0,72	0,87	0,96	1,13	1,34	1,49	1,79	2,06	2,33	v	
30	G	201	399	856	1.580	3.307	4.961	9.346	18.614	28.541	57.774	101.332	163.733	G	30
	v	0,44	0,53	0,64	0,74	0,90	0,99	1,17	1,39	1,55	1,85	2,14	2,41	v	
35	G	219	434	930	1.716	3.591	5.388	10.149	20.213	30.993	62.738	110.040	177.802	G	35
	v	0,48	0,57	0,69	0,81	0,97	1,08	1,27	1,51	1,68	2,01	2,32	2,62	v	
40	G	235	466	999	1.843	3.857	5.786	10.901	21.709	33.287	67.382	118.184	190.963	G	40
	v	0,51	0,61	0,74	0,87	1,05	1,16	1,36	1,62	1,81	2,16	2,49	2,81	v	
45	G	250	496	1.064	1.962	4.108	6.163	11.609	23.121	35.451	71.762	125.868	203.378	G	45
	v	0,55	0,65	0,79	0,92	1,11	1,24	1,45	1,73	1,93	2,30	2,65	3,00	v	
50	G	265	525	1.125	2.076	4.346	6.520	12.282	24.461	37.506	75.922	133.163	215.165	G	50
	v	0,58	0,69	0,84	0,98	1,18	1,31	1,53	1,83	2,04	2,44	2,81	3,17	v	
60	G	292	579	1.240	2.289	4.791	7.187	13.540	26.966	41.347	83.697	146.800	237.200	G	60
	v	0,64	0,76	0,92	1,08	1,30	1,44	1,69	2,01	2,25	2,68	3,10	3,50	v	
70	G	317	628	1.347	2.485	5.203	7.806	14.703	29.283	44.899	90.889	159.414	257.582	G	70
	v	0,69	0,83	1,00	1,17	1,41	1,56	1,84	2,19	2,44	2,92	3,36	3,80	v	
80	G	340	675	1.447	2.669	5.588	8.383	15.792	31.451	48.223	97.616	171.214	276.648	G	80
	v	0,75	0,89	1,08	1,26	1,52	1,68	1,97	2,35	2,62	3,13	3,61	4,08	v	
90	G	362	719	1.541	2.843	5.951	8.928	16.818	33.495	51.358	103.962	182.345	294.633	G	90
	v	0,79	0,95	1,15	1,34	1,62	1,79	2,10	2,50	2,79	3,34	3,85	4,34	v	
100	G	383	760	1.630	3.008	6.296	9.445	17.793	35.437	54.335	109.988	192.913	311.710	G	100
	v	0,84	1,00	1,21	1,42	1,71	1,89	2,22	2,65	2,95	3,53	4,07	4,59	v	

Figura 1 - Perdite di carico continue in tubi in acciaio

## 5.5 DIMENSIONAMENTO POMPE DI CIRCOLAZIONE

La somma delle perdite di carico distribuite e delle perdite di carico concentrate di ogni tronco fornisce la perdita di carico totale che rappresenta il valore della prevalenze della pompa da installare. La scelta della pompa si completa calcolando la portata totale, come somma di tutte le portate dei corpi alimentati nell'impianto. Per il bilanciamento dei vari circuiti ci sarà possibile farlo agendo sui collettori dell'impianto radiante.

15

## 5.6 DIMENSIONAMENTO VASO D'ESPANSIONE

Servono a limitare gli incrementi di pressione dovuti alla dilatazione dell'acqua. Sono costituiti da un contenitore suddiviso, da una membrana atossica, in due parti: una riservata all'acqua dell'impianto, l'altra ad un gas il cui compito è quello di assorbire le variazioni di volume dell'acqua. La pressione di precarica del gas deve essere uguale alla pressione di esercizio dell'impianto. Questi vasi possono essere calcolati con la formula:

$$V = \frac{e * C}{1 - \frac{P_{es} + 10}{P_{vs} + 10}}$$

dove: V = Volume del vaso di espansione

e = Fattore di espansione (ved. nota), adimensionale

C = Volume dell'acqua riscaldata, l

P<sub>es</sub> = Pressione di esercizio, m c.a.

P<sub>vs</sub> = Pressione d'intervento della valvola di sicurezza, m c.a.

## 5.7 IMPIANTI ELETTRICI A SERVIZIO DEI TERMOMECCANICI

I quadri elettrici conterranno tutti gli organi di comando, protezione, controllo e sicurezza, in conformità alle prescrizioni delle norme CEI vigenti.

Dai predetti Q.E., alimentati dagli impianti elettrici generali, c.p.d., si dipartiranno le linee di collegamento ed alimentazione di tutti i motori ed apparecchiature elettriche degli impianti termomeccanici, ivi comprese quelle della regolazione automatica elettronica DDC, le linee di terra, i collegamenti equipotenziali, le linee di tutte le regolazioni delle batterie di post-riscaldamento e dei ventilconvettori dei locali, le linee di tutti gli allarmi e segnalazioni, le linee ed alimentazioni dei cavetti elettrici riscaldanti ed ogni altra linea relativa alle apparecchiature termomeccaniche.

## 6. DESCRIZIONE OPERE DA REALIZZARE

L'intervento consiste nella realizzazione dell'impianto di climatizzazione della scuola Crispi a Castellammare del Golfo. Il generatore sarà una pompa di calore aria/acqua a due tubi da 161 kWt. Il sistema di distribuzione sarà costituito da tubazioni in PPR di varie dimensioni. Il sistema di

“Riqualificazione dell'edificio scolastico "Crispi", intervento mirato all'installazione di sistemi di produzione di energia da fonte rinnovabile, efficientamento energetico, riduzione di consumi di energia primaria e installazione di sistemi intelligenti di telecontrollo, regolazione, gestione, monitoraggio e ottimizzazione dei consumi energetici (smart buildings)” - *Progetto a valere sull'Asse Prioritario 4 - “Energia Sostenibile e Qualità della Vita” del PO FESR Sicilia 2014/2020 cofinanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR), linea d'intervento Azione 4.1.1*

#### CLI-01 – RELAZIONE TECNICA - IMPIANTI TERMICI

16

emissione sarà costituito da ventilconvettori a pavimento. La regolazione avverrà ambiente per ambiente grazie ad un sistema di controllo zonale (bordo macchina).

La scuola sarà suddivisa in 6 zone termiche, 3 per piano in modo da raggiungere elevati valori di prestazione energetica sia in termini di COP che di EER, oltre che a potere comandare localmente diversi tipi di comfort ambientali. I fan coil nelle singole aule saranno suddivisi in serie da 2 che saranno in parallelo con tubazioni di ogni singola zona. Ad ogni piano ci sarà un collettore secondario di smistamento per le tre zone presenti che sarà ubicato in posizione baricentrica. Dal collettore primario posto in centrale termica partiranno le due colonne per i due piani della struttura. Si è scelto di utilizzare un puffer da 500 litri.

Le aule della scuola avranno un sistema di trattamento aria composto da recuperatore di calore costituito per ogni aula e nei corridoi da una unità di ventilazione meccanica controllata decentralizzata a doppio flusso di portata pari a 50mc/h. L'istallazione sarà su parete esterna con espulsione diretta, dotato di doppia motorizzazione EC perfetto bilanciamento dei flussi in immissione ed estrazione, dotato di filtri in polipropilene per il filtraggio dell'aria sia in immissione che in estrazione prima del passaggio dallo scambiatore. L'apparecchio sarà dotato di controllo umidità tipo Smart, alla rilevazione dell'umidità limite preimpostata l'apparecchio provvederà autonomamente ad aumentare la velocità allo scopo di disperdere all'esterno l'umidità in eccesso. Funzionamento programmabile h24 con velocità minima dell'aria, possibilità di ricambio veloce dell'aria viziata mediante la funzione BOOSTER anch'essa programmabile nella durata e nella velocità.

### 6.1 CARATTERISTICHE TECNICHE POMPA DI CALORE ARIA/ACQUA

Unità da esterno in pompa di calore per la produzione di acqua refrigerata/riscaldata con compressori ermetici rotativi di tipo scroll dedicati per l'utilizzo di R410A, ventilatori assiali, batteria di condensazione con tubi in rame ed alette in alluminio, scambiatore a piastre saldo brasate e valvola di espansione termostatica meccanica o elettronica.

Quadro elettrico di potenza e controllo costruito in conformità alle norme EN60204-1 ed EC204-1, completo di:

- Quadro elettrico per esterno;
- Trasformatore per il circuito di comando;
- Sezionatore generale blocco porta;
- Cavi elettrici numerati;
- Magnetotermici per compressori e ventilatori;
- Morsetti per blocco cumulativo allarmi;
- Morsetti per ON/OFF da remoto;
- Morsettiere a molla dei circuiti di comando;
- Controllore elettronico;
- Pannello operatore con interfaccia a cristalli liquidi (LCD) multilingua;
- Grado di protezione IP43.

“Riqualificazione dell'edificio scolastico "Crispi", intervento mirato all'installazione di sistemi di produzione di energia da fonte rinnovabile, efficientamento energetico, riduzione di consumi di energia primaria e installazione di sistemi intelligenti di telecontrollo, regolazione, gestione, monitoraggio e ottimizzazione dei consumi energetici (smart buildings)” - *Progetto a valere sull'Asse Prioritario 4 - “Energia Sostenibile e Qualità della Vita” del PO FESR Sicilia 2014/2020 cofinanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR), linea d'intervento Azione 4.1.1*

Pompa di calore aria/acqua			
Alimentazione elettrica		V/ph/Hz	400/3/50
Refrigerazione	Potenza frigorifera	kW	153
	Potenza assorbita compressori	kW	43,3
	Potenza assorbita ventilatori (raffrescamento)	kW	8,00
	Potenza assorbita totale	kW	52,4
	EER	kW/kW	2,92
Riscaldamento	Potenza termica totale	kW	161
	Potenza assorbita compressori	kW	45,3
	Potenza assorbita ventilatori (riscaldamento)	kW	4,40
	Potenza assorbita totale	kW	50,9
	COP	kW/kW	3,16

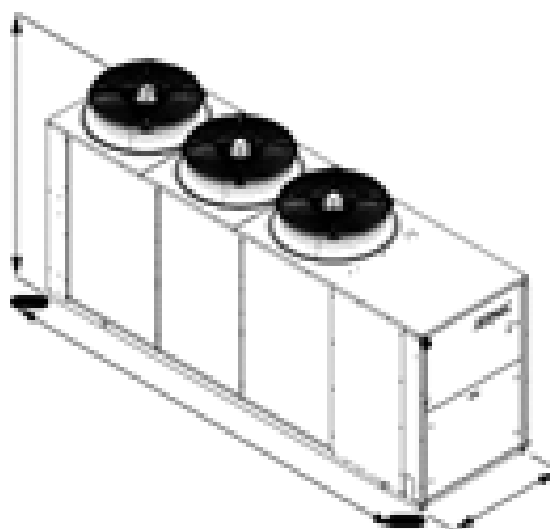


Figura 2 - Schema pompa di calore

“Riqualificazione dell'edificio scolastico "Crispi", intervento mirato all'installazione di sistemi di produzione di energia da fonte rinnovabile, efficientamento energetico, riduzione di consumi di energia primaria e installazione di sistemi intelligenti di telecontrollo, regolazione, gestione, monitoraggio e ottimizzazione dei consumi energetici (smart buildings)” - *Progetto a valere sull'Asse Prioritario 4 - “Energia Sostenibile e Qualità della Vita” del PO FESR Sicilia 2014/2020 cofinanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR), linea d'intervento Azione 4.1.1*

## 6.2 CARATTERISTICHE SISTEMA DI EMISSIONE

Il sistema di emissione sarà a ventilconvettori dotati di motori DC Brushless Inverter per una variazione continua da 0 a 100% della portata dell'aria e di conseguenza della potenza termica e frigorifera.

Essi riscaldano e raffreddano con grande rapidità qualsiasi ambiente con la massima silenziosità e mediante i motori DC Brushless, risparmiano fino a 50% di elettricità rispetto ai ventilconvettori con motori tradizionali (tipo ON/OFF).

18

Caratteristiche tecniche: 2900W portata d'aria 600mc/h.

Nella fase progettuale in riscaldamento è stato previsto un  $\Delta t_m$  pari a 30 °C in virtù della differenza tra la media del fluido e la temperatura ambiente. Si è considerato una temperatura del fluido pari a 60 °C per ottimizzare il rendimento tra generatore e ventilconvettore. Per quanto riguarda il raffreddamento è stato considerato un  $\Delta t_m$  pari a 10 °C.

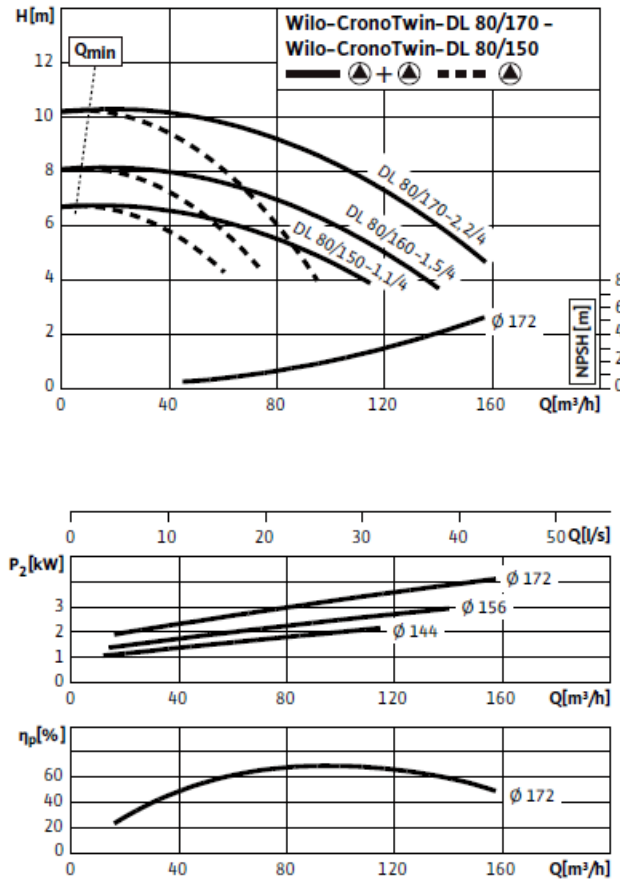
“Riqualificazione dell'edificio scolastico "Crispi", intervento mirato all'installazione di sistemi di produzione di energia da fonte rinnovabile, efficientamento energetico, riduzione di consumi di energia primaria e installazione di sistemi intelligenti di telecontrollo, regolazione, gestione, monitoraggio e ottimizzazione dei consumi energetici (smart buildings)” - *Progetto a valere sull'Asse Prioritario 4 - “Energia Sostenibile e Qualità della Vita” del PO FESR Sicilia 2014/2020 cofinanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR), linea d'intervento Azione 4.1.1*

## CLI-01 – RELAZIONE TECNICA - IMPIANTI TERMICI

## 6.3 POMPE GEMELLARI – COLLETTORE PRIMARIO

Nel collettore primario di distribuzione sono previste due pompe gemellari con una portata da 15 m<sup>3</sup>/h e una prevalenza di circa 10 metri.

19





## 6.4 IMPIANTO SOLARE TERMICO A CIRCOLAZIONE NATURALE

Il principio progettuale normalmente utilizzato per un impianto solare termico è quello di ottimizzare il rapporto fra costi di realizzazione ed energia prodotta, tenendo conto dei dati relativi a:

- Fabbisogni dell'utente;
- Orientamento e inclinazione delle superfici;
- Condizioni climatiche;
- Globalità del progetto.

20

Nella generalità dei casi, l'impianto è esposto alla luce solare in modo ottimale, scegliendo prioritariamente l'orientamento a Sud e evitando fenomeni di ombreggiamento. In funzione degli eventuali vincoli architettonici della struttura che ospita l'impianto stesso, sono comunque adottati orientamenti diversi e sono ammessi fenomeni di ombreggiamento, purché adeguatamente valutati.

Poiché i collettori solari termici variano molto in termini di costo e di prestazioni, ed essendo l'energia solare una fonte aleatoria, i collettori sono realisticamente considerati integrativi rispetto alle tecnologie tradizionali, ovvero forniscono direttamente solo una parte dell'energia necessaria all'utenza, quella percentuale che prende il nome di percentuale di copertura del fabbisogno energetico annuo.

Aumentando la percentuale di copertura, il costo dell'impianto cresce, mentre l'energia prodotta aumenta meno rapidamente: per questo motivo occorre bilanciare attentamente i costi da sostenere e l'energia prodotta e un impianto solare termico difficilmente sarà progettato per soddisfare il 100 % del fabbisogno energetico.

Sulla base del fabbisogno di acqua calda sanitaria per scuole elementari e materne si è previsto di utilizzare 4 pannelli solari termici a circolazione naturale con dei bollitori da 200 litri. Questa soluzione è l'ideale per produrre acqua calda sanitaria a basso costo eliminando i vari scaldacqua elettrici nei bagni scolastici. Nel periodo invernale, in mancanza di soleggiamento sarà utilizzata una resistenza elettrica per integrare il sistema a circolazione naturale.

## 7. VERIFICHE FUNZIONALI E COLLAUDI DEGLI IMPIANTI

### 7.1 PRIMO AVVIAMENTO – TARATURA E COLLAUDO

All'atto del primo avviamento va seguita una precisa procedura di taratura e di avviamento. Ricordando che sarebbe sempre consigliabile la presenza del progettista, si deve agire come segue:

- Si avviano le pompe del primario e si tara la portata desiderata sul gruppo, utilizzando il misuratore di portata. La portata deve essere circa il 10% superiore rispetto a quella di progetto nel funzionamento estivo per tener conto della diminuzione della stessa all'aumentare della densità alle temperature più basse.
- In mancanza di misuratore di portata si esegue una prima taratura sulla base delle perdite di carico dello scambiatore. Ovviamente in questo caso la taratura è molto meno precisa.
- Si avviano le pompe del secondario e si verificano eventuali variazioni di portata allo scambiatore del gruppo, dovuto a deprecabili interferenze tra i due circuiti. I terminali devono essere spenti (ventilatori chiusi).
- Si avvia la pompa di calore nella configurazione permessa dalla stagione. Si tara il set-point basso e si riduce al minimo consentito il differenziale, in modo che la pompa funzioni sempre a piena potenza.
- Quando la temperatura dell'acqua in uscita della pompa raggiunge il valore desiderato (ad esempio 7°C), si controlla il salto termico dell'evaporatore tra ingresso e uscita e, contemporaneamente, le pressioni di lavoro e gli assorbimenti elettrici.
- Si accendono i terminali dell'impianto in modo da mantenere un certo carico sulla macchina.
- Se il salto termico dovesse essere diverso da quanto previsto si deve agire in due modi diversi, a seconda che sia o no presente il misuratore di portata. Nel caso sia presente, se la portata è corretta e il salto all'evaporatore è oltre il 10% minore rispetto al previsto, chiaramente la macchina sta rendendo meno. Si devono capire se i motivi sono contingenti (qualche taratura sbagliata, carica scarsa ecc.), oppure il problema è di resa della macchina. Ovviamente vanno tenute ben presenti le condizioni di contorno: una macchina ad aria che fornisca il salto termico di progetto con una temperatura esterna di 25°C, ovviamente rende, riportata a 35°C, circa il 15% in meno. In assenza del misuratore di portata le valutazioni diventano aleatorie, perché non ci si può fidare assolutamente della precisione di lettura dei manometri sullo scambiatore. A questo punto vale la pena ritare la portata sulla base del salto termico voluto.
- Si effettuano le tarature del set-point e del differenziale sulla base del sistema di regolazione montato dal costruttore.

La macchina a questo punto è avviata; per macchine di elevata taglia è fondamentale controllare il funzionamento dell'impianto nei primi giorni.

Dopo qualche giorno di funzionamento è necessario controllare lo stato di pulizia dei filtri dell'impianto, perché potrebbero essere pieni di eventuali detriti di lavorazione.

## 7.2 DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ E STATO DI FATTO

A lavori ultimati le imprese coinvolte dovranno consegnare al Committente tutti i disegni di as-built su supporto magnetico, quotati, completi di tavole, schemi elettrici, schemi a blocchi e particolari costruttivi, delle opere eseguite. I detti disegni dovranno essere aggiornati in modo da lasciare un'esatta documentazione di come sono state realizzate realmente le opere.

Dovranno inoltre essere forniti i certificati di collaudo, le garanzie delle ditte fornitrici, dichiarazioni di conformità ai sensi della Legge n.46/90, gli allegati obbligatori e le schede tecniche di tutti i materiali ed apparecchiature installate.

Tutta la documentazione dovrà essere fornita in tre copie su supporto cartaceo debitamente sottoscritta dall'Impresa e timbrata da tecnico abilitato per il rilascio di quanto richiesto, iscritto ad albo professionale

22

## 7.3 MANUTENZIONE DELLA POMPA DI CALORE

Per salvaguardare la vita di una pompa di calore in particolare è necessario seguire tre regole inderogabili:

- a) ridurre al minimo gli avviamenti e gli arresti dei compressori;
- b) mantenere sempre e assolutamente costante la portata dell'acqua negli scambiatori;
- c) far lavorare, per quanto possibile, i circuiti del gruppo sotto carico costante.

Una buona manutenzione programmata permette di mantenere sempre in buona efficienza la pompa di calore.

I lavori che devono essere eseguiti sono i seguenti:

- a) Controllo stato di pulizia delle batterie condensanti ed evaporanti.
- b) Controllo pulizia dei filtri del circuito idraulico.
- c) Controllo delle portate d'acqua negli scambiatori.
- d) Controllo stato dei teleruttori.
- e) Controllo serraggio connessioni elettriche.
- f) Controllo rumorosità dei cuscinetti dei ventilatori.
- g) Controllo parametri di funzionamento dei circuiti idraulici.