



**Politecnico
di Torino**

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Meccanica, Aerospaziale, dell'Autoveicolo e della Produzione

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica classe L-33

A.A 2020/2021

Sessione di Laurea dicembre 2021

Riqualificazione energetica e Superbonus 110%

Proposta Progettuale di miglioramento dell'efficienza energetica
di un Complesso Residenziale secondo i requisiti legati al
Superbonus 110%

Relatore

Prof. Marco Carlo MASOERO

Relatore Esterno

Ing. Massimiliano BALDACCI

Candidato

Giuseppe GUERRERA

Indice

1	Introduzione	4
2	Incentivazione Superbonus 110%	5
3	Identificazione caso di studio	6
4	Analisi Preliminare	9
4.1	Sopralluogo tecnico	9
4.2	Procedura di calcolo dell'APE iniziale	15
4.2.1	Inserimento dati generali	17
4.2.2	Inserimento componenti dell'involucro	20
4.2.3	Definizione impianti esistenti	28
4.2.3.1	Generatore a condensazione	29
4.2.3.2	Generatore tradizionale	31
4.2.3.3	Accumulo	33
4.2.3.4	Soffitto radiante	33
4.2.4	Risultati fabbisogno di potenza termica invernale	36
4.2.4.1	Dettaglio delle dispersioni per trasmissione dei componenti	36
4.2.5	Determinazione dell'Indice di Prestazione Energetica	38
5	Proposta progettuale per interventi migliorativi	41
5.1	Interventi sull'involucro edilizio	42
5.2	Interventi sul sistema di generazione	45
5.3	Interventi sulle fonti rinnovabili	51
5.3.1	Installazione di pannelli solari per la produzione di ACS	51
5.3.2	Installazione di impianti fotovoltaici	53
5.4	Indice di Prestazione Energetica finale	59
6	Analisi del fabbisogno di ACS	60
6.1	Profilo di consumo giornaliero	66
6.1.1	Profilo di consumo giorni feriali	66
6.1.2	Profilo di consumo giorni festivi	75
7	Analisi economica dell'intervento migliorativo	87
7.1	Analisi dei consumi di combustibile	89
8	Conclusioni	94
9	Ringraziamenti	96
10	Bibliografia e sitografia	98

*A Mary, il mio Grande Amore.
Sei entrata nel mio cuore in silenzio
cambiandomi la vita*

*A mio nonno
Ogni suo ricordo, mi fa brillare gli occhi
e così lo sento sempre vicino a me*

1 Introduzione

La tesi sviluppata nasce da un'esperienza reale nel campo dell'impiantistica.

Tramite l'esperienza e la conoscenza del Professor Marco Carlo Masoero ci si è orientati verso un approfondimento del tema della riqualificazione energetica di strutture esistenti, un argomento molto complesso ma allo stesso tempo utile e che permette di convertire edifici "inquinanti" in strutture con un ridotto impatto ambientale. Questo focus sull'ambiente, oltre ad interessare il campo della propulsione terrestre, marina e aerea, coinvolge anche tutto il comparto civile.

Insieme all'aiuto dell'Ingegnere Massimiliano Baldacci, ex studente del Politecnico di Torino e titolare di uno studio di ingegneria che si occupa di progettazione di impianti tecnologici di vario tipo, si è pensato di analizzare un contesto residenziale, in cui applicare a pieno il Superbonus 110%.

Le fasi che hanno portato allo sviluppo di queste proposte progettuali sono state le seguenti:

- Sopralluogo iniziale del fabbricato con ispezione visiva degli impianti tecnologici attualmente in uso;
- Raccolta di dati e informazioni sugli impianti e sul fabbricato, in modo da impostare il calcolo dell'indice di prestazione energetica di partenza;
- Tramite appositi software di calcolo si è ottenuto un primo indice di Prestazione energetica, utile a sviluppare gli scenari potenzialmente adottabili per indurre una diminuzione di fabbisogno energetico;
- Elaborazione degli scenari con ricerca di soluzioni ottimali di prodotti efficienti per creare un impianto a minor impatto ambientale;
- Analisi economica necessaria a valutare la durata dell'ammortamento dell'investimento e l'effettivo risparmio sulle spese relative alle materie prime quali energia elettrica e gas naturale.

2 Incentivazione Superbonus 110%

Recentemente si sente spesso parlare di Superbonus 110%, attraverso il quale si può beneficiare di fondi per la riqualificazione energetica di strutture esistenti.

Il Superbonus 110% è una forma di incentivo che fa parte del Decreto-legge "Rilancio" del 19 maggio 2020, n°34.

Si divide in due tipologie di interventi:

- Super Ecobonus: agevola i lavori di efficientamento energetico
- Super Sismabonus: agevola i lavori di adeguamento antisismico

Entrambe queste tipologie di bonus consistono in una detrazione fiscale del 110% che si applica sulle spese sostenute dal 1° luglio 2020 al 30 giugno 2022.

La detrazione viene ripartita in cinque quote annuali per le spese sostenute entro il 31 dicembre 2021 e per quanto concerne la parte di spesa sostenuta nel 2022, in quattro quote annuali di pari importo.

Per quanto riguarda i condomini, come nel caso specifico, il limite temporale per usufruire della detrazione è esteso fino al 31 dicembre 2022 qualora siano stati completati almeno il 60% dei lavori entro il 30 giugno 2022.

Le tipologie di interventi che permettono di utilizzare il Super Ecobonus vengono definite trainanti.

Gli interventi "trainanti" sono:

- Isolamento dell'involucro dell'edificio, tramite realizzazione di cappotti termici;
- Sostituzione degli impianti termici con prodotti ad alta efficienza e basso impatto ambientale.

Chi beneficia degli interventi "trainanti" può usufruire anche degli interventi detti "trainati" che sono:

- Sostituzione degli infissi
- Schermature solari
- Installazione impianti fotovoltaici
- Installazione sistemi di accumulo
- Installazione colonnine di ricarica per veicoli elettrici
- Installazione impianti di domotica

Affinché si benefici del Super Ecobonus 110%, gli impianti "trainanti" e "trainati" che si vuole installare devono poter garantire un incremento minimo di due classi energetiche dell'edificio rispetto al valore iniziale calcolato. Il miglioramento di almeno due classi energetiche deve essere dimostrato con un'Attestazione di Prestazione Energetica, detta anche APE che viene realizzata sia prima che dopo gli interventi di efficientamento. Quest'ultima si allega all'asseverazione redatta dal tecnico e inviata

all'Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo economico, detta anche ENEA.

L'asseverazione deve certificare la corretta esecuzione dei lavori, il rispetto dei requisiti tecnici e dei massimali di spesa; infine, la congruità dei costi.

3 Identificazione caso di studio

La struttura che viene sottoposta ad analisi energetica ai fini di un efficientamento energetico è il Condominio Santa Maria Regina, sito in Via Generale Cantore 28/30 – 10093 Collegno, in provincia di Torino.



Figura 1 - Vista da Via Cantore

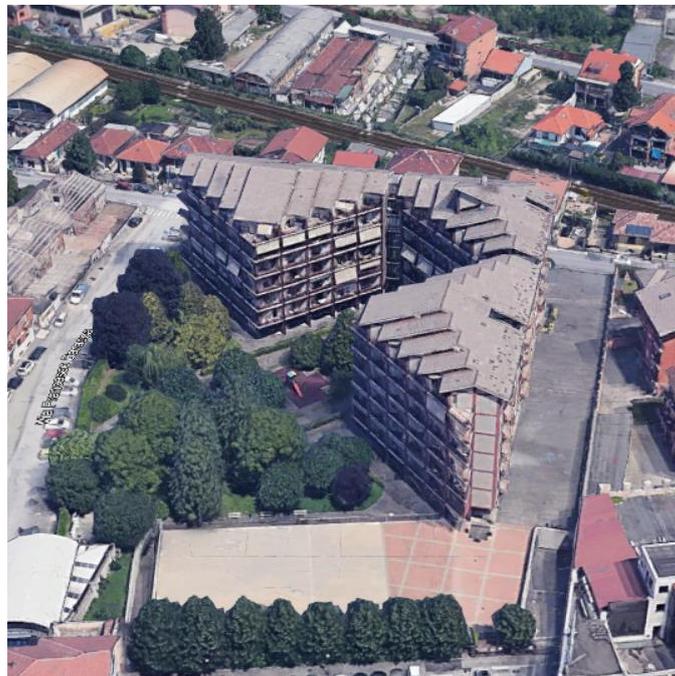


Figura 2 - Vista dall'alto

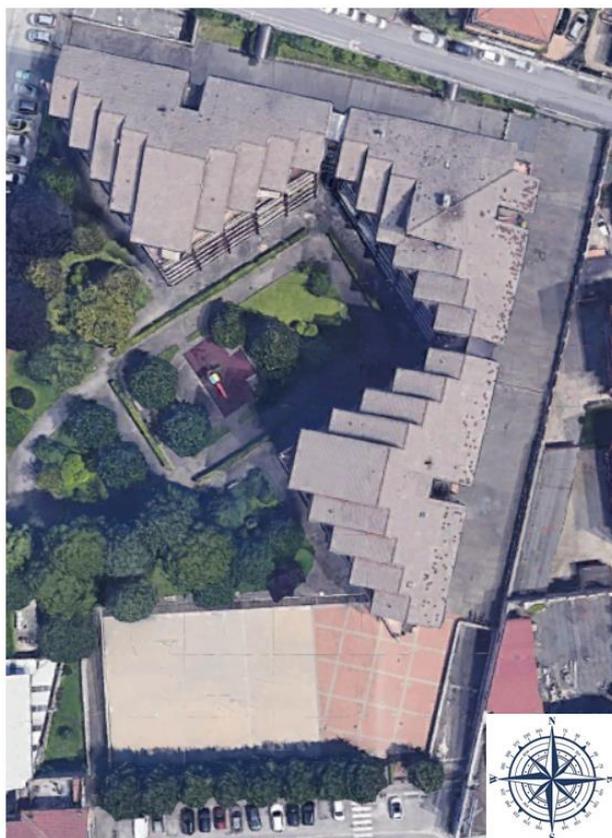


Figura 3 - Orientamento del fabbricato

Il fabbricato comprende tre blocchi indipendenti e non comunicanti tra loro. Il piano terra è costituito da una struttura a palafitta dove sono presenti gli accessi per le scale di ogni blocco. Inoltre, è presente anche una portineria comune ai tre blocchi, con relativo alloggio del portiere.

La struttura si presenta con le facciate che circondano il giardino condominiale secondo una configurazione a dente di sega, mentre i lati che sono a Nord e ad Est sono lineari. I box auto sono presenti al piano seminterrato, collegati dalle stesse scale che portano ai piani superiori. I Sottotetti non sono ad uso abitativo ma ad uso esclusivo di magazzino.

Le facciate dei tre blocchi sono state oggetto di manutenzione straordinaria alcuni anni fa e sono rivestite di piastrelle. Inoltre, di recente, alcuni condomini hanno provveduto alla sostituzione degli infissi con modelli in PVC ad alto isolamento termico e acustico.

Tutti gli ambienti climatizzati sono dotati di sistema di riscaldamento di tipo radiante a soffitto. Ogni zona climatizzata è dotata di termostato ambiente per permettere una gestione autonoma dell'impianto in ogni singolo appartamento.



Figura 4 - Prospetto nord dell'edificio

L'intera struttura è servita da un'unica centrale termica che provvede sia al riscaldamento ambiente che alla fornitura di acqua calda sanitaria (ACS).



Figura 5 - Centrale termica

4 Analisi Preliminare

4.1 Sopralluogo tecnico

Il giorno 22 maggio 2021 è stato eseguito un primo sopralluogo tecnico. La centrale termica è collocata in posizione seminterrata rispetto al piano stradale.



Figura 6 - Ingresso centrale termica

Sono presenti due generatori di calore a combustione che forniscono una potenza utile totale, sia per la produzione di acqua calda sanitaria che per il riscaldamento, pari a 1301 kW, le cui caratteristiche vengono elencate nelle tabelle sottostanti:

	Generatore A	Generatore B
Fabbricante	VISSMANN	ICI
Modello	VITOCROSSAL 300	TNK 50
Tipologia	Caldaia a condensazione a basamento	Caldaia tradizionale a basamento
Combustibile	Gas Naturale	Gas Naturale
Potenza termica utile nominale ($P_{n,max}$) [kW]	787	645
Rendimento utile a $P_{n,max}$ [η]	0,981	0,951

Tabella 1 - Modelli di generatori installati



Figura 7 - Vista dei bruciatori installati

Le caldaie sono equipaggiate con due bruciatori ad aria soffiata con le seguenti caratteristiche tecniche:

	Bruciatore A	Bruciatore B
Fabbricante	WEISHAAPT	RIELLO
Modello	G5/1-B	RS 68 M/BLU
Tipologia	Aria soffiata	Aria premiscelata
Combustibile	Gas Naturale	Gas Naturale
Potenza termica massima nominale [kW]	940	350
Potenza termica minima nominale [kW]	175	150

Tabella 2 - Modelli di bruciatori installati



Figura 8 - Caldaia a condensazione



Figura 9 - Caldaia tradizionale

Nel periodo estivo è in funzione esclusivamente il generatore B per soddisfare la richiesta di ACS; nel periodo invernale, invece, entrambi i generatori sono in funzione, sia per la richiesta di ACS che per il sistema di riscaldamento.

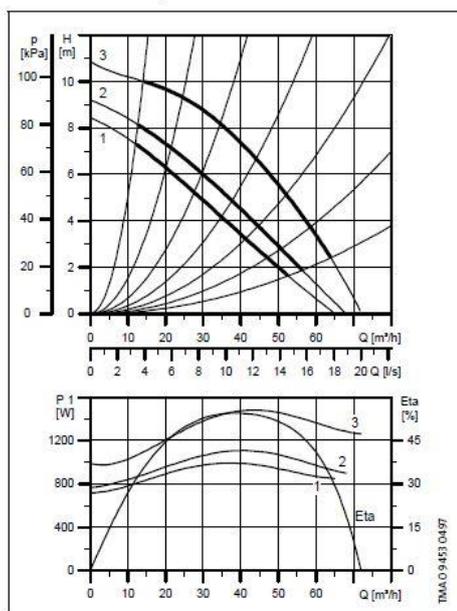
L'impianto è dotato, infatti, di un unico collettore di mandata e un unico di ritorno, servito da sei elettropompe a giri costanti.



Figura 10 - Collettore verso impianto di riscaldamento

Le pompe utilizzate presentano le seguenti caratteristiche:

UPS 80-120 F, UPSD 80-120 F



Pressione all'aspirazione

t_m [°C]	75	90	120
H_{min} [bar]	1,6	1,9	3,15

Dati elettrici

		P_{max} [W]	P_{min} [W]	$I_{1/1}$ [A]	cos
3 x 230 V	Velocità 1	1000	710	2,87	0,87
	Velocità 2	1100	760	3,13	0,88
	Velocità 3	1500	960	4,78	0,79
3 x 400-415 V	Velocità 1	1000	710	1,65	0,87
	Velocità 2	1100	760	1,80	0,88
	Velocità 3	1500	960	2,75	0,79

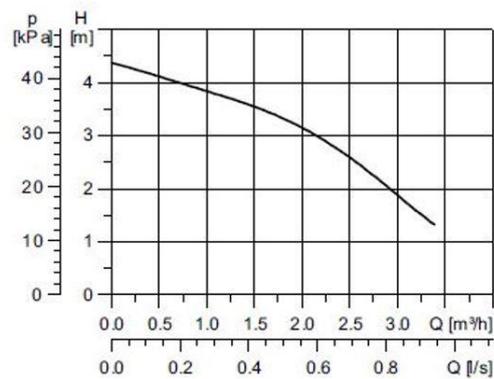
La serie 200 è disponibile anche in versione 1 x 230-240 V.

Figura 11 - Caratteristiche tecniche pompe di mandata



Figura 12 - Pompe di mandata in parallelo

La parte relativa al ricircolo dell'acqua calda sanitaria tra generatori di calore e serbatoi di accumulo è gestita attraverso due pompe di circolazione della GRUNDFOS con le seguenti caratteristiche tecniche:



Electrical data

	P1 [W]	I _{1/1} [A]	cos φ
Speed 1	110	0.5	on request

Figura 13 - Pompe di ricircolo e curva di funzionamento

I dispositivi di accumulo dedicati all'ACS sono presenti in un locale adiacente alla centrale termica. Sono realizzati dalla TML Industrie Lodo. L'accumulo è realizzato in acciaio al carbonio protetto internamente da un trattamento di tipo vetroporcellanato.



Figura 14 - Accumulo ACS

Le pompe di mandata dell'ACS installate sono di tipo gemellare, montate in parallelo e presentano le seguenti caratteristiche:

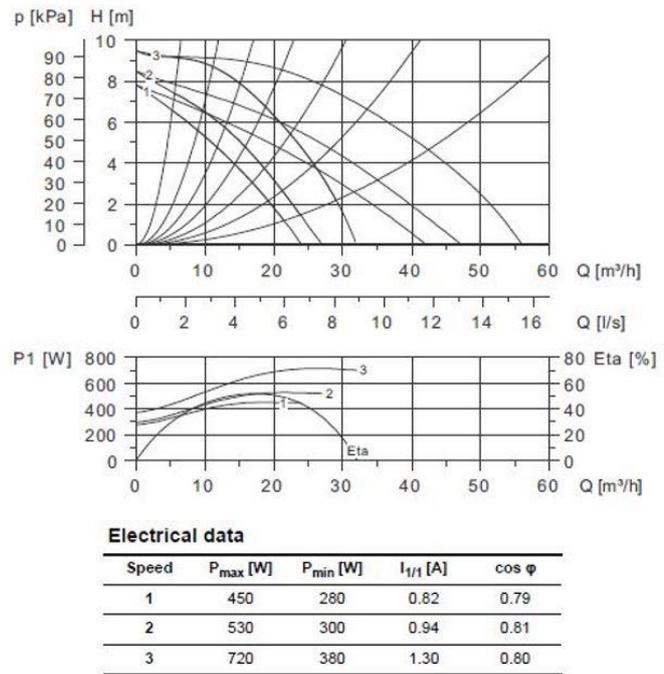


Figura 15 - Scambiatore di calore e curva di funzionamento pompe ACS

4.2 Procedura di calcolo dell'APE iniziale

Elemento fondamentale necessario all'avvio dell'iter per il miglioramento dell'efficienza energetica è quello di elaborare l'Attestazione di Prestazione Energetica iniziale. Si prendono in considerazione i seguenti elementi:

- Impianti tecnologici attualmente operativi
- Logica di funzionamento degli impianti
- Consumi relativi alla materia prima quale combustibile ed elettricità
- Caratteristiche costruttive del fabbricato, tenendo in considerazione:
 - o Presenza di eventuali sistemi di isolamento termico verso l'esterno o verso ambienti non climatizzati
 - o Tipologia di serramenti utilizzati
 - o Stratigrafia di tutte le strutture opache, quali pareti perimetrali, solette interpiano, solai e porticati

Elemento fondamentale dell'Attestato di Prestazione Energetica è la classe energetica globale dell'edificio, la quale deriva da una serie di calcoli, fattori ed elementi costitutivi del fabbricato in esame.

La classe energetica globale prevede una scala che va da A4 (più efficiente) a G (meno efficiente). L'appartenenza ad una categoria piuttosto che ad un'altra dipende dal valore di energia primaria necessaria a mantenere ad un livello comfort una determinata zona climatizzata.

Le classi energetiche si dividono nelle seguenti categorie:

Classe Energetica	Indice di Prestazione Energetica [kWh/m² anno]
A4	≤ 20,34
A3	≤ 30,51
A2	≤ 40,68
A1	≤ 50,85
B	≤ 61,03
C	≤ 76,28
D	≤ 101,71
E	≤ 132,22
F	≤ 177,99
G	≥ 178,00

Tabella 3 - classi energetiche dell'APE

Un software comunemente utilizzato in ambito ingegneristico, non solo nel campo energetico, ma in tutto il campo impiantistico e civile, è quello di proprietà della EdilClima Engineering & Software.

Questa azienda offre sul mercato sistemi di calcolo nel campo termotecnico non solo a professionisti, ma anche a studenti di istituti professionali e di università regolarmente riconosciuti ai fini di attività di formazione e laboratorio.

Nel caso Specifico è stata concessa dall'azienda una licenza di tipo educational, ai fini di sviluppo tesi nel campo ingegneristico.

Il software utilizzato è costituito da un macro-modulo, l'EC 700, a sua volta costituito da diversi moduli correlati:

- EC701: Progetto e verifiche edificio-impianto
- EC705: Attestato energetico
- EC706: Potenza estiva

- EC709: Ponti termici
- EC712: Solare termico
- EC713: Solare fotovoltaico
- EC720: Diagnosi energetica ed interventi migliorativi

4.2.1 Inserimento dati generali

All'avvio del programma si presenta un'interfaccia utente dove compilare alcuni campi relativi al progettista e al fabbricato in oggetto di analisi.

In base alla località in cui è presente il sito, occorre selezionare la relativa zona climatica e la destinazione d'uso dell'immobile, secondo le linee guida del D.P.R 412 del 26 agosto 1993.

Nella fattispecie, il condominio Santa Maria Regina è classificato con il codice di destinazione d'uso:

- E.1: Abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo

Considerando, in base al calcolo dei gradi-giorno, le sei zone climatiche sul territorio italiano:

- Zona A: Comuni con gradi-giorno inferiori a 600
- Zona B: Comuni con gradi-giorno tra 600 e 900
- Zona C: Comuni con gradi-giorno tra 901 e 1400
- Zona D: Comuni con gradi-giorno tra 1401 e 2100
- Zona E: Comuni con gradi-giorno tra 2101 e 3000
- Zona F: Comuni con gradi-giorno superiori a 3000.

Dove per gradi-giorno si intende la somma, in tutti i giorni dell'anno, della differenza tra la temperatura dell'ambiente interno, fissata per convenzione a 20°C, e la temperatura media esterna giornaliera.

$$GG = \sum_{e=1}^n (20 - T_e)$$

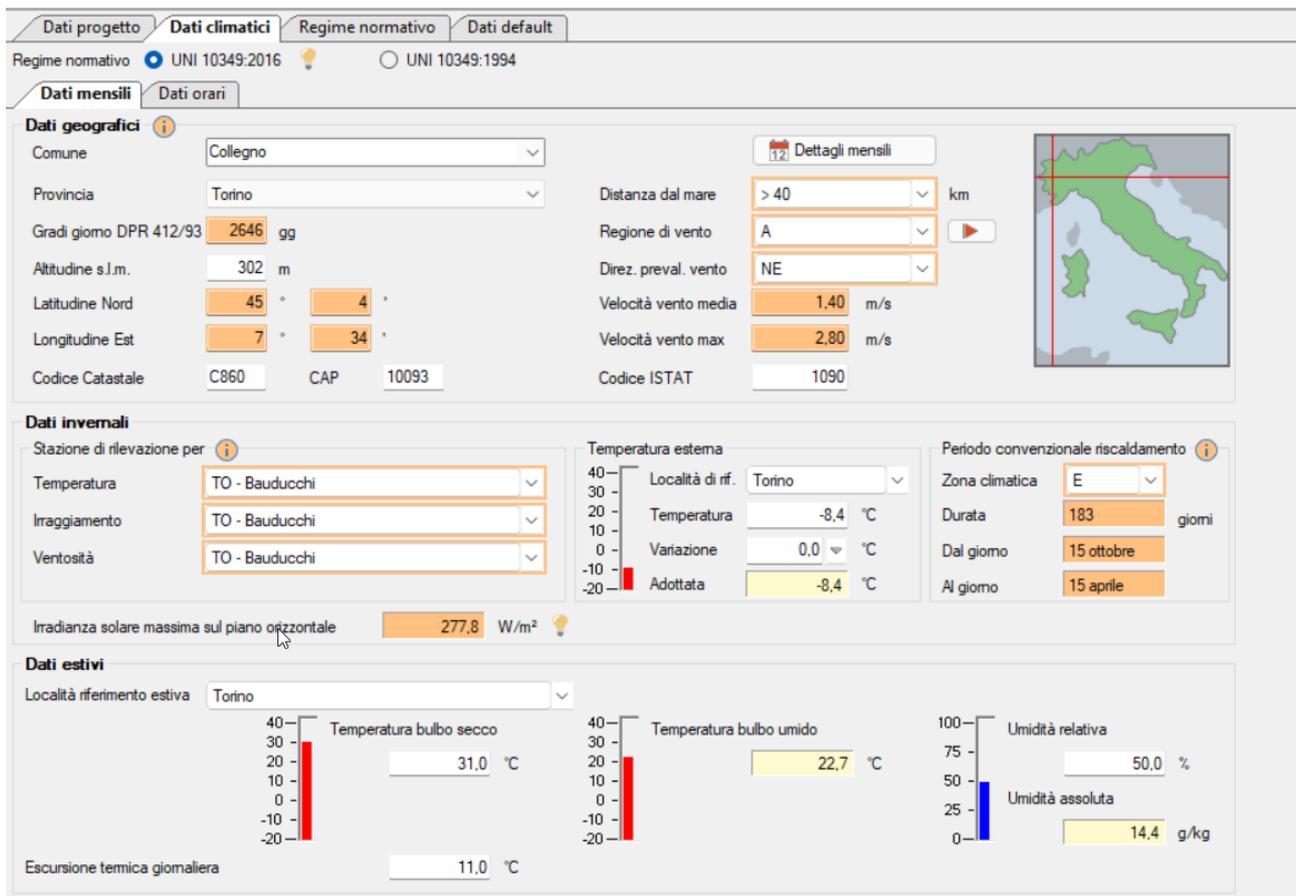


Figura 17 - Interfaccia utente dati climatici

Il software aggiunge automaticamente alcuni parametri necessari per i calcoli, in base alla località in cui è sito l'immobile. In particolare, si prendono in considerazione i valori ricavati dalle rilevazioni delle stazioni meteo come:

- Temperatura esterna giornaliera
- Irradianza solare globale sul piano orizzontale
- Irradianza solare diretta sul piano orizzontale
- Irradianza solare diffusa sul piano orizzontale
- Umidità relativa
- Pressione di vapore
- Velocità del vento

Nel grafico sottostante sono riportati i valori minimi e massimi della temperatura esterna e dell'irradianza solare globale su base annua.

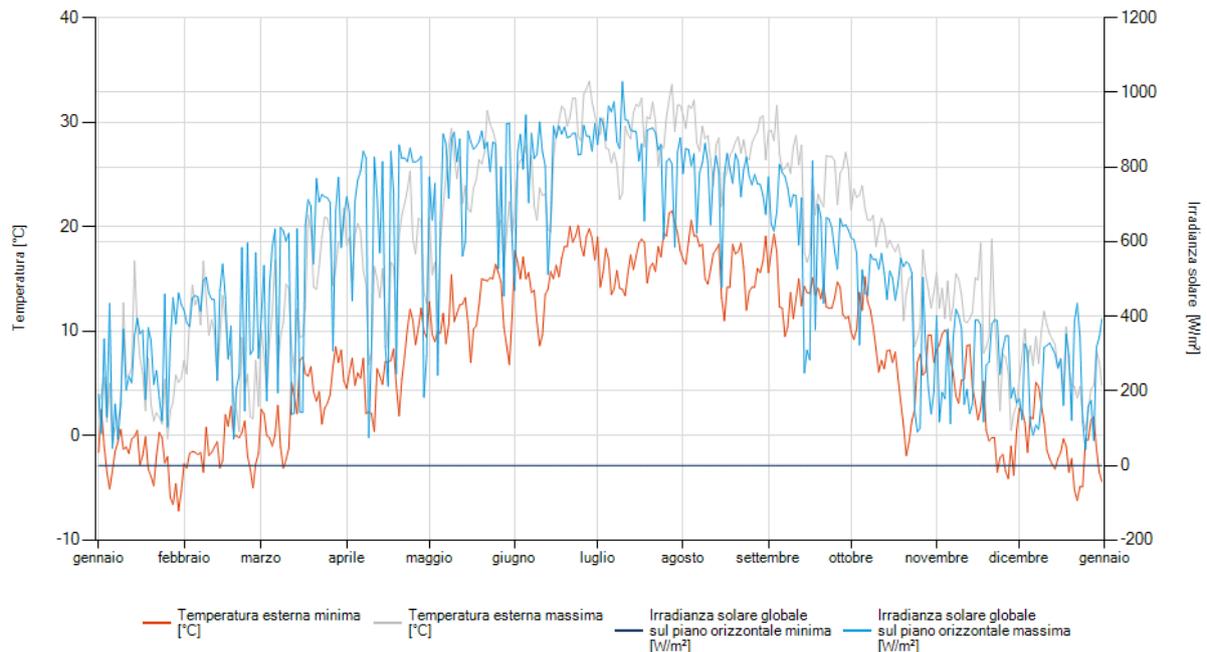


Grafico 1 -Irradianza solare globale

Oltre alle temperature esterne registrate dalla stazione meteo, sono state adottate come temperature interne di riferimento, i seguenti valori:

- Temperatura invernale: 20°C
- Temperatura estiva: 26°C

4.2.2 Inserimento componenti dell'involucro

Il passaggio successivo da seguire, all'interno del modulo EC700, consiste nella definizione della stratigrafia delle strutture opache e trasparenti dell'edificio, in particolare:

- Strutture opache:
 - o Parete verso esterno
 - o Pavimento interpiano
 - o Pavimento su porticato
 - o Soffitto verso sottotetto
 - o Soffitto intermedio
 - o Tetto a falde
 - o Soffitto del porticato
- Strutture chiare:
 - o Finestre
 - o Portefinestre

Di ogni elemento strutturale si prende in considerazione la conduttività del materiale che costituisce ogni strato e viene calcolata la trasmittanza totale.

Per conduttività o conducibilità termica si intende l'attitudine di un materiale a trasmettere calore verso l'esterno attraverso la tecnica della conduzione. La sua unità di misura è il W/mK.

La trasmittanza totale, invece, misura la quantità di potenza termica scambiata da un materiale per unità di superficie e unità di differenza di temperatura quando è lambito su entrambi i lati da un fluido. Nel caso specifico è il vento per lo strato verso l'esterno e la convezione negli ambienti climatizzati.

Il valore della trasmittanza totale viene comparato con i valori di riferimento presenti nell'allegato E del decreto 6/08/2020, calcolati secondo le norme UNI EN ISO 6946, a seconda del tipo di elemento strutturale considerato e la zona climatica.

Tipologia di intervento	Requisiti tecnici di soglia per la tipologia di intervento	
	Zona climatica	Valore
i. Strutture opache orizzontali: isolamento coperture (calcolo secondo le norme UNI EN ISO 6946)	Zona climatica A	$\leq 0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Zona climatica B	$\leq 0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Zona climatica C	$\leq 0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Zona climatica D	$\leq 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Zona climatica E	$\leq 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Zona climatica F	$\leq 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$
ii. Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti (calcolo secondo le norme UNI EN ISO 6946)	Zona climatica A	$\leq 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Zona climatica B	$\leq 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Zona climatica C	$\leq 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Zona climatica D	$\leq 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Zona climatica E	$\leq 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Zona climatica F	$\leq 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$
iii. Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali (calcolo secondo le norme UNI EN ISO 6946)	Zona climatica A	$\leq 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Zona climatica B	$\leq 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Zona climatica C	$\leq 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Zona climatica D	$\leq 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Zona climatica E	$\leq 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Zona climatica F	$\leq 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$
iv. Sostituzione di finestre comprensive di infissi (calcolo secondo le norme UNI EN ISO 10077-1)	Zona climatica A	$\leq 2,60 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Zona climatica B	$\leq 2,60 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Zona climatica C	$\leq 1,75 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Zona climatica D	$\leq 1,67 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Zona climatica E	$\leq 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Zona climatica F	$\leq 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tabella 4 - Trasmittanza campione per zone climatiche e tipo di struttura

▪ Parete esterna

Classificata secondo la categoria

- T: elemento da locale climatizzato verso l'esterno

Considerando il periodo di costruzione dell'edificio, intorno agli anni 70, è stata ipotizzata la seguente stratigrafia:

Strato	Descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]
1	Intonaco di calce e gesso	10	0.700
2	Muratura in laterizio pareti interne	250	0.300
3	Intercapedine non ventilata	100	0.556
4	Muratura in laterizio pareti esterne	120	0.540
5	Malta di calce o di calce e cemento	10	0.900
6	Piastrelle in ceramica	10	1.300

Tabella 5 - Stratigrafia parete esterna

In cui la trasmittanza totale è pari a 0,695 W/m²K.

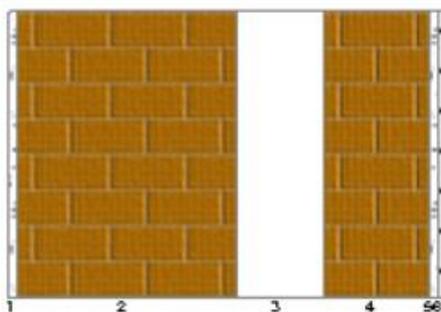


Figura 18 - Illustrazione parete esterna

▪ Pavimento interpiano

Classificato secondo la categoria

- D: divisorio interno alla zona climatizzata

Considerando il periodo di costruzione dell'edificio, intorno agli anni 70, è stata ipotizzata la seguente stratigrafia:

Strato	Descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]
1	Piastrelle in ceramica	10	1.300
2	Calcestruzzo Leggero Leca predosato	50	0.470
3	C.l.s armato (1% acciaio)	50	2.300
4	Soletta in laterizio spessore 18-20 – inter 50	200	0.660
5	Intonaco di gesso	20	0.400

Tabella 6 - Stratigrafia pavimento interpiano

In cui la trasmittanza totale è pari a 1,206 W/m²K.

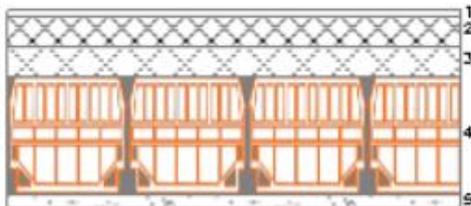


Figura 19 - Illustrazione pavimento interpiano

▪ **Pavimento verso porticato**

Classificato secondo la categoria

- T: Elemento da locale climatizzato verso l'esterno

Considerando il periodo di costruzione dell'edificio, intorno agli anni 70, è stata ipotizzata la seguente stratigrafia:

Strato	Descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]
1	Piastrelle in ceramica	10	1,300
2	Calcestruzzo Leggero in Leca predosato	50	0,470
3	C.l.s armato (1% acciaio)	50	2,300
4	Soletta in laterizio spessore 18-20 – inter 50	200	0,660
5	Intonaco di gesso	20	0,400

Tabella 7 - Stratigrafia pavimento verso porticato

In cui la trasmittanza totale è pari a 1,431 W/m²K.

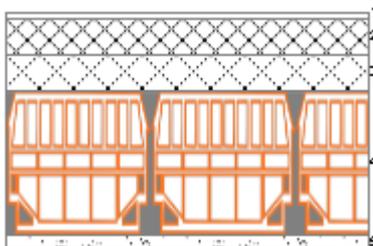


Figura 20 - Illustrazione pavimento verso porticato

▪ **Soffitto verso sottotetto**

Classificato secondo la categoria

- U: Elemento da locale climatizzato verso locali non climatizzati

Considerando il periodo di costruzione dell'edificio, intorno agli anni 70, è stata ipotizzata la seguente stratigrafia:

Strato	Descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]
1	Calcestruzzo Leggero Leca Predosato	50	0.470
2	C.I.s armato (1% acciaio)	50	2.300
3	Soletta in laterizio spessore 18-20 – inter 50	200	0.660
4	Intonaco di gesso	20	0.400

Tabella 8 - Stratigrafia soffitto verso sottotetto

In cui la trasmittanza totale è pari a 1,468 W/m²K.



Figura 21 - Illustrazione soffitto verso sottotetto

▪ **Soffitto interpiano**

Classificato secondo la categoria

- D: Elemento divisorio interno alla zona climatizzata

Considerando il periodo di costruzione dell'edificio, intorno agli anni 70, è stata ipotizzata la seguente stratigrafia:

Strato	Descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]
1	Piastrelle in ceramica	10	1.300
2	Calcestruzzo Leggero Leca predosato	50	0.470
3	C.I.s armato (1% acciaio)	50	2.300
4	Soletta in laterizio spessore 18-20 – inter 50	200	0.660
5	Intonaco di gesso	20	0.400

Tabella 9 - Stratigrafia soffitto interpiano

In cui la trasmittanza totale è pari a 1,452 W/m²K.

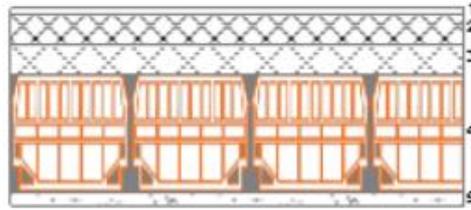


Figura 22 - Illustrazione soffitto interpiano

▪ **Tetto a falda**

Classificato secondo la categoria

- E: da locale non climatizzato verso esterno

Considerando il periodo di costruzione dell'edificio, intorno agli anni 70, è stata ipotizzata la seguente stratigrafia:

Strato	Descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]
1	Tegole in calcestruzzo	40	1.500
2	Soletta in C.I.s. armato	50	2.150
3	Soletta in laterizio spessore 18-20 – inter 50	160	0.660

Tabella 10 - Stratigrafia tetto a falda

In cui la trasmittanza totale è pari a 2,313 W/m²K.



Figura 23 - Illustrazione tetto a falda

Gli elementi classificati come strutture chiare sono le finestre e le portefinestre degli appartamenti.

I componenti finestrati presentano le seguenti caratteristiche:

Tipologia di serramento	Singolo
Resistenza termica delle chiusure [m^2K/W]	0.16
Trasmittanza termica del telaio U_f [W/m^2K]	2.00
Spessori dei montanti e dei traversi [cm]	8
Spessore dei vetri [mm]	5
λ vetro [W/mK]	1
Resistenza intercapedine vetri	0.173
K distanziale	0.02

Tabella 11 - Caratteristiche serramenti

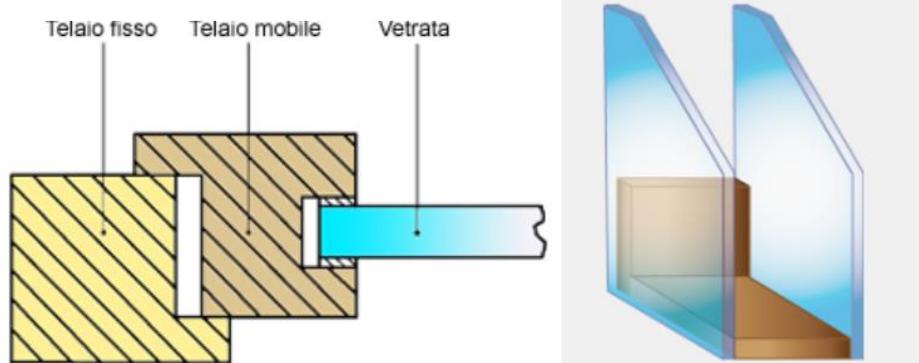


Figura 24 - Tipologia telaio e serramento

Di tutti i componenti finestrati si presentano due categorie:

- Elementi con montante centrale:
 - o Finestra con larghezza 130 cm
 - o Portafinestra con larghezza 120 cm
 - o Portafinestra con larghezza 150 cm
- Elementi senza montante centrale:
 - o Portafinestra con larghezza 60 cm
 - o Finestra con larghezza 60 cm
 - o Portafinestra con larghezza 70 cm

Dopo aver definito le caratteristiche degli elementi finestrati e la stratigrafia degli elementi strutturali si è passati alla rappresentazione grafica dei tre fabbricati.

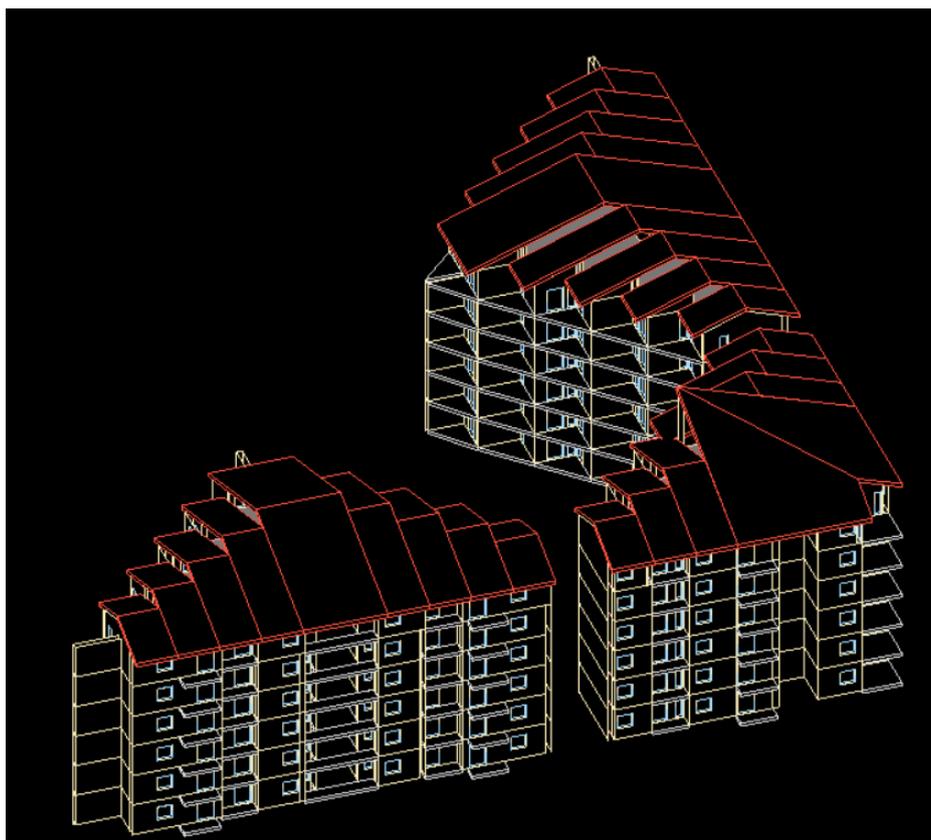


Figura 25 - Rappresentazione in 3D del fabbricato

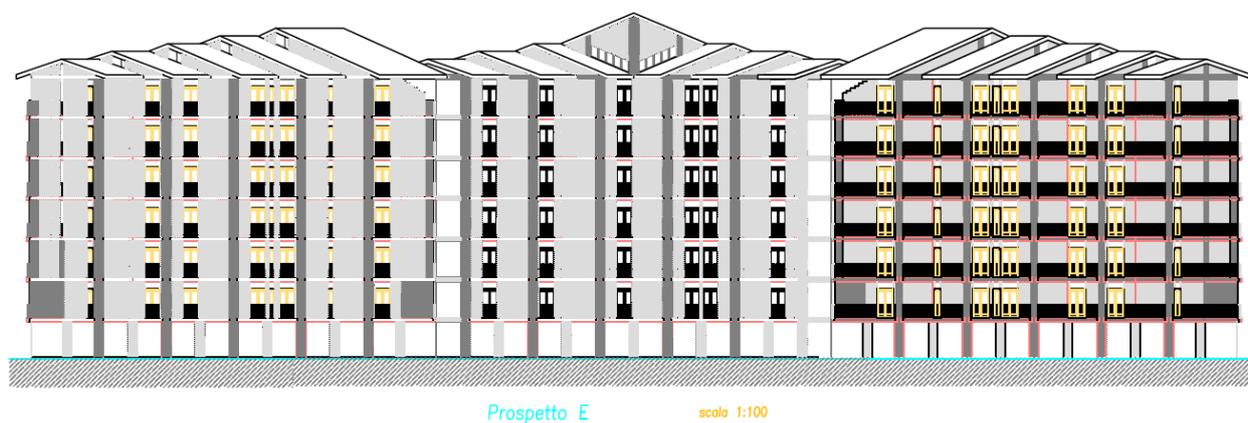


Figura 26 - Prospetto del fabbricato

Una volta definito il perimetro dell'edificio, si passa all'individuazione dei locali climatizzati.

I dati che identificano un'area climatizzata da un'altra si presentano con questo *template*:

- Zona X: individua la macroarea, definita da un numero progressivo e da una breve didascalia;
- Locale Y: individua l'ubicazione del locale climatizzato;
- Superficie pianta: superficie totale del locale climatizzato;
- Volume netto: Volume che tiene in considerazione l'altezza dei locali.

Nel caso specifico, per semplicità di calcolo, si trascurano le zone non climatizzate tra i vari alloggi.

Per cui si definisce locale la superficie racchiusa dalle pareti perimetrali dello stabile.

Sotto si riporta un esempio di etichetta che individua un locale climatizzato:

<p>Zona 1: Zona climatizzata Locale 4: Locale piano 1 palazzo C Sup. pianta: 443.68 m² Vol. netto: 1197.94 m³</p>

Figura 27 - Etichetta locale climatizzato

Nel complesso i valori netti totali di superficie in pianta e volume sono rispettivamente 7630,08 m² e 20579,10 m³.

4.2.3 Definizione impianti esistenti

Definito il *layout*, il passaggio è stato la definizione degli impianti attualmente esistenti.

Come anticipato al §4.1, la centrale termica fornisce una potenza termica totale pari a 1301 kW, ripartita tra quota riscaldamento e quota ACS.

Come affermato precedentemente, l'impianto è servito da due generatori di calore, rispettivamente una caldaia a condensazione e una caldaia tradizionale, alimentati a gas naturale.

Il metodo di calcolo che è stato utilizzato è di tipo analitico, consigliato dal software per le diagnosi preliminari.

Con questo metodo si considerano diversi fattori relativi al rendimento del generatore, quali perdite al camino con bruciatore acceso e con bruciatore spento. Alcuni parametri sono valori noti dal costruttore.

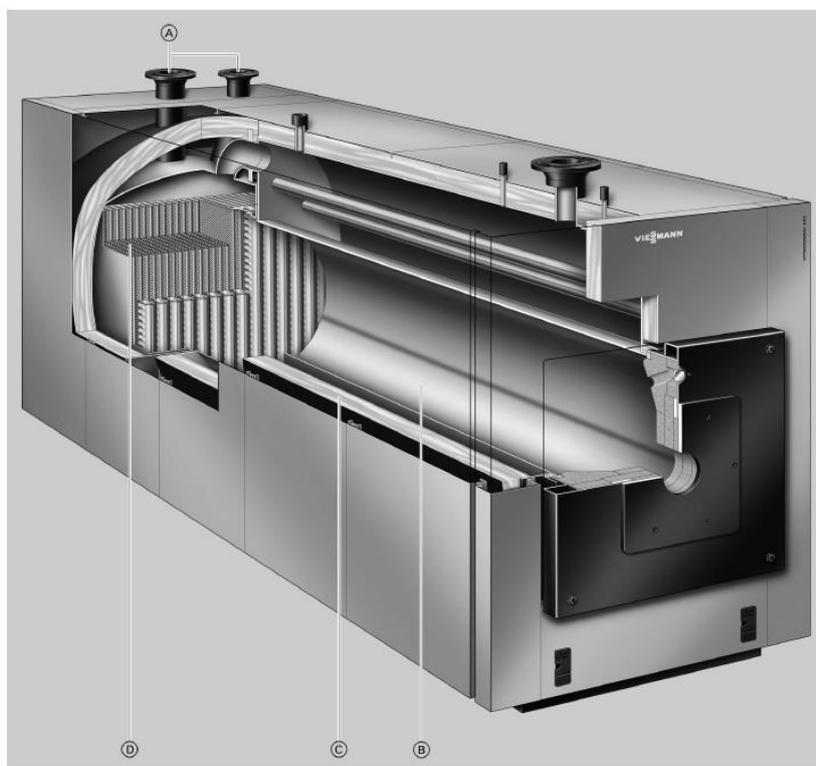
Entrambi i generatori utilizzano bruciatori ad aria soffiata, con premiscelazione di combustibile e aria per garantire una combustione con rapporto stechiometrico di circa uno.

4.2.3.1 Generatore a condensazione

Il primo generatore presente in centrale termica è del tipo a condensazione. La ditta produttrice è la VISSMANN S.r.l. Il modello in funzione è la Vitocrossal 300.

I punti di forza sono:

- Rendimento stagionale fino al 98%
- Scambio termico di tipo Inox-Crossal, resistente alla corrosione, che permette una lunga durata del corpo caldaia, una trasmissione del calore efficace, un coefficiente di condensazione elevato e un buon effetto autopulente
- regolazione sicura e a basso consumo energetico dell'impianto grazie al sistema di regolazione Vitotronic



- Ⓐ 2 attacchi di ritorno
- Ⓑ Camera di combustione in acciaio inossidabile
- Ⓒ Isolamento termico altamente efficace
- Ⓓ Superfici di scambio termico Inox-Crossal in acciaio inossidabile

Figura 28 - Generatore Vitocrossal 300

Viene di seguito mostrata una tabella riassuntiva dei dati tecnici della caldaia presente nell'impianto.

Potenzialità utile					
$P_{cond}: T_V/T_R = 50/30 \text{ °C}$	kW	787	978	1100	1400
$P_n: T_V/T_R = 80/60 \text{ °C}$	kW	720	895	1006	1280
Potenzialità al focolare per riscaldamento	kW	742	923	1038	1320
Numero identificazione prodotto			CE-0085AU0315		
Temperatura max. di esercizio	°C	95	95	95	95
Temperatura max. di mandata (= temperatura di sicurezza)	°C	110	110	110	110
Pressione max. d'esercizio	bar	6	6	6	6
	MPa	0,6	0,6	0,6	0,6
Perdita di carico lato fumi	Pa	420	420	460	480
	mbar	4,2	4,2	4,6	4,8
Dimensioni d'ingombro corpo caldaia					
Lunghezza n	mm	2894	3094	3193	3543
Larghezza g	mm	960	960	1200	1200
Altezza (con attacchi)	mm	1676	1676	1676	1676
Dimensioni d'ingombro dei moduli					
Lunghezza modulo camera di combustione o	mm	1938	2138	2237	2587
Larghezza modulo camera di combustione b	mm	960	960	960	960
Lunghezza modulo scambiatore di calore k	mm	1198	1198	1216	1216
Larghezza modulo scambiatore di calore g	mm	960	960	1200	1200
Dimensioni d'ingombro totali					
Lunghezza totale o	mm	3021	3221	3338	3688
Larghezza totale isolamento termico a	mm	1114	1114	1296	1296
Larghezza totale con regolazione h	mm	1281	1281	1463	1463
Altezza totale	mm	1550	1550	1550	1550
Basamento					
Lunghezza	mm	3100	3350	3450	3900
Larghezza	mm	1200	1200	1350	1350
Peso					
- Modulo camera di combustione	kg	780	845	1060	1160
- Modulo scambiatore di calore	kg	615	615	720	810
Peso complessivo	kg	1553	1635	1980	2185
Caldaia con isolamento termico e regolazione circuito di caldaia					
Capacità acqua di caldaia	l	1407	1552	1558	1833
Attacchi caldaia					
Mandata caldaia	PN 6 DN	100	100	125	125
Ritorno caldaia 1 [°]	PN 6 DN	100	100	125	125
Ritorno caldaia 2 [°]	PN 6 DN	100	100	100	100
Attacco di sicurezza (filetto maschio)	R	2	2	2	2
Scarico (filetto maschio)	R	1¼	1¼	1¼	1¼
Scarico condensa (filetto maschio)	R	½	½	½	½
Gas di scarico²					
Temperatura (con temp. ritorno 30 °C)					
- Con potenzialità utile	°C	40	40	40	40
- Con carico ridotto	°C	30	30	30	30
Temperatura (con temp. ritorno 60 °C)	°C	70	70	70	70
Portata massica (con gas metano)					
- Con potenzialità utile	kg/h	1140	1415	1640	2025
- Con carico ridotto	kg/h	340	425	490	605
Attacco scarico fumi	Ø mm	300	300	350	350
Rendimento stagionale					
Con temperatura dell'impianto di riscaldamento di 40/30 °C	%		fino a 98 (H ₂)		
Con temperatura dell'impianto di riscaldamento di 75/60 °C	%		fino a 95 (H ₂)		
Dispersione in stand-by q_{B,70}	%	0,25	0,25	0,25	0,25

Figura 29 - Scheda tecnica Vitocrossal 300

Il bruciatore montato sulla caldaia è prodotto dalla WEISHAUPT – modello G5/1-B.

Può essere alimentato sia con gas naturale che con gasolio, oppure è predisposto per un'alimentazione mista. Adatto per funzionamento intermittente o continuo, progressivo o modulante.

Presenta un pressostato a monte della sezione di aspirazione dell'aria per garantire un equo rapporto stechiometrico. La potenza massima fornita è pari a 940 kW mentre quella minima è pari a 175 kW.

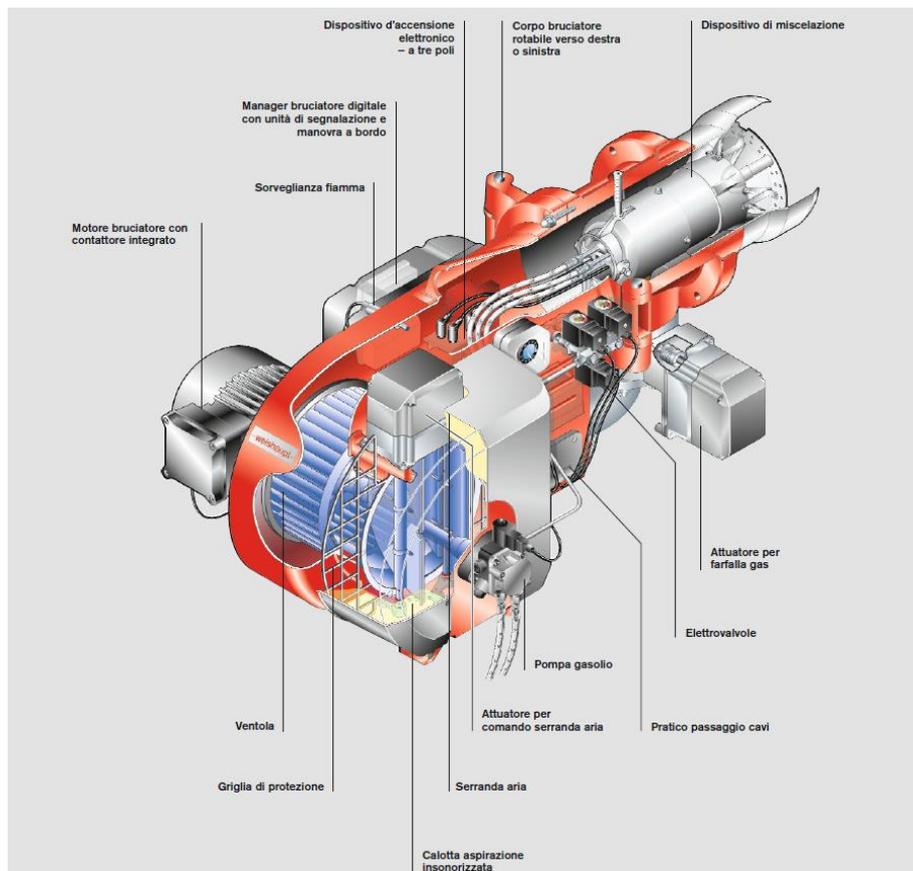


Figura 30 - Vista in dettaglio del bruciatore WEISHAAPT

4.2.3.2 Generatore tradizionale

Il secondo generatore installato è una caldaia a basamento pressurizzata in acciaio della ICI Caldaie. La potenza al focolare è pari a 645 kW, mentre la potenza utile è di 581 kW. Dai calcoli risulta un rendimento pari a 0,90.

Le dimensioni del corpo caldaia sono elencate di seguito:

A	1230 mm	ØB	280 mm
A1	280 mm	ØC	300 mm
B	1810 mm	N1/N2	100
C	2300 mm	N3	1"1/2
D	975 mm	N4	1"1/2
E	750 mm	N5	1"
H	1380 mm		
L	1100 mm		
M	735 mm		

Tabella 12 - Ingombri caldaia tradizionale

N1 - Mandata
 N2 - Ritorno
 N3 - Attacco per valvola di sicurezza e vaso d'espansione

N4 - Attacco inferiore
 N5 - Attacco per strumentazione

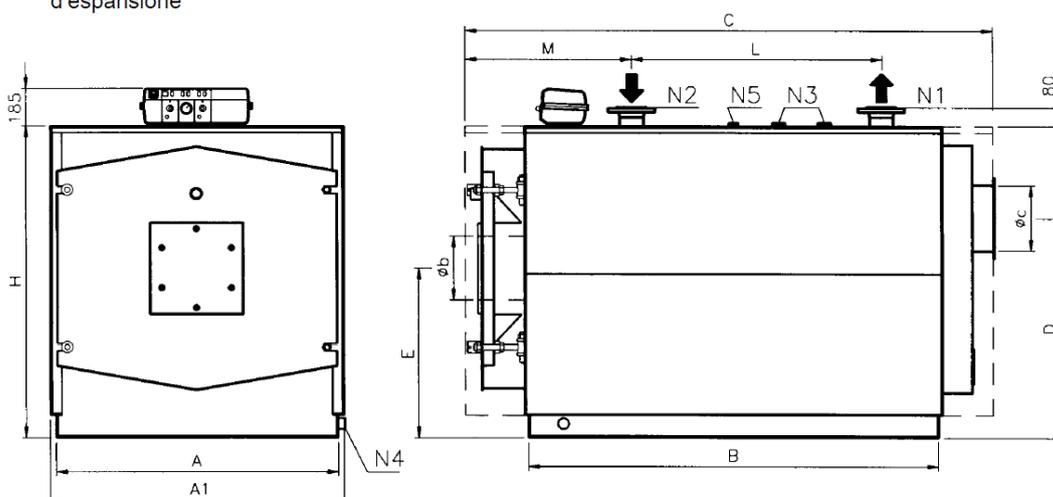


Figura 31 - Vista frontale e laterale della caldaia tradizionale

Il bruciatore montato sulla caldaia è prodotto dalla RIELLO – modello RS 68/M BLU.

Alimentato con gas naturale, il funzionamento può essere bi-stadio progressivo o modulante. Quest'ultimo attivo tramite l'applicazione del modulatore elettronico che garantisce una proporzionalità ottimale in linea con il carico termico richiesto.

La potenza massima che riesce a fornire è pari a 350 kW, mentre quella minima è pari a 150 kW.

MODELLO			RS 68/M BLU		RS 120/M BLU	
TIPO			846 T		847 T	
POTENZA (1)	MAX.	kW	350 - 860		600 - 1300	
		Mcal/h	301 - 740		516 - 1118	
	MIN.	kW	150		300	
		Mcal/h	130		258	
COMBUSTIBILE			GAS NATURALE: G20 - G21 - G22 - G23 - G25			
			G20	G25	G20	G25
- Potere calorifico inferiore		kWh/Sm ³	9,45	8,13	9,45	8,13
		Mcal/Sm ³	8,6	7,4	8,6	7,4
- Densità assoluta		kg/Sm ³	0,71	0,78	0,71	0,78
- Portata massima		Sm ³ /h	86	100	130	151
- Pressione alla portata massima (2)		mbar	11,7	17,3	22,5	33,3
FUNZIONAMENTO			<ul style="list-style-type: none"> • Intermittente (min. 1 arresto in 24 ore). • Due stadi progressivi o modulante con kit (vedi ACCESSORI). 			
IMPIEGO STANDARD			Caldaie: ad acqua, a vapore, ad olio diatermico			
TEMPERATURA AMBIENTE		°C	0 - 40			
TEMPERATURA ARIA COMBURENTE		°C max	60			
CONFORMITÀ DIRETTIVE			2016/426 - 2006/42 - 2014/35 - 2014/30			
RUMOROSITÀ (3)	Pressione sonora	dBA	77		78,5	
	Potenza sonora		88		89,5	
OMOLOGAZIONE			CE 0085 BM 0452			

(1) Condizioni di riferimento: Temperatura ambiente 20°C - Pressione barometrica 1000 mbar - Altitudine 100 m s.l.m.

(2) Pressione alla presa 16(A) p.8 con pressione zero in camera di combustione, con la ghiera del gas 2(B) p.16 aperta ed alla potenza massima del bruciatore.

(3) Pressione sonora misurata nel laboratorio combustione del costruttore, con bruciatore funzionante su caldaia di prova, alla potenza massima. La Potenza sonora è misurata col metodo "Free Field", previsto dalla Norma EN 15036, e secondo una accuratezza di misura "Accuracy: Category 3", come descritto dalla Norma EN ISO 3746.

Tabella 13 - Caratteristiche tecniche bruciatore RIELLO

4.2.3.3 Accumulo

I due *buffer* per l'accumulo dell'acqua calda sanitaria sono di produzione della TML. Il modello utilizzato è l'ATV 01500, realizzato in materiale vetroporcellanato, con un trattamento protettivo interno in smalto inorganico alimentare secondo la DIN 4753.3

∅	1000 mm	B	340 mm
H	2115 mm	D	765 mm
∅Est	1260 mm	G	1400 mm
R*	2145 mm	L	1725 mm
A	235 mm	M	520 mm

Tabella 14 - Ingombri serbatoi di accumulo

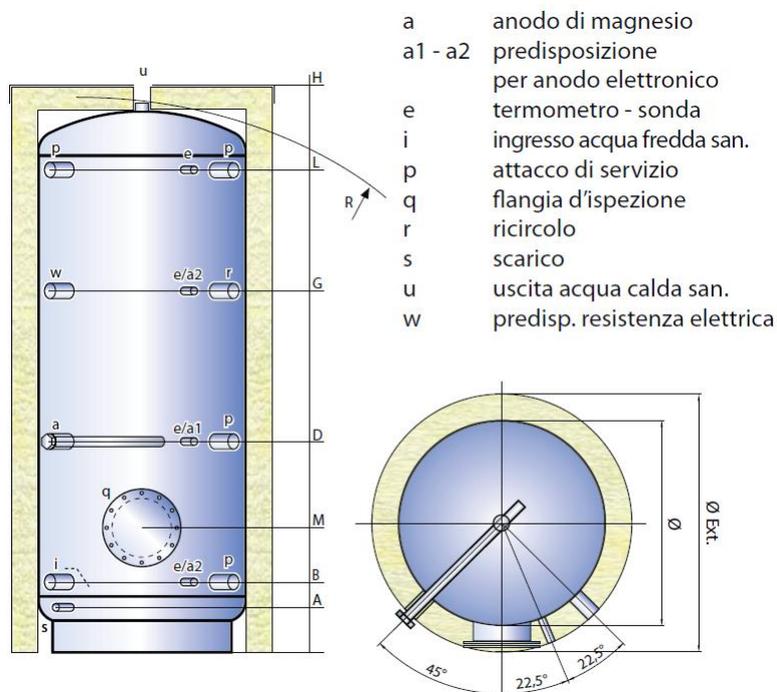


Figura 32 - Vista laterale e dall'alto del Buffer

A partire dai dati di cui sopra, si calcola una dispersione termica pari a 2,529 W/K.

4.2.3.4 Soffitto radiante

Il sistema a soffitto radiante è uno tra i sistemi adottati negli ultimi decenni, sia per quanto riguarda il periodo di riscaldamento sia quello di raffrescamento. Si sfrutta il meccanismo di scambio termico per irraggiamento con l'ambiente e gli occupanti.



Figura 33 - Installazione impianto radiante

L'uniforme ripartizione del calore e del fresco trasmessi dal soffitto assicurano un'omogenea distribuzione della temperatura, senza la presenza di getti d'aria o di punti freddi, come nel caso in cui si utilizzano sistemi di riscaldamento tradizionali quali radiatori.

I vantaggi del sistema di riscaldamento a soffitto radiante sono:

- Utilizzo sia per il riscaldamento che per il raffrescamento
- Bassa inerzia termica
- Elevato risparmio energetico, in quanto le temperature di mandata risultano notevolmente più basse, (all'incirca 40°C per i pannelli radianti e circa 80°C per i sistemi a radiatori)
- Ambienti più confortevoli in quanto uniformemente climatizzati

A differenza di quanto comunemente si possa immaginare, il sistema radiante indirizza verso il basso il calore, poiché non essendoci punti molto caldi non si crea una circolazione di correnti, così come avviene nel caso di riscaldamento con radiatori.

Le correnti indotte da un corpo scaldante concentrato in un punto dell'ambiente portano ad avere la creazione di una stratificazione della temperatura, creando un ΔT tra pavimento e soffitto, così come dettato dalle regole della convezione naturale in cui il caldo sale e il freddo scende a causa della differente densità dell'aria.

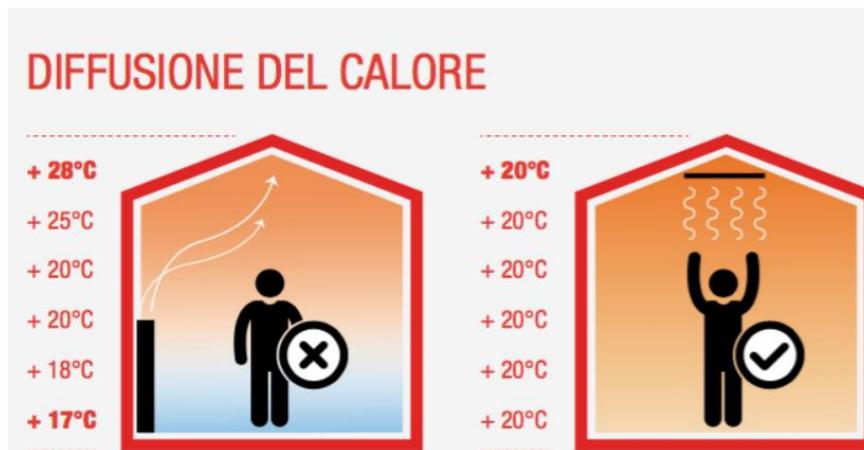


Figura 34 - Rappresentazione dell'efficacia del pannello radiante rispetto al radiatore

In tal modo si può anche notare la differenza in termini di tempo in cui un termostato ambiente raggiunge una temperatura comfort.

Nei sistemi tradizionali un termostato ambiente non può essere posizionato né in prossimità dei corpi scaldanti né in prossimità di punti di passaggio, poiché la rilevazione della temperatura sarebbe alterata.

Nel caso di utilizzo di pannelli radianti, gli ambienti si riscaldano uniformemente e il raggiungimento della temperatura comfort avviene in tempi brevi, senza errori nella rilevazione della temperatura del termostato ambiente, in qualunque posizione esso sia installato.

Nel caso in esame, ogni alloggio dello stabile vede installato un impianto di riscaldamento a soffitto radiante, il quale si collega ad una montante non isolata, corrente in traccia nel lato interno delle pareti interne.

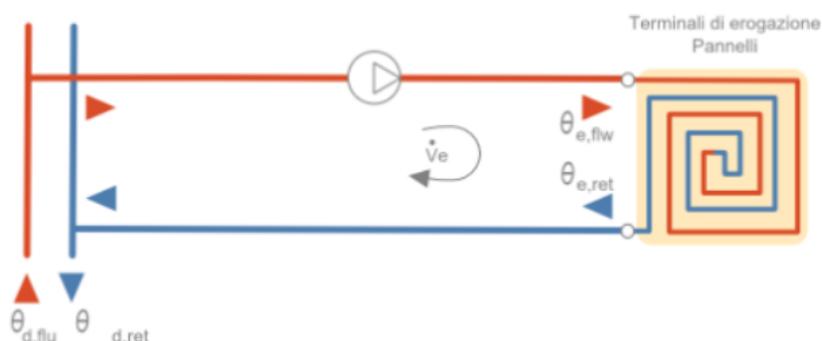


Figura 35 - Tipologia di impianto presente

La temperatura di mandata è pari a 40°C, un ΔT tra mandata e ritorno pari a 15°C e una maggiorazione della potenza dei corpi scaldanti pari al 10%.

Considerando, inoltre, dei valori di progetto preimpostati dal software di calcolo, oltre alla superficie totale da climatizzare, risulta prevista una portata nominale pari a 90359,04 kg/h di acqua.

4.2.4 Risultati fabbisogno di potenza termica invernale

Una volta completata la definizione degli impianti installati sul fabbricato, il software procede al calcolo del fabbisogno di potenza termica invernale. Vengono presi in considerazione i seguenti dati:

- Dati climatici della località (§4.2.1)
- Dati geometrici dell'edificio (§4.2.2)
- Coefficienti di esposizione solare qui sotto riportati:

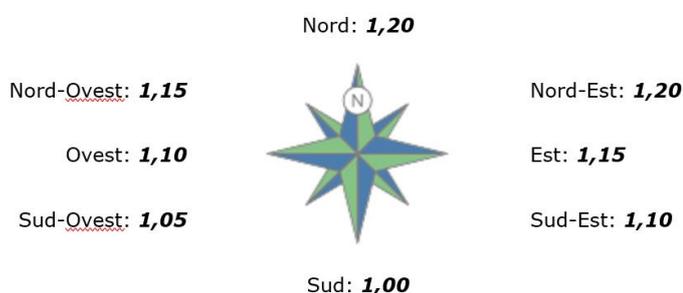


Figura 36 - Coefficienti di esposizione solare

4.2.4.1 Dettaglio delle dispersioni per trasmissione dei componenti

Di seguito vengono elencati i risultati delle dispersioni delle strutture opache e delle strutture trasparenti:

Cod.	Tipo	Descrizione elemento	U [W/m ² K]	θ _e [°C]	S _{Tot} [m ²]	Φ _{tr} [W]	% Φ _{Tot} [%]
M3	T	Parete esterna	0,695	-8,4	5791,63	134444	36,7
P3	T	Pavimento verso porticato	1,431	-8,4	1452,06	59009	16,1
S1	U	soffitto verso sottotetto	1,416	-5,6	1452,06	54488	14,9

Tabella 15 - Dispersioni strutture opache

Cod.	Tipo	Descrizione elemento	U [W/m ² K]	θ _e [°C]	S _{Tot} [m ²]	Φ _{tr} [W]	% Φ _{Tot} [%]
W1	T	Portafinestra da 70	2,082	-8,4	188,40	24352	6,6
W2	T	Finestra da 130	2,655	-8,4	138,60	12021	3,3

W3	T	Portafinestra da 150	2,699	-8,4	675,18	57866	15,8
W4	T	Finestra da 60	2,613	-8,4	21,90	1885	0,5
W5	T	Portafinestra da 120	2,676	-8,4	16,32	1488	0,4
W6	T	Portafinestra da 60	2,642	-8,4	32,16	2775	0,8

Tabella 16 - Dispersione strutture chiare

Dove:

- U: Trasmittanza termica dell'elemento disperdente
- Ψ : Trasmittanza termica lineica del ponte termico
- θ_e : Temperatura di esposizione dell'elemento
- S_{Tot} : Superficie totale su tutto l'edificio dell'elemento disperdente
- L_{Tot} : Lunghezza totale su tutto l'edificio del ponte termico
- Φ_{tr} : Potenza dispersa per trasmissione
- $\% \Phi_{Tot}$: Rapporto percentuale tra il Φ_{tr} dell'elemento e il Φ_{tr} totale dell'edificio

Dalle tabelle risulta un totale di potenza dispersa per trasmissione pari a:

- 202,258 kW per le strutture opache
- 95,846 kW per le strutture trasparenti

E ne risulta un indice di prestazione pari a:

Servizio	$EP_{,nren}$ [kWh/m ²]	$EP_{,ren}$ [kWh/m ²]	$EP_{,tot}$ [kWh/m ²]
Riscaldamento	140,89	5,82	146,71
ACS	22,93	0,27	23,20
Globale	163,83	6,09	169,91

Tabella 17 - Indice di prestazione

Nella tabella sottostante viene mostrata un'ipotetica ripartizione dei carichi da parte dei due generatori presenti in centrale termica e l'andamento mensile della ripartizione in funzione della temperatura media della località di riferimento.

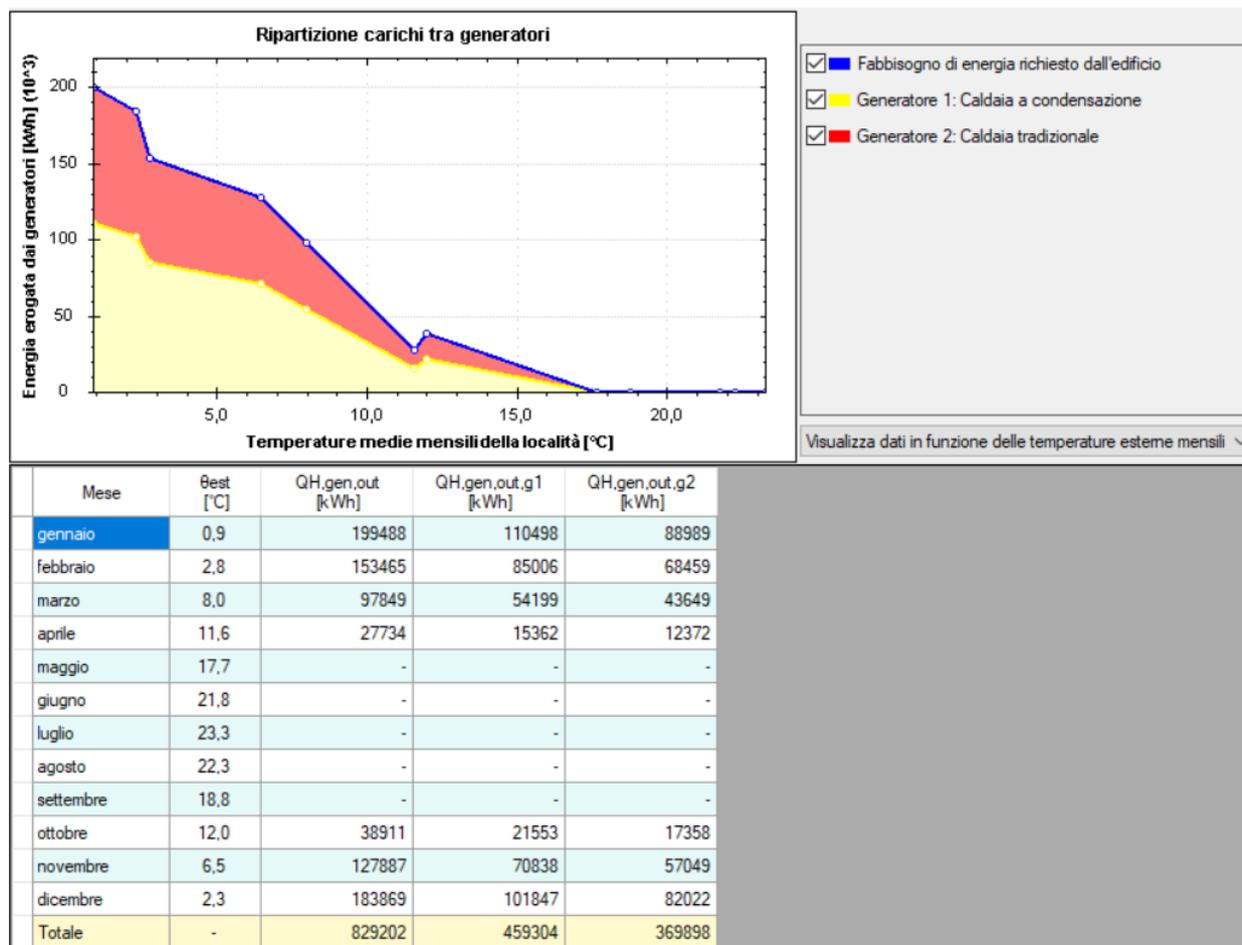


Tabella 18 – Ripartizione dei carichi

4.2.5 Determinazione dell'Indice di Prestazione Energetica

Completate tutte le sezioni relative al calcolo preliminare, il software ha elaborato un Attestato di Prestazione Energetica, in cui sono raccolti i dati generali della struttura analizzata, in particolare la localizzazione geografica e catastale, i servizi energetici presenti con i relativi valori di energia primaria, alcuni valori legati al fabbricato ed infine una rappresentazione grafica dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile e la prestazione energetica globale.

Come si apprende dagli attestati di cui sotto, il condominio in oggetto risulta con una Classe Energetica F, con un valore di prestazione energetica al netto del rendimento degli impianti presenti pari a 163,83 kWh/m² anno.

DATI GENERALI

Destinazione d'uso <input checked="" type="checkbox"/> Residenziale <input type="checkbox"/> Non residenziale Classificazione D.P.R. 412/93: E.1 (1)	Oggetto dell'attestato <input checked="" type="checkbox"/> Intero edificio <input type="checkbox"/> Unità immobiliare <input type="checkbox"/> Gruppo di unità immobiliari Numero di unità immobiliari di cui è composto l'edificio: <input type="text" value="100"/>	<input type="checkbox"/> Nuova costruzione <input type="checkbox"/> Passaggio di proprietà <input type="checkbox"/> Locazione <input type="checkbox"/> Ristrutturazione importante <input checked="" type="checkbox"/> Riqualficazione energetica <input type="checkbox"/> Altro: _____
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Dati identificativi 		Regione : <input type="text" value="PIEMONTE"/> Comune : <input type="text" value="Collegno"/> Indirizzo : <input type="text" value="Corso Francia, 118 ..."/> Piano : _____ Interno : _____ Coord. GIS : <input type="text" value="0.000000"/> N <input type="text" value="0.000000"/> E	Zona climatica : <input type="text" value="E"/> Anno di costruzione : <input type="text" value="2021"/> Superficie utile riscaldata (m ²) : <input type="text" value="7630,08"/> Superficie utile raffrescata (m ²) : <input type="text" value="7630,08"/> Volume lordo riscaldato (m ³) : <input type="text" value="26863,19"/> Volume lordo raffrescato (m ³) : <input type="text" value="26863,19"/>				
Comune catastale	<input type="text" value="C860"/>	Sezione	<input type="text"/>	Foglio	<input type="text"/>	Particella	<input type="text"/>
Subalterni	da <input type="text"/> a <input type="text"/>	da <input type="text"/> a <input type="text"/>	da <input type="text"/> a <input type="text"/>	da <input type="text"/> a <input type="text"/>	da <input type="text"/> a <input type="text"/>	da <input type="text"/> a <input type="text"/>	da <input type="text"/> a <input type="text"/>
Altri subalterni	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Servizi energetici presenti <input checked="" type="checkbox"/> Climatizzazione invernale <input type="checkbox"/> Climatizzazione estiva	<input type="checkbox"/> Ventilazione meccanica <input checked="" type="checkbox"/> Prod. acqua calda sanitaria	<input type="checkbox"/> Illuminazione <input type="checkbox"/> Trasporto di persone o cose
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------

PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.

Prestazione energetica del fabbricato <table border="1"> <tr> <th>INVERNO</th> <th>ESTATE</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	INVERNO	ESTATE					Prestazione energetica globale <p>EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO</p> <p>CLASSE ENERGETICA</p> <p>F</p> <p>163,83 kWh/m²anno</p>	Riferimenti Gli immobili simili avrebbero in media la seguente classificazione: Se nuovi: A1 (52,71) Se esistenti: _____
INVERNO	ESTATE							

DATI GENERALI

Destinazione d'uso <input checked="" type="checkbox"/> Residenziale <input type="checkbox"/> Non residenziale Classificazione D.P.R. 412/93: <input type="text" value="E.1 (1)"/>	Oggetto dell'attestato <input checked="" type="checkbox"/> Intero edificio <input type="checkbox"/> Unità immobiliare <input type="checkbox"/> Gruppo di unità immobiliari Numero di unità immobiliari di cui è composto l'edificio: <input type="text" value="100"/>	<input type="checkbox"/> Nuova costruzione <input type="checkbox"/> Passaggio di proprietà <input type="checkbox"/> Locazione <input type="checkbox"/> Ristrutturazione importante <input checked="" type="checkbox"/> Riqualificazione energetica <input type="checkbox"/> Altro: <input type="text"/>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Dati identificativi	
 Regione : <input type="text" value="PIEMONTE"/> Comune : <input type="text" value="Collegno"/> Indirizzo : <input type="text" value="Corso Francia, 118 ..."/> Piano : <input type="text"/> Interno : <input type="text"/> Coordinate GIS : <input type="text" value="0,000000"/> N <input type="text" value="0,000000"/> E	Zona climatica : <input type="text" value="E"/> Anno di costruzione : <input type="text" value="2021"/> Superficie utile riscaldata (m ²) : <input type="text" value="7630,08"/> Superficie utile raffrescata (m ²) : <input type="text" value="7630,08"/> Volume lordo riscaldato (m ³) : <input type="text" value="26863,19"/> Volume lordo raffrescato (m ³) : <input type="text" value="26863,19"/>

Comune catastale	<input type="text" value="C860"/>	Sezione	<input type="text"/>	Foglio	<input type="text"/>	Particella	<input type="text"/>
Subalterni	da <input type="text"/> a <input type="text"/>						
Altri subalterni	<input type="text"/>						

Servizi energetici presenti			
<input checked="" type="checkbox"/> Climatizzazione invernale	<input type="checkbox"/> Ventilazione meccanica	<input type="checkbox"/> Illuminazione	
<input type="checkbox"/> Climatizzazione estiva	<input checked="" type="checkbox"/> Prod. acqua calda sanitaria	<input type="checkbox"/> Trasporto di persone o cose	

DATI DI DETTAGLIO DEL FABBRICATO

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE				SUPERFICI E RAPPORTO DI FORMA		
COPERTURA	<input type="text" value="A doppia falda (spiovente)"/>			Superficie utile riscaldata	<input type="text" value="7630,08"/>	m ²
STRUTTURA	<input type="text" value="Misto cemento armato e muratura"/>			Superficie utile raffrescata	<input type="text" value="7630,08"/>	m ²
INFISSI E FINESTRE				Superficie utile totale	<input type="text" value="7630,08"/>	m ²
telaio	<input type="text" value="Alluminio"/>	m ²	<input type="text" value="279,17"/>	V - Volume riscaldato	<input type="text" value="26863,19"/>	m ³
vetro	<input type="text" value="Doppio"/>	m ²	<input type="text" value="792,42"/>	Volume raffrescato	<input type="text" value="26863,19"/>	m ³
ombreggiatura	<input type="text" value="Avvolgibili PVC"/>	m ²	<input type="text" value="0,00"/>	S - Superficie disperdente	<input type="text" value="10030,19"/>	m ²
				Rapporto S/V	<input type="text" value="0,37"/>	
				EP _{H,nd}	<input type="text" value="72,43"/>	kWh/m ² anno
				A _{sol,est} /A _{sup utile}	<input type="text" value="0,0576"/>	-
				Y _{IE}	<input type="text" value="0,1563"/>	W/m ² K

DATI ENERGETICI GENERALI

Energia primaria da fonti non rinnovabili	EP _{gl,nren}	<input type="text" value="163,83"/>	kWh/m ² anno
Energia primaria da fonti rinnovabili	EP _{gl,ren}	<input type="text" value="6,09"/>	kWh/m ² anno
Energia primaria totale	EP _{gl,tot}	<input type="text" value="169,91"/>	kWh/m ² anno
Energia esportata	<input type="text" value="0,00"/> kWh/anno	Vettore energetico:	<input type="text" value="Energia elettrica"/>

Figura 37 - APE Iniziale

5 Proposta progettuale per interventi migliorativi

Una volta determinata la classe energetica attuale del fabbricato, affinché sia possibile richiedere un intervento di riqualificazione energetica tramite il Superbonus 110%, occorre prevedere un miglioramento di impianto tale da far rientrare la classe energetica di almeno due livelli.

Sono possibili diversi scenari ottimali per una diminuzione dei fabbisogni di energia primaria.

Considerando le caratteristiche della struttura in esame sono possibili diverse soluzioni per ottenere il salto energetico verso classi più efficienti, in particolare:

- Interventi sull'involucro edilizio
 - o Interventi sulle strutture opache:
 - Realizzazione cappotto esterno
 - Realizzazione cappotto interno
 - Coibentazione dell'intercapedine di aria mediante insuflaggio
 - Coibentazione solaio confinante verso ambiente non climatizzato
 - Coibentazione della copertura
 - Coibentazione del pavimento
 - o Interventi sui componenti finestrati:
 - Sostituzione serramenti
 - Sostituzione del solo vetro
- Interventi sul sistema di generazione
 - o Sostituzione generatore ad uso combinato (riscaldamento e ACS) mediante:
 - Caldaia a condensazione
 - Pompa di calore ad alta efficienza
 - Caldaia a biomassa
 - Generatori multipli
- Interventi sulle fonti rinnovabili
 - o Installazione di pannelli solari per la produzione di ACS
 - o Installazione di pannelli solari fotovoltaici

Delle soluzioni elencate sopra, considerando le caratteristiche architettoniche dello stabile e considerando l'impianto attualmente operativo, sono state ipotizzate le seguenti migliorie al fine di raggiungere l'obiettivo minimo di efficientamento dello stabile pari a due classi energetiche:

- Interventi sull'involucro edilizio

- Interventi sulle strutture opache:
 - Coibentazione solaio confinante verso ambiente non climatizzato
 - Coibentazione del pavimento
- Interventi sul sistema di generazione
 - Sostituzione generatore ad uso combinato (riscaldamento e ACS) mediante:
 - Pompa di calore ad alta efficienza
- Interventi sulle fonti rinnovabili
 - Installazione di pannelli solari per la produzione di ACS
 - Installazione di pannelli solari fotovoltaici

5.1 Interventi sull'involucro edilizio

Riguardo l'isolamento delle strutture opache è stata prevista la coibentazione del solaio confinante con l'ambiente non climatizzato, ovvero è stata ipotizzata la posa di uno strato di materiale isolante sul piano di calpestio del sottotetto. In questo modo si isolano gli alloggi degli ultimi piani che risentono dello scambio termico tra il pannello radiante a soffitto e il pavimento del sottotetto.

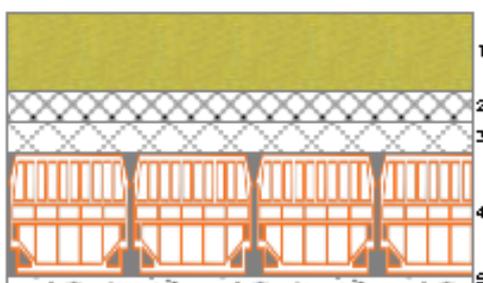


Figura 38 - Possibile stratigrafia con pannello isolante

Il materiale previsto per l'isolamento corrisponde al polistirene espanso, fornito in pannelli i cui dati tecnici sono elencati nella tabella di seguito riportata:

Conduttività [W/mK]	0,036
Spessore [mm]	130
Trasmittanza [W/m ² K]	0,233
Costo intervento [€/m ²]	18,50

Tabella 19 - Caratteristiche del pannello

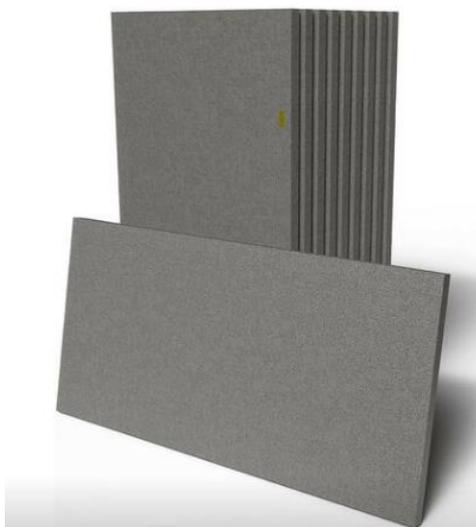


Figura 39 - Pannelli di poliuretano espanso

La superficie totale interessata dalla coibentazione del solaio è circa 1452 m² corrispondente alla superficie totale dei solai confinanti con il sottotetto.

Il costo relativo all'intervento considerato ammonta ad un totale di 26863,11 €.

Un secondo intervento di isolamento consiste nella coibentazione del pavimento del primo piano dei tre blocchi che confinano con il portico.



Figura 40 - Portico dello stabile

L'installazione dei pannelli isolanti è prevista sul lato del solaio del porticato. Il materiale è lo stesso considerato per la coibentazione del solaio nel sottotetto, mentre l'ammontare totale dell'intervento è pari a 20328,84 €.

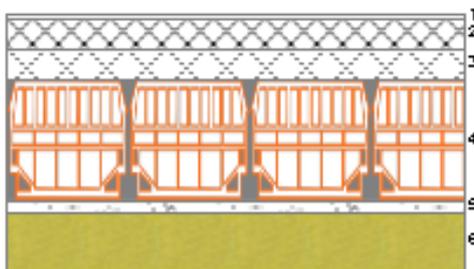


Figura 41 - Possibile stratigrafia con pannello isolante

Conduktivität [W/mK]	0,036
Spessore [mm]	100
Trasmittanza [W/m ² K]	0,286
Costo intervento [€/m ²]	14,00

Tabella 20 - Caratteristiche tecniche pannello

Per entrambe le soluzioni ipotizzate, il fissaggio dei pannelli isolanti deve essere eseguito a regola d'arte da ditte specializzate, secondo precisi passaggi:

- **Pulizia della superficie in modo da garantire la presa del collante**

Si prevede una pulizia preliminare delle superfici da isolare per evitare che impurità o parti dell'intonaco già presente non permettano la buona presa del collante.

- **Posizionamento delle lastre isolanti**

il collante deve essere messo solo sulla facciata da incollare e deve ricoprire almeno il 40% della superficie del pannello. Ci sono due tipologie di stesura della colla:

- o A cordolo e punti

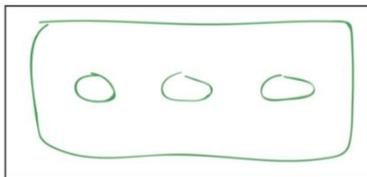


Figura 42 - Disposizione collante a cordolo e a punti

- o Su tutta la superficie



Figura 43 - Disposizione a tutta superficie

- **Tassellatura del cappotto**

I tasselli di ancoraggio meccanico devono essere applicati in numero adeguato, secondo il supporto murario e secondo uno schema stabilito:

- o Schema a T
- o Schema a W

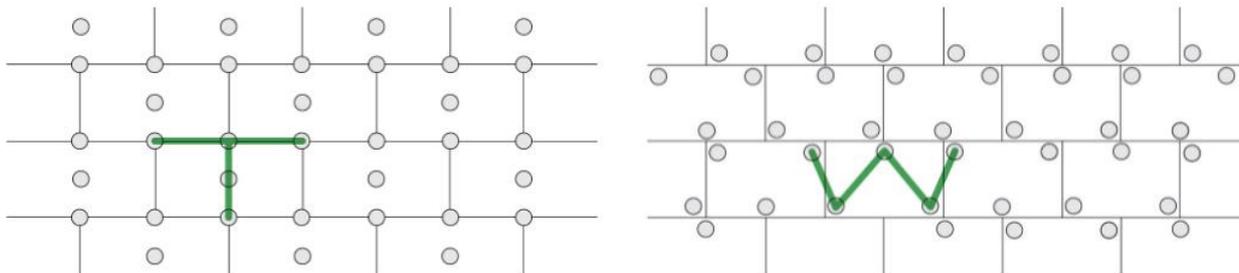


Figura 44 - Tassellatura a T ed W

- **Riempimento fessure tra i pannelli**

Le fughe devono essere opportunamente riempite con materiale isolante.

- **Rasatura**

Si applica l'intonaco di fondo all'interno del quale è annegata una rete in fibra di vetro

- **Applicazione rete per cappotto**

- **Intonaco di finitura**

Il rivestimento della facciata deve essere applicato in condizioni atmosferiche adatte che ne permettano un'adeguata asciugatura. Lo spessore dell'intonaco deve essere compreso tra 1,2 e 1,5 mm.

5.2 Interventi sul sistema di generazione

Per quanto riguarda la componente legata al sistema di generazione del calore, si è ipotizzato di considerare l'installazione di un sistema ibrido, costituito da un impianto di caldaie a condensazione affiancate da un sistema di generazione con pompe di calore aria-acqua.

Per compensare l'attuale fabbisogno energetico, il fabbricato è dotato di un sistema di generazione costituito da due caldaie a basamento, di cui una operante in modalità a condensazione, per un totale di 1301 kW di potenza termica.

Considerando le migliorie pensate per il fabbricato, si prevede una riduzione della potenza termica necessaria pari al 40%.

Partendo dalla potenza termica attualmente disponibile, la nuova potenza utile possibile si calcola a partire dal volume netto riscaldato moltiplicato per un fattore correttivo che tiene conto del livello di isolamento del fabbricato:

$$P'_u = V_0 \times 0,03 = 617,4 \text{ kW}$$

Dove:

- 0,03 = fattore di coibentazione attribuito ad una struttura ristrutturata con i principi di un buon isolamento termico

Considerato il valore si è scelto il modello ottimale di sistema ibrido considerando anche il punto di installazione delle pompe di calore. Per evitare un livello di pressione sonora elevato, in prossimità di alcuni alloggi, si è pensato di predisporre le pompe di calore verticali, dislocate lungo il muro perimetrale della proprietà.



Figura 45 - Punto di installazione unità esterne

Dal punto indicato con la freccia rossa nella figura di cui sopra, risulta anche facile collegare le unità esterne con le rispettive interne, poste in centrale termica e con l'impianto di mandata esistente.

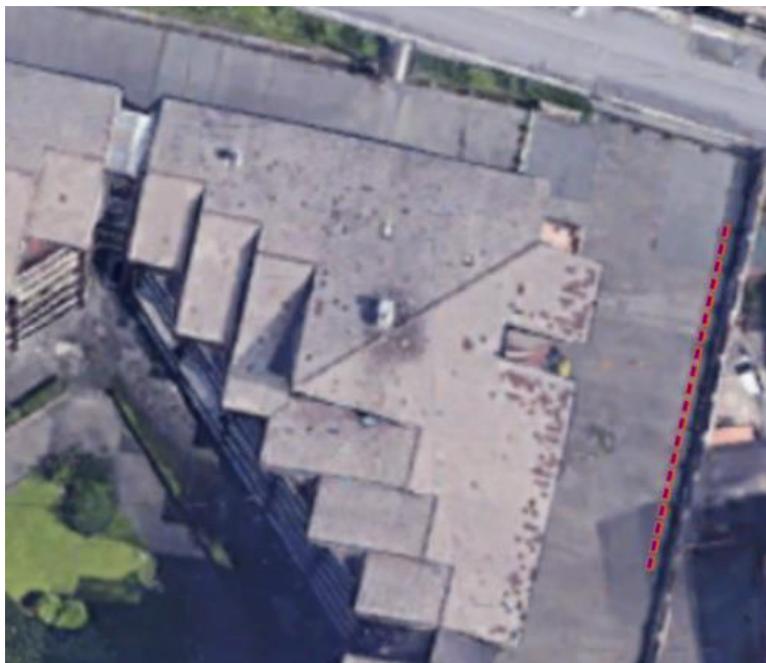


Figura 46 - Vista dall'alto dislocazione pompe di calore

Il modello pensato per soddisfare il fabbisogno termico, che sostituisce quello attuale è il sistema ibrido dell'Ariston, il modello GENUS HYBRID FLEX IN NET.

Si tratta di un sistema ibrido che combina una pompa di calore e un bollitore da 150 litri per il riscaldamento, il raffrescamento e la produzione di ACS.

Inoltre, il sistema è predisposto per la gestione da remoto al fine di monitorare i consumi e ottimizzare l'impianto.

Il sistema ha la possibilità di funzionare sia in maniera esclusiva (pompa di calore o caldaia a condensazione) sia in maniera contemporanea, per ottimizzare i consumi di energia primaria.



Figura 47 -Unità ibrida GENUS HYBRID FLEX IN NET

La taglia scelta, in particolare è la GENUS HYBRID FLEX IN NET 25/7 T, poiché presenta le caratteristiche necessarie per usufruire l'incentivo del superbonus 110%. I dati tecnici sono elencati sotto:

DATI TECNICI		25/4	25/5	25/7	25/7 T	25/9	25/9 T	25/11	25/11 T
PERFORMANCE CALDAIA									
Portata termica nominale in riscaldamento max/min PCI	KW	22,0/2,5	22,0/2,5	22,0/2,5	22,0/2,5	22,0/2,5	22,0/2,5	22,0/2,5	22,0/2,5
Rendimento alla portata termica nominale (80°C-60°C) PCI	%	97,7	97,7	97,7	97,7	97,7	97,7	97,7	97,7
Temperatura sanitario max/min	°C	60/40	60/40	60/40	60/40	60/40	60/40	60/40	60/40
PERFORMANCE POMPA DI CALORE									
Potenza termica in riscaldamento min/max*	KW	1,5 / 5,9	1,5 / 7,1	2,6 / 11,0	2,6 / 11,0	3,9 / 14,0	3,9 / 14,0	3,9 / 16,7	3,9 / 16,7
Potenza nominale riscaldamento*		5,9	6,7	8,7	8,7	13,6	13,6	15	15
COP nominale in riscaldamento*		4,6	4,5	4,5	4,5	4,6	4,6	4,5	4,5
Potenza termica in raffrescamento min/max**	KW	1,6/6,9	1,6/8,5	3,1/12,0	3,1/12,0	4,6/13,6	4,6/13,6	4,6/16,6	4,6/16,6
Potenza termica in raffrescamento nominale**	KW	4,8	5,9	7,5	7,5	10,6	10,6	12,5	12,5
EER nom in raffrescamento**		5,4	4,9	5	5	4,9	4,9	4,6	4,6
Potenza massima assorbita	KW	2,1	2,8	3,9	4,3	4,4	5,0	5,6	6,3
COP nominale in sanitario***		2,18	2,18	2,09	2,09	1,93	1,93	1,93	1,93
Capacità bollitore	l	150	150	150	150	150	150	150	150
Tempo di riscaldamento***	h:min	1:27	1:27	1:20	1:20	1:20	1:20	1:20	1:20
Quantità di acqua miscelata a 40°C (V40)	l	184	184	173	173	179	179	179	179
GENUS ONE HYBRID FLEX IN NET									
Classe energetica riscaldamento 35/55 °C		A+++	A+++	A+++	A+++	A+++	A+++	A+++	A+++
Classe energetica sanitario		A	A	A	A	A	A	A	A
Profilo di prelievo		XL	XL	XL	XL	XL	XL	XL	XL
INCENTIVI STATALI Conto Termico, 65% e 110%		Si	Si	Si	Si	No	No	No	No

Tabella 21 - Caratteristiche GENUS HYBRID FLEX IN NET 25/7

La potenza termica massima nominale totale dei due generatori è pari a 33kW. Considerando un fabbisogno energetico pari 617,4 kW, è necessaria l'installazione di 19 unità. Al fine di evitare la situazione più sfavorevole in cui le macchine lavorino per la maggior parte del tempo alla potenza massima, si prevede la presenza di una ventesima macchina.

Il sistema pensato andrebbe a lavorare secondo un funzionamento modulante, oltre al fatto che ogni singola pompa di calore è dotata di un compressore rotativo controllato con inverter in modo da variare i giri del compressore a seconda della richiesta termica da parte dell'impianto.

In questo modo, a seconda della richiesta termica, si possono presentare diversi scenari:

- Unità esterne tutte funzionanti con modulazione della potenza;
- Unità esterne in modalità on-off, per cui in caso di minore potenza richiesta, non tutte le venti unità risulterebbero accese;
- Unità interne tutte funzionanti con modulazione della potenza, per sopperire a massicci prelievi da parte dell'utenza, nei momenti in cui le pompe di calore non garantirebbero la copertura della richiesta.

Sia la pompa di calore che il rispettivo bollitore sono collegati per mezzo di un'unica centralina di controllo, la quale modula la potenza delle unità.

È prevista l'aggiunta di quattro collettori:

- Collettore mandata unità esterne
- Collettore ritorno unità esterne
- Collettore mandata unità interne
- Collettore ritorno unità interne

Questi quattro collettori si collegano sui due collettori principali attualmente presenti.

Il collettore principale invia l'acqua tecnica verso il sistema di pannelli radianti e verso l'impianto di ACS tramite l'utilizzo di un sistema di pompe in parallelo.

Nell'impianto di acqua calda sanitaria, lo scambio termico avviene tramite uno scambiatore di calore.

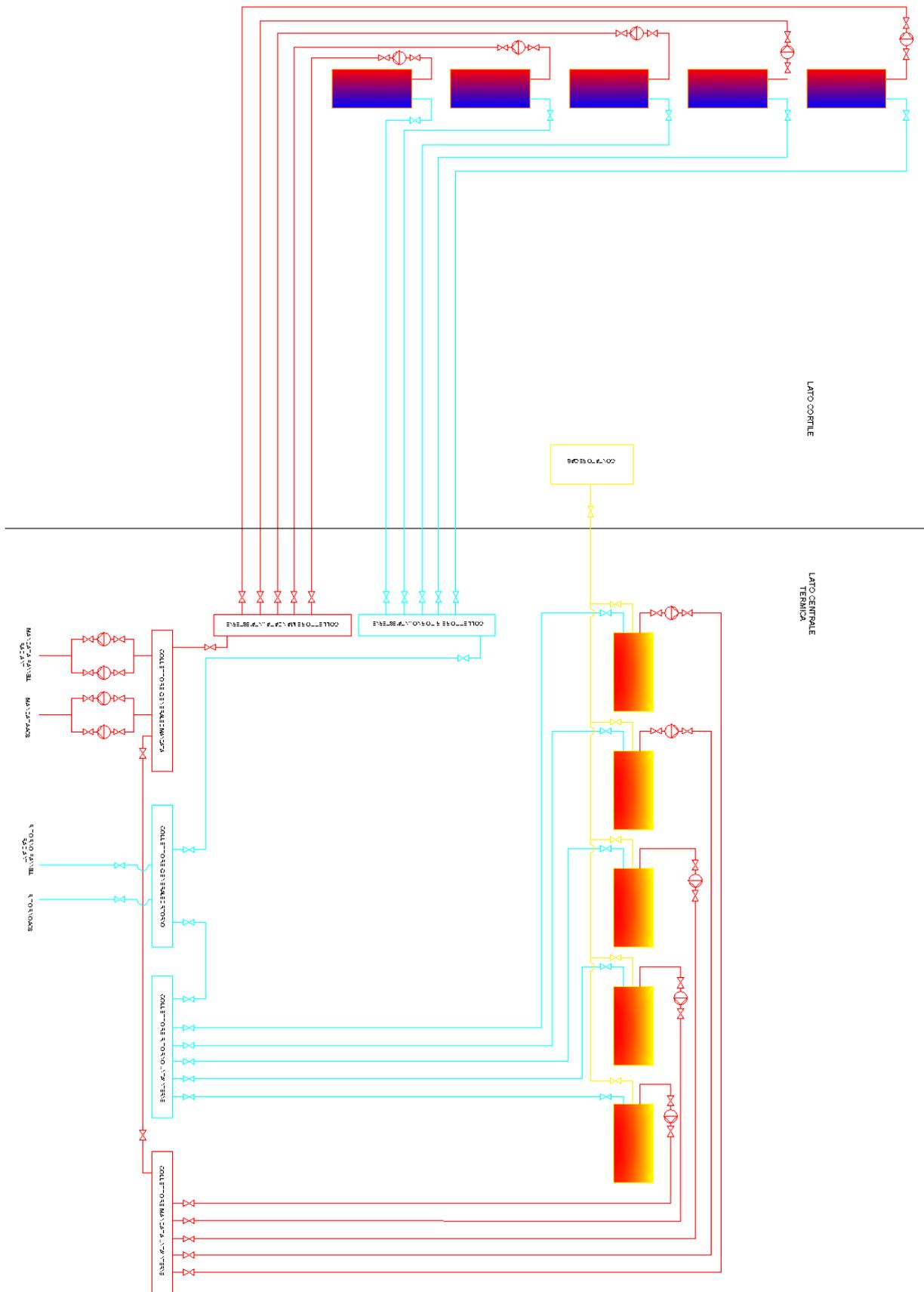


Figura 48 - Layout unità ibride

5.3 Interventi sulle fonti rinnovabili

Oltre all'installazione di un sistema ibrido, il piano di miglioramento potenziale da adottare per un efficientamento energetico della struttura prevede una quota di potenza termica prodotta tramite sistemi rinnovabili.

Considerando la conformazione della copertura dello stabile e la sua esposizione, si prevede di predisporre l'impianto sulla falda di copertura orientata verso est.

La superficie utile per l'installazione è di circa 520 m², la quale sarà ripartita per installare due tipologie di impianto rinnovabile:

- Pannelli solari termici per la produzione di ACS
- Pannelli fotovoltaici



Figura 49 - Falde interessate dall'installazione degli impianti di fonti rinnovabili

5.3.1 Installazione di pannelli solari per la produzione di ACS

Il primo impianto ottimale considerato è quello relativo alla produzione di ACS da fonte rinnovabile. Si è ipotizzata l'installazione di un sistema di pannelli che copre la prima falda di copertura evidenziata sopra, quella in cui è presente il camino proveniente dalla centrale termica.



Figura 50 - Falda ipotizzata per l'installazione del solare termico

In questo modo, nei locali sottostanti la copertura sarà prevista l'installazione di un collettore che si collega verso la centrale termica tramite tubazione che passa nel cavedio del camino degli attuali generatori, garantendo allo stesso tempo, lo spazio necessario al passaggio della nuova canna fumaria.

Trattandosi di un grande impianto, è prevista la circolazione forzata del fluido termovettore dai pannelli al serbatoio di accumulo posto in centrale termica, in cui si ha lo scambio termico con l'acqua calda sanitaria.

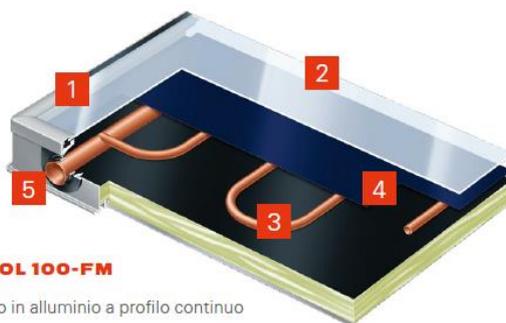
I pannelli saranno installati seguendo l'inclinazione della falda della copertura in modo da evitare un impatto visivo sul complesso architettonico.



Figura 51 - Esempio di pannello solare termico

La superficie prevista per l'installazione ammonta a circa 130 m². Considerando che un pannello solare termico occupa una superficie di apertura di circa 2,3 m², si considera un totale di 56 pannelli.

Di seguito sono elencate le caratteristiche tecniche di un tipico pannello per la produzione di ACS. Si è scelto come modello di riferimento per i calcoli il pannello prodotto dalla VISSMANN, modello VITOSOL 100-FM tipo SHIF.



VITOSOL 100-FM

- 1** Telaio in alluminio a profilo continuo senza saldature
- 2** Superficie captante con trattamento ThermProtect (brevetto Viessmann) con funzione antistagnazione
- 3** Assorbitore a forma di meandro
- 4** Isolamento termico altamente efficiente in fibra minerale
- 5** Allacciamento idraulico agevolato grazie ai raccordi a innesto rapido

Figura 52 - Stratigrafia pannello VITOSOL 100-FM

Vitosol 100-FM	Tipo	SV1F	SH1F
Versione e installazione		Verticale	Orizzontale
Tipologia integrazione a tetto		con vasche componibili	-
Superficie			
lorda	m ²	2,51	2,51
di apertura	m ²	2,31	2,31
Valori riferiti alla superficie di assorbimento			
Rendimento ottico	%	82,1	81,7
Contenuto fluido termovettore	Litri	1,83	2,40
Pressione max. d'esercizio	bar	6	6
Temperatura max. d'inattività	°C	145	145
Produzione di vapore	W/m ²	0	0
Attacco	Ø mm	22	22
Dimensioni d'ingombro			
Profondità	mm	73	73
Larghezza	mm	1056	2380
Altezza	mm	2380	1056
Distanza tra i collettori	mm	21	21
Peso	Kg	39	40
Incentivo Conto Termico solo ACS / Integrazione riscaldamento	€ a pannello	668 / 687	683 / 702

Tabella 22 - Caratteristiche tecniche VITOSOL 100-FM

5.3.2 Installazione di impianti fotovoltaici

La seconda tipologia di impianto prevista è quella legata alla produzione di energia elettrica, utile a compensare il fabbisogno richiesto dalle macchine e dai dispositivi presenti in centrale termica.

Il funzionamento si basa essenzialmente sulla stimolazione degli elettroni grazie all'energia solare.

In particolare, i fotoni irradiati dal Sole vengono intercettati dai semiconduttori in silicio che sono spesso alla base delle celle fotovoltaiche e che costituiscono i pannelli. Gli elettroni liberi all'interno di questi semiconduttori, grazie alla radiazione solare, riscaldandosi, iniziano a circolare producendo differenza di potenziale, quindi tensione in corrente continua.

La corrente continua viene trasferita dal pannello mediante appositi cavi elettrici denominati "cavi solari" verso l'inverter. Quest'ultimo converte la corrente da continua ad alternata in modo da essere sfruttata in diversi modi:

- Alimentazione immediata di apparecchiature elettriche
- Ricarica di sistemi di accumulo
- Cessione dell'energia verso la rete di distribuzione nazionale.

I cavi solari sono appositamente realizzati per resistere ai raggi UV, agli agenti atmosferici e hanno un'elevata resistenza all'abrasione oltre che alla lacerazione.



1	Conduttore
2	Isolante
3	Guaina

Figura 53 - Composizione cavo solare

L'inverter è un dispositivo che oltre a trasformare la corrente da continua ad alternata, monitora lo stato dell'impianto fotovoltaico.

Sono classificati secondo tre caratteristiche:

- Potenza disponibile
- Connessione dei moduli fotovoltaici
- Topologia che può essere monofase (220V) o trifase (380V)



Figura 54 - Esempio di inverter solare

Il modulo fotovoltaico pensato per l'installazione è prodotto dalla VIESSMANN ed è il modello VITOVOLT 300 M-WF CHAMFER. Si tratta di un modulo ad alta efficienza che può raggiungere i 500 Wp, dove Wp sta ad indicare la potenza di picco.

Il tipo è l'M 500 WF Chamfer i cui dati tecnici sono elencati sotto:

Dati elettrici		M475 WF Chamfer	M480 WF Chamfer	M485 WF Chamfer	M490 WF Chamfer	M495 WF Chamfer	M500 WF Chamfer
Vitovolt 300							
Cod. Art.		7998608 7998620	7998609 7998621	7998610 7998622	7998611 7998623	7668612 7998624	7998613 7998625
Dati di resa con STC **							
Potenza nominale P_{max}	W _p	475	480	485	490	495	500
Tolleranza di potenza	W	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5
Tensione MPP *2 U_{mpp}	V	38,7	38,8	38,8	38,9	39	39
Corrente MPP *2 I_{mpp}	A	12,27	12,37	12,5	12,6	12,69	12,82
Tensione a vuoto U_{oc}	V	46,5	46,6	46,6	46,7	46,8	46,8
Corrente di corto circuito I_{sc}	A	13,1	13,16	13,22	13,28	13,34	13,4
Efficienza modulo	%	20,3	20,5	20,7	20,9	21,1	21,3
Tensione massima di sistema	V	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Corrente inversa massima	A	20	20	20	20	20	20
Coefficienti di temperatura							
Potenza P_{max}	%/°C	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34
Tensione a vuoto	%/°C	-0,27	-0,27	-0,27	-0,27	-0,27	-0,27
Corrente di corto circuito	%/°C	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Temperatura operativa nominale*3	°C	42,3	42,3	42,3	42,3	42,3	42,3

*1 STC= Standard Test Conditions (Condizione Test Standard: Irraggiamento 1000W /m², temperatura cella 25°C numero di massa atmosferica AM 1,5)

*2 MPP= Maximum Power Point (Potenzialità massima alle STC)

*3 NOCT= Nominal Operating Cell Temperature (Irraggiamento 800 W/m², numero di massa atmosferica AM 1,5, velocità del vento 1 m/s, temperatura ambiente 20°C)

Tabella 23 - Caratteristiche tecniche VITOVOLT 300 M-WF CHAMFER

La superficie prevista per l'installazione ammonta a circa 300 m². Considerando che un pannello fotovoltaico occupa una superficie di apertura di circa 2,3 m², si considera un totale di 128 pannelli, per un totale di potenza di picco prodotta pari a 64 kW.

Usufruento il tool online del Photovoltaic Geographical Information System, a partire dall'inserimento delle coordinate geografiche che individuano il palazzo in esame, è stato possibile ricavare i valori di irradianza media giornaliera per ogni mese della stagione di riscaldamento.

I grafici sono riportati nella pagina seguente. In ascissa sono presenti le ore secondo il sistema UTC e in ordinata il valore di irradianza giornaliera espresso in W/m^2 . Ogni grafico riporta i seguenti andamenti:

- Irradianza globale
- Irradianza diffusa
- Irradianza diretta
- Irradianza con cielo limpido

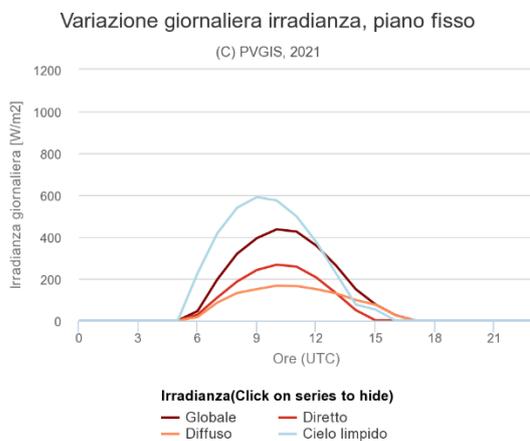


Grafico 2 – Irradianza giornaliera ottobre

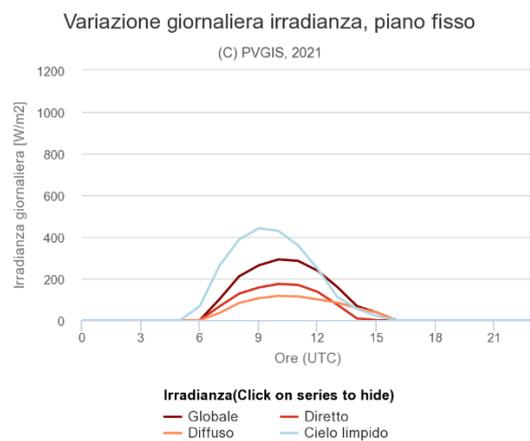


Grafico 3 – Irradianza giornaliera novembre

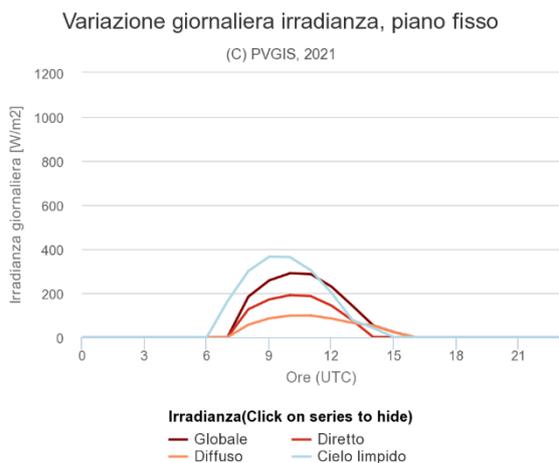


Grafico 4 – Irradianza giornaliera dicembre

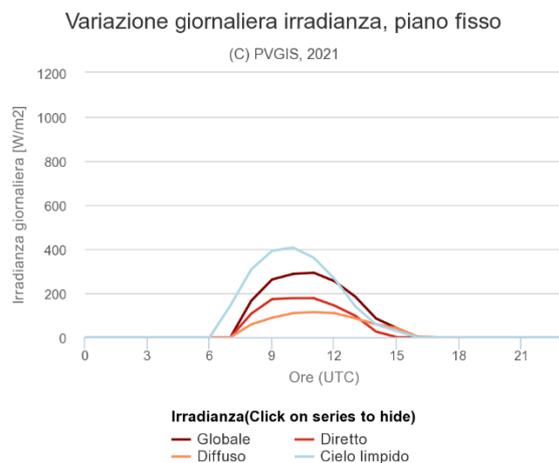


Grafico 5 – Irradianza giornaliera gennaio

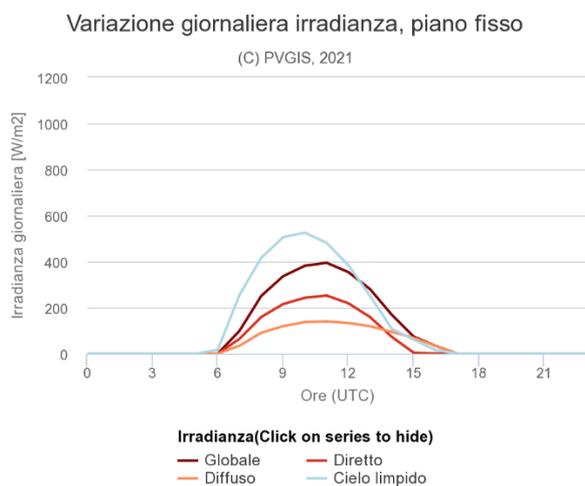


Grafico 6 - Irradianza giornaliera febbraio

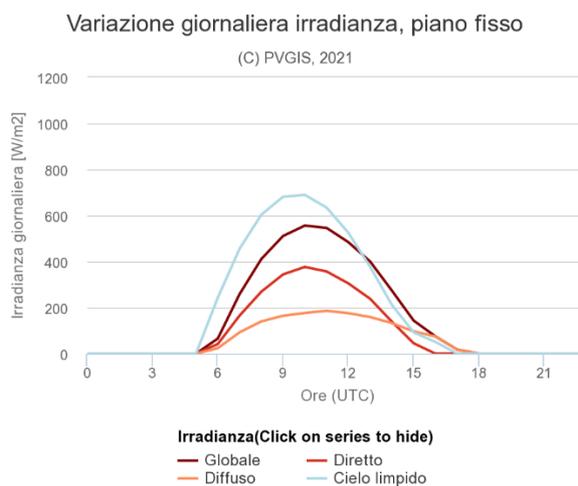


Grafico 7 - Irradianza giornaliera marzo

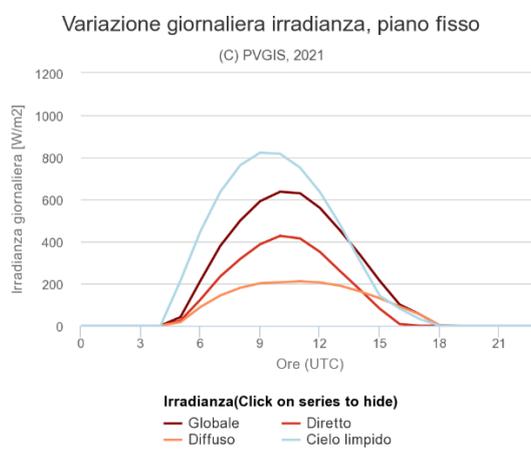


Grafico 8 - Irradianza giornaliera aprile

A partire da questi grafici sono stati esportati i valori in un file Excel al fine di calcolare l'irradianza media giornaliera globale sui mesi considerati.

Dall'analisi è risultato che mediamente, un impianto fotovoltaico installato sul Condominio Santa Maria Regina, con le caratteristiche elencate sopra, con i pannelli ipotizzati, durante la stagione invernale, considerando circa 11 ore di luce, produce 234,47 W/m².

Prevedendo l'installazione di circa 300 m² di pannelli fotovoltaici, la produzione giornaliera, ammonta a 70,34 kW.

Il suddetto impianto fotovoltaico andrebbe direttamente ad alimentare i dispositivi elettrici presenti in centrale termica in modo da compensare, in parte, al fabbisogno di energia elettrica previsto.

Mese	Ora																							
	00:45	01:45	02:45	03:45	04:45	05:45	06:45	07:45	08:45	09:45	10:45	11:45	12:45	13:45	14:45	15:45	16:45	17:45	18:45	19:45	20:45	21:45	22:45	23:45
Ottobre	0	0	0	0	0	45	197	319	394	436	425	358	263	149	77	26	0	0	0	0	0	0	0	0
Novembre	0	0	0	0	0	0	100	210	263	291	285	237	159	67	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dicembre	0	0	0	0	0	0	0	184	257	290	286	229	143	54	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gennaio	0	0	0	0	0	0	0	165	262	287	292	254	154	85	41	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Febbraio	0	0	0	0	0	0	99	251	336	382	395	354	280	169	74	34	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	65	258	411	511	556	546	484	400	274	144	75	18	0	0	0	0	0	0	0
Aprile	0	0	0	0	0	213	379	499	592	636	629	559	453	338	213	100	54	1	0	0	0	0	0	0
Totale per ora	0	0	0	0	0	41	323	1033	2039	2615	2878	2858	2475	1852	1136	609	236	72	1	0	0	0	0	0
Media per ora	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,86	46,14	147,57	291,29	373,57	411,14	408,29	353,57	264,57	162,29	87,00	33,71	10,29	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 24 - Irradianza solare globale

5.4 Indice di Prestazione Energetica finale

Successivamente alle ipotesi di interventi migliorativi, il software di calcolo ha elaborato il nuovo livello di Prestazione Energetica dell'edificio, il cosiddetto APE Post.

Risulta una diminuzione di energia termica richiesta, in linea con i requisiti necessari per l'ottenimento del Superbonus 110%. La nuova classe energetica dello stabile corrisponde alla classe C, con un valore di prestazione energetica al netto del rendimento degli impianti presenti pari a 70,83 kWh/m² anno.

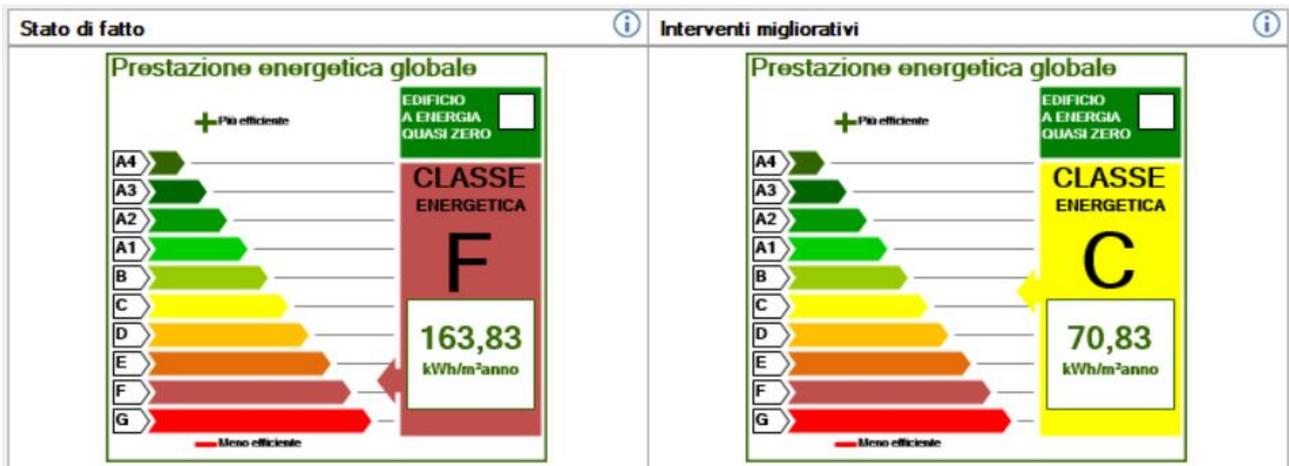


Figura 55 - Salto di classe energetica risultante dai miglioramenti previsti

6 Analisi del fabbisogno di ACS

Parallelamente allo studio per il miglioramento della classe energetica è stata condotta un'analisi sui consumi di Acqua Calda Sanitaria, considerando l'orario di prelievo e la differenza di temperatura tra mandata e ritorno.

Questa analisi viene presa in considerazione in quanto è possibile stabilire un profilo di consumo di ACS tale da programmare l'impianto secondo una modalità di funzionamento piuttosto che un'altra.

Sulla parte di impianto relativa all'Acqua Calda Sanitaria sono state installate delle sonde di rilevazione della temperatura che hanno monitorato l'impianto 24h/24 e 7 giorni su 7, per un periodo di 9 settimane a partire dal 16 novembre 2020 al 17 gennaio 2021.



Figura 56 - Sensore di temperatura a fascetta

Questa tipologia di sensori rileva la temperatura superficiale del tubo grazie ad una piccola lamella di alluminio, la quale, grazie alla sua elevata conducibilità termica, ha un tempo di risposta molto veloce.

Questi sensori sono stati connessi con una centralina dotata di cavo di rete e segnale GSM per permettere sia il monitoraggio dell'impianto che l'acquisizione dati da remoto.

I sensori sono stati collocati in diversi punti strategici:

- B1: Sonda accumulo ACS
- B2: Sonda uscita ACS
- B4: Sonda ingresso fredda all'accumulo sanitario
- B5.1: Sonda temperatura ingresso all'accumulo sanitario
- B5.2: Sonda temperatura uscita dall'accumulo sanitario
- B6: Sonda ritorno ricircolo

In questo modo, attraverso il monitoraggio dei sensori B2 e B6 è possibile valutare:

- l'entità del prelievo
- la quantità di calore disperso nell'impianto in caso di assenza di prelievo

Attraverso il monitoraggio delle sonde B5.1 e B5.2 è possibile determinare gli intervalli in cui il generatore di calore è acceso.

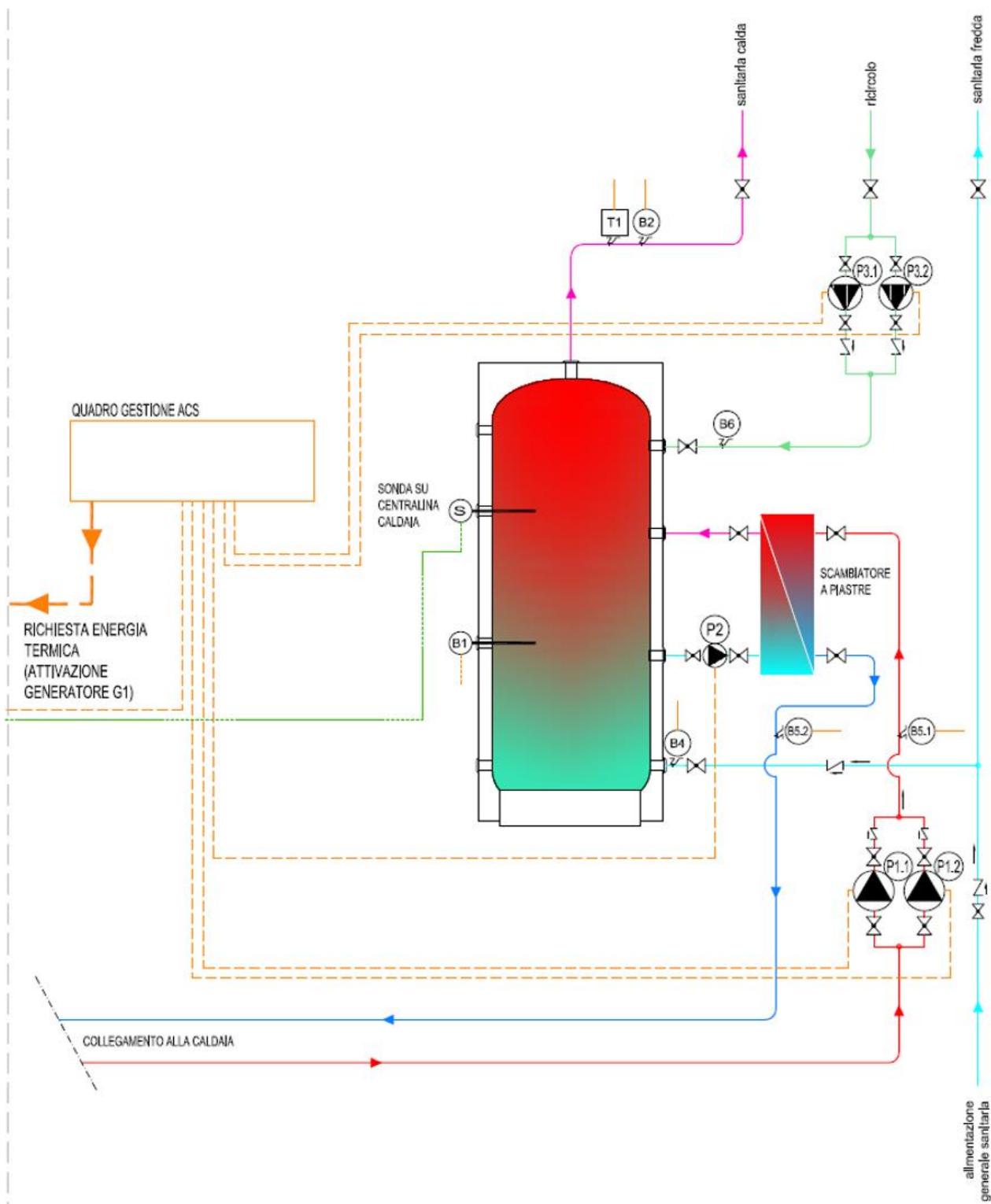


Figura 57 - Layout impianto ACS

L'impianto di ACS, in caso di assenza di prelievo si comporta come un impianto a ciclo chiuso. Due pompe in parallelo mettono in circolo l'acqua lungo tutta la montante affinché sia subito disponibile all'utenza l'acqua alla temperatura desiderata. Le pompe sono necessarie per vincere la quota geodetica presente, in quanto la pressione in rete non risulta sufficiente a compensare, oltre che la quota geodetica anche i metri di colonna d'acqua equivalenti delle perdite lineari e concentrate dell'impianto.

L'acquisizione dei dati è stata effettuata ogni giorno intorno alle ore 12. L'estensione del file prodotto dalla centralina installata era nel formato csv. Una volta separati i valori sono stati importati in una tabella Excel, costituita dalle seguenti colonne che sotto sono descritte:

- ORE: ora del rilevamento;
- MINUTI: minuto del rilevamento;
- SECONDI: secondo del rilevamento;
- ARRIVO CT: contiene il valore di temperatura dell'acqua tecnica in arrivo dal generatore di calore verso lo scambiatore a piastre, corrispondente alla sonda B5.1;
- ARRIVO CT_PAR: contiene lo stesso valore rilevato dalla sonda B5.1 ma con l'integrazione di due parametri X e Y, utilizzati in caso di errate rilevazioni da parte del sensore;

Il valore parametrizzato, per ogni sensore, è frutto della seguente formula:

$$Val_{par} = (Val * Y) + X$$

- R100: contiene il valore di temperatura dell'acqua tecnica in uscita dallo scambiatore a piastre, verso il generatore di calore, corrispondente alla sonda B5.2;
- R100_PAR: contiene lo stesso valore rilevato dalla sonda B5.2 ma con l'integrazione di due parametri X e Y, utilizzati in caso di errate rilevazioni da parte del sensore;
- RICIRCOLO: contiene il valore di temperatura dell'ACS di ritorno dalla montante, corrispondente alla sonda B6;
- RICIRCOLO_PAR: contiene lo stesso valore rilevato dalla sonda B6 ma con l'integrazione di due parametri X e Y, utilizzati in caso di errate rilevazioni da parte del sensore;
- USCITA BOILER: contiene il valore di temperatura in uscita dall'accumulo verso la montante, corrispondente alla sonda B2;
- USCITA BOILER_PAR: contiene lo stesso valore rilevato dalla sonda B2 ma con l'integrazione di due parametri X e Y, utilizzati in caso di errate rilevazioni da parte del sensore;

- CENTRO BOILER: contiene il valore di temperatura rilevato al centro dell'accumulo, al solo scopo di monitorare se l'accumulo è in grado di sopportare eventuali massicci prelievi senza far crollare la temperatura dell'ACS desiderata, corrispondente alla sonda B1;
- CENTRO BOILER_PAR: contiene lo stesso valore rilevato dalla sonda B5.1 ma con l'integrazione di due parametri X e Y, utilizzati in caso di errate rilevazioni da parte del sensore.

			ARRIVO CT	ARRIVO CT_PAR	R 100	R 100_PAR	RICIRCOLO	RICIRCOLO_PAR	USCITA BOILER	USCITA BOILER_PAR	CENTRO BOILER	CENTRO BOILER_PAR	R 30
X	0	min	51,20	51,20	47,90	47,90	35,60	35,60	50,80	50,80	48,90	48,90	45,40
Y	1	MAX	77,50	77,50	66,50	66,50	54,30	54,30	57,10	57,10	57,40	57,40	58,60
ORE	MINUTI	SECONDI	ARRIVO CT	ARRIVO CT_PAR	R 100	R 100_PAR	RICIRCOLO	RICIRCOLO_PAR	USCITA BOILER	USCITA BOILER_PAR	CENTRO BOILER	CENTRO BOILER_PAR	R 30
0	0	0	73,6	73,6	51,6	51,6	44,8	44,8	55,8	55,8	52,1	52,1	46,6
1	0	0	62,4	62,4	62	62	53,9	53,9	55,2	55,2	49,6	49,6	52,5
2	0	0	76,5	76,5	65,5	65,5	52,5	52,5	55,6	55,6	52,1	52,1	57,9
3	0	0	74	74	64,5	64,5	53,1	53,1	56,7	56,7	53,7	53,7	54,8
4	0	0	58,7	58,7	62	62	53,8	53,8	56,9	56,9	54,7	54,7	54,3
5	0	0	68	68	62,5	62,5	53,9	53,9	53,7	53,7	51,8	51,8	54,1
6	0	0	75,9	75,9	62,2	62,2	52	52	55,7	55,7	55,4	55,4	55,6
7	0	0	68,7	68,7	56,8	56,8	50,4	50,4	54,1	54,1	53,8	53,8	47,7
8	0	0	56,9	56,9	59,8	59,8	54,1	54,1	56,9	56,9	56,9	56,9	49,7
9	0	0	72,8	72,8	50,3	50,3	51,9	51,9	54,5	54,5	54,5	54,5	47
11	0	0	72,2	72,2	56	56	50,8	50,8	54,3	54,3	54,3	54,3	47,4
12	0	0	62,3	62,3	51,5	51,5	48,3	48,3	53,8	53,8	51,6	51,6	46,2
13	0	0	69,5	69,5	49,4	49,4	43,1	43,1	53,1	53,1	52,7	52,7	46,3
14	0	0	70,5	70,5	51,7	51,7	49,2	49,2	51,6	51,6	51,5	51,5	46,4
15	0	0	63,2	63,2	54,1	54,1	48,3	48,3	56,8	56,8	57	57	47,2
16	0	0	68,9	68,9	61,2	61,2	53,6	53,6	56,5	56,5	56,7	56,7	50,4
17	0	0	72,7	72,7	59	59	52,7	52,7	56,4	56,4	56,7	56,7	49,7
18	0	0	70,8	70,8	51	51	50,4	50,4	55,8	55,8	56	56	47,7
19	0	0	68,1	68,1	57,1	57,1	52,1	52,1	52,3	52,3	52,4	52,4	47,6
20	0	0	67,4	67,4	53,9	53,9	49,1	49,1	56,4	56,4	56,6	56,6	47,6
21	0	0	67,1	67,1	48,8	48,8	36,6	36,6	54,3	54,3	54,4	54,4	46,1
22	0	0	72,3	72,3	51,4	51,4	51	51	56,5	56,5	56,8	56,8	46,4
23	0	0	75,2	75,2	56,6	56,6	51,1	51,1	53,3	53,3	53,7	53,7	50,8

Tabella 25 - Esempio di catalogazione dati acquisiti

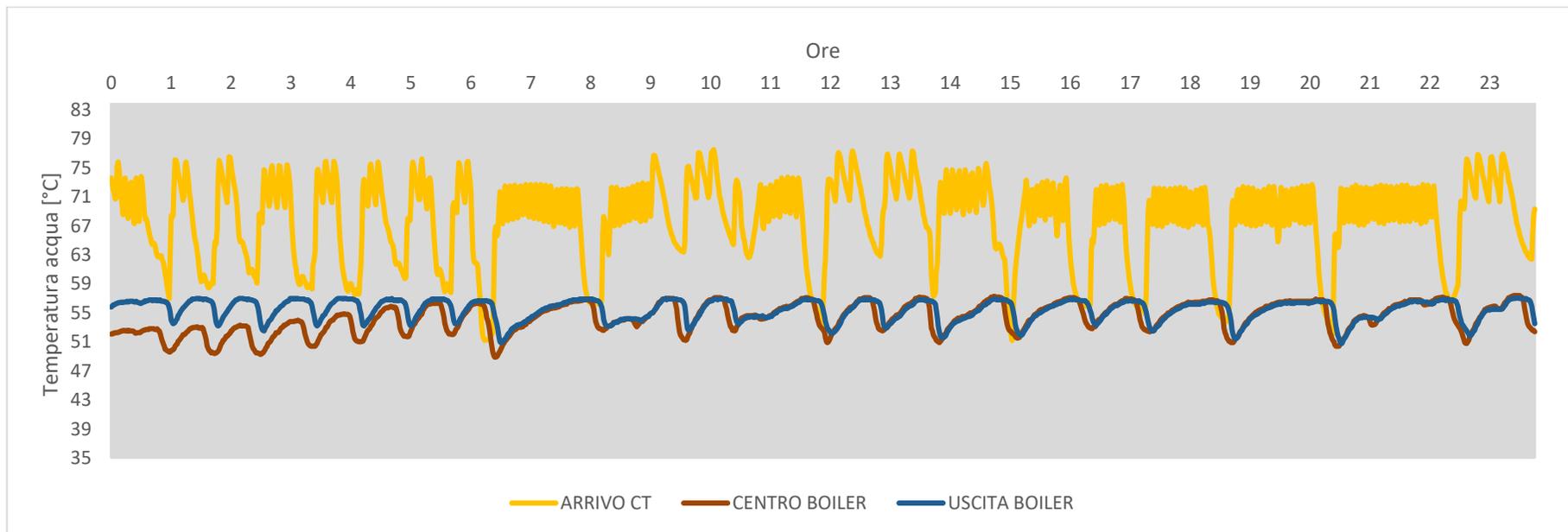
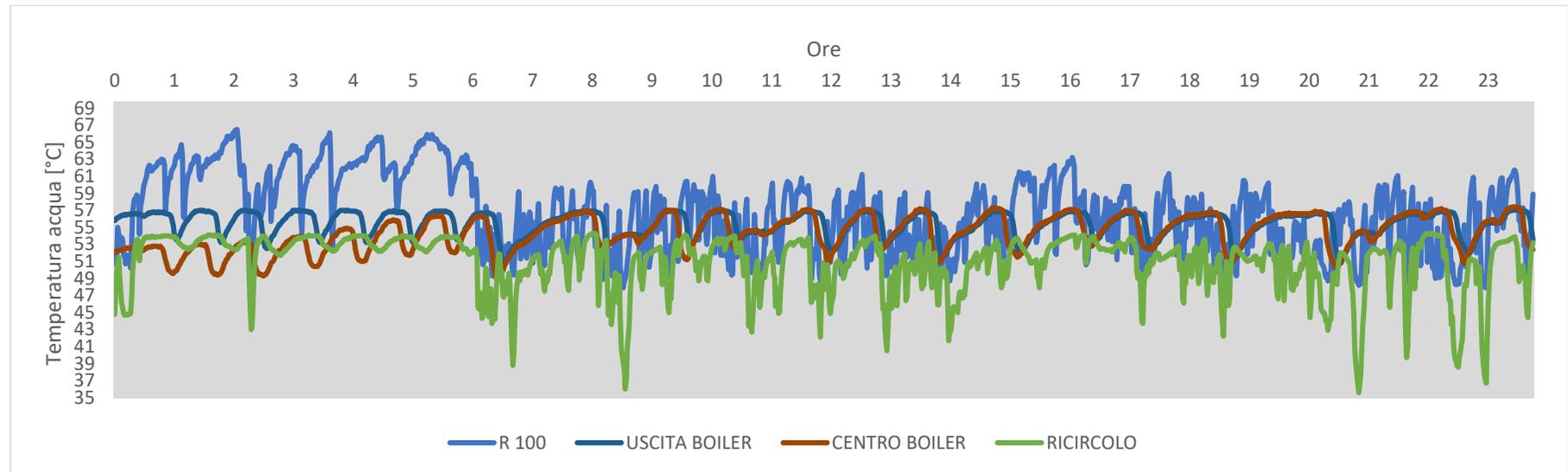


Grafico 9 - Andamento giornaliero tipo registrato da tutte le sonde

La tabella di cui sopra riassume esclusivamente la modalità con cui sono stati catalogati i dati. Anche se le acquisizioni sono state dell'ordine del minuto, nella tabella è riportata una sola acquisizione all'ora con lo scopo esplicativo.

I grafici, invece, riportano l'andamento della totalità dei valori acquisiti nell'arco di 24 ore.

Da una prima analisi visiva, si può notare la distinzione di due macro-situazioni nel caso della tabella contenente i valori di ricircolo e boiler.

Nelle ore comprese tra l'1:00 e le 6:00 l'andamento dei prelievi è pressoché nullo, ad eccezione di un unico caso intorno alle 2:30. Inoltre, in quelle ore di assenza di prelievo, si nota un trend quasi periodico di tutti i valori, i quali confermano una perdita di calore dell'impianto graduale per poi assistere ad un ritorno repentino ai valori impostati.

Dalle 6:00 alle 0:00 l'andamento è irregolare, con alcuni punti di massicci prelievi, rilevati dal crollo della curva di ricircolo.

Per quanto riguarda l'andamento dei valori della temperatura in arrivo dal generatore di calore, anche qui si distinguono due situazioni.

Come conseguenza dei mancati prelievi, le accensioni della caldaia, tra l'1:00 e le 6:00 sono di breve durata. Nelle ore diurne, fino alle 0:00, le accensioni sono prolungate e l'intervallo tra due accensioni consecutive è molto ridotto in quanto la caldaia risente sia dei prelievi sia dell'operatività dell'impianto di riscaldamento.

Dopo aver acquisito tutti i dati nel periodo sopraindicato, lo step successivo è stato quello dell'analisi dei dati considerando diversi aspetti:

- Analisi del profilo di consumo nei giorni feriali (lun-ven)
- Analisi del profilo di consumo nei giorni di festività natalizia
- Analisi del profilo di consumo confrontando un singolo giorno della settimana per tutte le settimane di acquisizione dati
- Analisi del profilo di consumo di uno stesso minuto per tutte le settimane di acquisizione dati

6.1 Profilo di consumo giornaliero

6.1.1 Profilo di consumo giorni feriali

Lo studio si è basato soprattutto sull'analisi dei dati ricavati dalla sonda di temperatura del ricircolo, in quanto risulta maggiormente sensibile ai prelievi dell'utenza.

Si è partito dal considerare i valori acquisiti dalla sonda minuto per minuto, considerando un singolo giorno per volta, per ogni settimana del periodo di rilevamento.

Sono stati confrontati i valori della sonda B6 tra due minuti successivi ed è stato registrato il decremento o l'aumento di temperatura se e solo se il ΔT era superiore ad un valore arbitrario fissato.

Nei risultati che verranno riportati di seguito, è stato fissato un ΔT di $0,5^{\circ}\text{C}$, valore minimo che rileva anche un piccolo prelievo.

Contemporaneamente all'elaborazione dei dati per la sonda di ricircolo, è stato registrato anche l'andamento di temperatura tra le sonde di USCITA BOILER e RICIRCOLO, rilevando la differenza di temperatura tra di loro, nello stesso minuto, per confermare un prelievo di ACS.

Il ΔT minimo considerato come prelievo è stato fissato ad un valore di 5°C . In caso di rilevazione di una differenza maggiore di 5°C , questo valore è stato riportato in una sezione specifica. In questo modo si è potuto anche rilevare la durata dei prelievi.

A scopo esplicativo viene riportato un report di dati dalle ore 7:00 alle 7:59 di un lunedì.

Dalla tabella sottostante è possibile notare la presenza di tre prelievi consistenti:

- tra le 7:11 e le 7:22
- tra le 7:38 e le 7:48
- tra le 7:57 e le 7:59

in cui si sono toccate differenze massime di temperatura tra uscita boiler e ricircolo di circa 14°C ($13,9$ alle 7:14).

Attraverso la sonda di ricircolo è anche possibile acquisire il tempo di risposta dell'impianto rispetto al prelievo, quantificando i minuti che occorrono per ritornare ad un ΔT minore di $0,5^{\circ}\text{C}$.

Si può anche notare la sensibilità dell'impianto rispetto ai prelievi. È raro riscontrare, sulla sonda di USCITA BOILER, un decremento o un aumento di temperatura dell'ACS maggiore di $0,5^{\circ}\text{C}$. In questo modo si dimostra che l'impianto invia all'utenza l'acqua calda sanitaria sempre alla stessa temperatura, non risentendo dei prelievi.

Eventuali scostamenti maggiori del ΔT fissato sono imputabili a massicci prelievi.

In tabella si nota un decremento della temperatura di ACS in uscita dal boiler soltanto per tre minuti consecutivi, per un ΔT massimo di $0,8^{\circ}\text{C}$, tra le 7:12 e le 7:14, corrispondenti al prelievo più alto registrato in quell'ora.

		RICIRCOLO_PAR	USCITA BOILER_PAR	RICIRCOLO		USCITA BOILER		
X	0	36,40	51,10					
Y	1	54,60	56,70					
ORE	MINUTI	RICIRCOLO_PAR	USCITA BOILER_PAR	DECREMENTI	AUMENTI	DECREMENTI	AUMENTI	ΔT ricircolo e UB
7	0	52,7	56,1					
7	1	53,1	56,1					
7	2	52,8	56,1					
7	3	53,1	56,1	1				
7	4	51,9	56					
7	5	52,3	56,1					
7	6	52,8	56					
7	7	53,3	56	1				
7	8	51,9	55,9	1				
7	9	51,1	55,9					
7	10	50,9	55,8	1				
7	11	45,3	55,5	1				10,2
7	12	42,1	55	1		1		12,9
7	13	40,5	54,2	1		1		13,7
7	14	39,5	53,4	1		1		13,9
7	15	38,9	52,7					13,8
7	16	38,7	52,3					13,6
7	17	38,6	52,2					13,6
7	18	38,8	52,1		1			13,3
7	19	40,9	52,1		1			11,2
7	20	43,8	52		1			8,2
7	21	45,4	52,1		1			6,7
7	22	47	52,1		1			5,1

7	23	48,9	52,1		1		
7	24	49,9	52,1				
7	25	49,9	52,1				
7	26	50,4	52,2				
7	27	50,3	52,1				
7	28	50,2	52,1				
7	29	50,1	52,2				
7	30	50,3	52,3				
7	31	50,6	52,3				
7	32	50,8	52,7				
7	33	50,8	52,7				
7	34	50,9	52,8				
7	35	50,9	53				
7	36	50,8	53				
7	37	50,4	53,2	1			
7	38	48,1	53,3	1			5,2
7	39	45	53,5	1			8,5
7	40	43,1	53,6	1			10,5
7	41	41,8	53,7	1			11,9
7	42	41,1	53,9		1		12,8
7	43	43,5	53,9		1		10,4
7	44	46,7	54		1		7,3
7	45	48,7	54,1				5,4
7	46	48,8	54,1				5,3
7	47	48,8	54,1	1			5,3
7	48	47,8	54,1		1		6,3
7	49	49,7	54,2		1		
7	50	50,7	54,2		1		

7	51	51,3	54,2					
7	52	51,8	54,2					
7	53	52,1	54,2					
7	54	51,9	54,3					
7	55	52	54,2	1				
7	56	50,9	54,3	1				
7	57	45	54,3	1				9,3
7	58	41,7	54,5		1			12,8
7	59	45	54,5		1			9,5

Tabella 26 - Lettura prelievi lunedì

Su una giornata tipo, come il lunedì preso in considerazione, sono stati inoltre quantificati il numero di aumenti e decrementi di temperatura di tutte le sonde rispetto al ΔT fissato di 0,5°C.

Si può notare il corretto funzionamento del termostato del boiler in quanto non si registrano aumenti di temperatura rispetto al valore impostato, che oscilla tra un minimo di 51,1 °C e un massimo di 56,7°C

Allo stesso tempo non si segnalano variazioni anomale sulla sonda CENTRO BOILER, a giustificazione del corretto isolamento degli accumuli. Si registra un valore minimo di centro boiler pari a 50°C e un valore massimo pari a 56,2°C, in linea con la variazione in uscita boiler dovuta esclusivamente ai prelievi.

DECREMENTI							
0	3	6	9	12	15	18	21
3	6	9	12	15	18	21	24

ARRIVO CT	61	93	92	78	73	79	94	81
R100	22	17	63	48	61	53	55	50
RICIRCOLO	5	2	41	33	43	23	36	36
USCITA BOILER	11	12	4	8	10	5	5	9
CENTRO BOILER	11	10	1	9	10	2	3	9
R 30	23	19	26	27	27	29	25	28

AUMENTI							
0	3	6	9	12	15	18	21
3	6	9	12	15	18	21	24

ARRIVO CT	21	31	56	34	27	52	45	40
R100	49	42	63	71	83	80	80	81
RICIRCOLO	6	0	47	49	60	20	47	42
USCITA BOILER	0	0	0	0	0	0	0	0
CENTRO BOILER	0	0	0	0	0	0	0	0
R 30	17	15	13	22	24	30	23	27

Tabella 27 - Conteggio aumenti e decrementi registrati su base giornaliera

Successivamente all'analisi di un singolo giorno, si è proceduto al confronto di questo con lo stesso giorno settimanale di tutte le settimane che rientrano nel periodo di analisi.

In seguito, si è fatto il confronto con tutti i lunedì che rientrano nel periodo di rilevamento e così per i restanti giorni della settimana, prendendo come valori di partenza il ΔT tra la sonda B6 (ricircolo) e la sonda B2 (uscita boiler).

A titolo esplicativo si continuano a mostrare i valori di una sola ora, ancora le 7 del mattino.

ORE	MINUTI	16/11/2020	23/11/2020	30/11/2020	07/12/2020	14/12/2020	21/12/2020	28/12/2020	04/01/2021	11/01/2021
7	0			15,2	0	7,9				
7	1			15,5	0	9,4				
7	2			14,6	0	10				
7	3			14,4	0	8,5				
7	4			15,1	0	6,5				
7	5			12,2	0	12,9				
7	6			8,9	0	13		6,6		
7	7			9,1	0	12,9		6,9		
7	8			8,8	0	9,3		5,5		
7	9			5,4	0	11,5				
7	10				0	15,8				
7	11		10,2		0	19,2				5,2
7	12		12,9		0	21,2			8,8	6,4
7	13	5,6	13,7	5,8	0	23,7			13,8	6
7	14	5,1	13,9		0	24,3			14,4	5,8
7	15	5,5	13,8		0	22,7			11,3	6,5
7	16	7,0	13,6		0	15			7,8	5,1
7	17	8,0	13,6		0	10,4			5,7	
7	18	6,3	13,3		0	9,8				5,3
7	19	7,1	11,2		0	7,2				5,3
7	20	7,0	8,2		0	6,3				
7	21	5,8	6,7	6,1	0					
7	22	6,2	5,1	10,5	0					10,4
7	23	5,0		13,4	0					14,6
7	24			15	0				7,8	17,6
7	25			16	0				12,7	16,6
7	26			16,7	0				9,5	11,4
7	27			14,5	0				6,6	8
7	28			9,7	0				5,1	6,1
7	29			6,9	0					7,5
7	30			7,3	0					9,1
7	31			5,4	0					8,8
7	32				0					8,9
7	33				0					10,1
7	34				0					7,8
7	35				0					5,8
7	36				0					
7	37	5,4			0			6,2		
7	38		5,2		0			8,8		

7	39	6,6	8,5		0			10,6		5,5
7	40	8,3	10,5		0			8,8		6
7	41	8,9	11,9		0	5,2		6,3		
7	42	6,8	12,8		0	7,7				
7	43	5,3	10,4		0	9,3	5,6			
7	44		7,3		0	10,6	5,2			
7	45		5,4		0	11,7				
7	46		5,3		0	12,7				
7	47		5,3		0	9,4				
7	48		6,3		0	7,7				
7	49				0	5,7				
7	50				0					
7	51	5,0			0	5,7				
7	52	8,0			0	5,5	5,9			
7	53	5,9			0	5,7	10,2			
7	54	6,8			0	5,5	7,8			5,3
7	55	5,7			0	9,3	9,9			
7	56			5,7	0	11,3	12,3			
7	57		9,3		0	12,5	9,9			
7	58		12,8		0	8,8	6,9		7	
7	59		9,5		0	6,9	6,7		6	5,1

Tabella 28 - Confronto ore 7:00 di tutti i lunedì

Con la tabella di cui sopra, si rilevano tutti i prelievi eseguiti in quel giorno e a quell'ora ben precisa di tutte le settimane in analisi. Inoltre, si registra anche una periodicità nei prelievi tra le settimane. Si può notare come tra le 7:10 e le 7:20 e tra le 7:50 e le 7:59 ci sia una tendenza al prelievo di ACS da parte dell'utenza.

Un particolare che salta all'occhio è la colonna del 7/12/2020 che presenta valori pari a zero. Nel periodo tra il 3 dicembre e il 12 dicembre 2020 le sonde di USCITA BOILER e CENTRO BOILER hanno registrato valori anomali a causa di un problema di collegamento tra le sonde e la centralina di acquisizione valori. Si è deciso di non includere nell'analisi quei giorni di rilevamento, nemmeno applicando i parametri X e Y, al fine di dimostrare la bontà dell'analisi condotta.

Nel grafico sottostante è riportata percentuale delle tipologie di prelievo, in dipendenza dal ΔT tra le sonde B6 e B2.

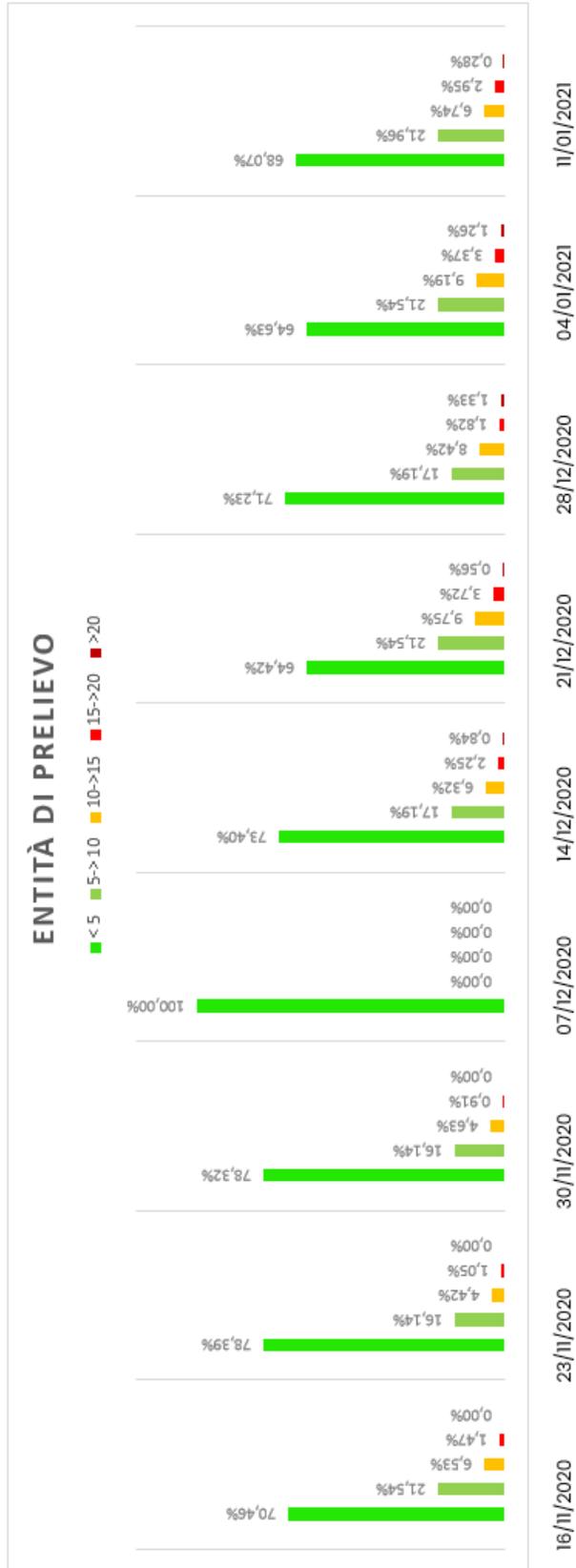


Grafico 10 - Percentuale entità di prelievo di tutti i lunedì

6.1.2 Profilo di consumo giorni festivi

La stessa procedura di analisi è stata fatta anche per i giorni festivi; quindi, sono stati elaborati i dati acquisiti nei sabati e nelle domeniche. Un occhio di riguardo è stato rivolto anche ai dati relativi ai giorni prettamente festivi del Natale.

La tabella a pagina seguente riassume l'andamento del consumo di ACS nei giorni prettamente festivi del Natale, in particolare:

- 24 dicembre 2020
- 25 dicembre 2020
- 26 dicembre 2020
- 31 dicembre 2020
- 01 gennaio 2021
- 05 gennaio 2021
- 06 gennaio 2021

Si può notare il prelievo di considerevoli quantitativi di acqua calda sanitaria nella notte di San Silvestro e nella notte a cavallo tra il 5 e il 6 gennaio. Inoltre, si è registrata una traslazione generale dei prelievi dalle 6 del mattino nei giorni feriali alle 8 del mattino nei giorni festivi elencati. Questo risultato conferma la presenza in casa degli utenti ad un orario diverso, in quanto non si tratta di un giorno lavorativo.

ORE	MINUTI	24/12/2020	25/12/2020	26/12/2020	31/12/2020	01/01/2021	05/01/2021	06/01/2021
0	0							
0	1							
0	2							
0	3							
0	4							5
0	5							7,4
0	6						7,6	6
0	7						12,1	
0	8						13,2	
0	9			5			9	
0	10						6,3	
0	11							
0	12							
0	13							
0	14							
0	15							
0	16							
0	17			5,6				
0	18			8,4				
0	19			10,9				
0	20			12,6				
0	21		5,6	11,1				5,7
0	22		6,5	10,8				9,1
0	23		7,9	12,8				9,6
0	24		7,9	13,3				7,3
0	25		5,9	13,6				5,6

0	26			14,5				10,8
0	27			11				15,5
0	28			7,5		7		18,1
0	29			5,2		7,5		19,8
0	30					6,8		20,8
0	31					6,2		21,8
0	32					7,2		22,2
0	33					5,9		22,1
0	34							15
0	35							10
0	36							6,8
0	37							5,1
0	38							
0	39							
0	40							
0	41							
0	42							
0	43						5,2	
0	44							
0	45							
0	46							
0	47							
0	48							
0	49							
0	50							
0	51							
0	52	6						
0	53	7,1						
0	54	5,9						
0	55	6						
0	56	5,1						
0	57							
0	59							
1	0							
1	1				5,5			
1	2							
1	3							
1	4							
1	5							
1	6							
1	7							
1	8							
1	9							
1	10							
1	11							
1	12							
1	13							
1	14							
1	15							
1	16							
1	17							
1	18		5,1					
1	19							
1	20							
1	21							
1	22							
1	24							
1	25							
1	26							
1	27							
1	28							

1	29						
1	30						
1	31						
1	32						
1	33				6,9		
1	34				5,7		
1	35						
1	36						
1	37						
1	38						
1	39						
1	40						
1	41						
1	42						
1	43						
1	44						
1	45						
1	46						
1	48	5,2					
1	49	6,9					
1	50	7,6					
1	51	6,3					
1	52	9					
1	53	11,2					
1	54	11,9					
1	55	12,2					
1	56	12,5					
1	57	9,7					
1	58	7					
1	59	5,2					
2	0						
2	1						
2	3						
2	5						
2	6						
2	7						
2	8						
2	9						
2	10						
2	11						
2	12				5,2		
2	13				8,4		
2	14				10,5		
2	15				11,4		
2	16				12,3		
2	17				12,8		
2	18				13,2		
2	19				13,4		
2	20				13,1		
2	21				13,1		
2	22				13,8		
2	23				13,7	5,8	
2	24				13,1	11,9	
2	25				9,4	12,6	
2	26				6,7	8,8	
2	27				7	6,6	
2	28				7,2	5,4	
2	29				5,7		
2	30						
2	31						
2	32						

2	33							
2	34							
2	35							
2	36	5,6						
2	37	6,8						
2	38	5,7						
2	39							
2	40					7		
2	41					10,4		
2	42					12,7	6,7	
2	43					14,4	8	
2	44					13,4	8,3	
2	45					9,4	5,2	
2	46					6,6		
2	47					5		
2	48							
2	49							
2	50							
2	51							
2	52							
2	53							
2	54							
2	55							
2	56							
2	57							
2	58							
2	59							
3	0							
3	1							
3	2							
3	3							
3	4							
3	5							
3	6							
3	7							
3	8							
3	9							
3	10							
3	11							
3	12							
3	13							
3	14							
3	15							
3	16							
3	17							
3	18							
3	19							
3	20							
3	21							
3	22							
3	23							
3	24							
3	25				5,7			
3	26				8,5			
3	27				9,9			
3	28				8			
3	29				5,8			
3	30							
3	31					5,2		
3	32					10,2		
3	33					10,8		

3	34				9,2		
3	35				6,8		
3	36				5,2		
3	37						
3	38				5,4		
3	39				6,3		
3	40				7,6		
3	41				7		
3	42				8,7		
3	43				7		
3	44				5		
3	45						
3	46						
3	47						
3	48						
3	49						
3	50						
3	51						
3	52						
3	53						
3	54						
3	55						
3	56						
3	57						
3	58						
3	59						
4	0						
4	1						
4	2						
4	3						
4	4						
4	5						
4	6						
4	7						
4	8						
4	9						
4	10						
4	11						
4	12						
4	13						
4	14						
4	15						
4	16						
4	17						
4	18						
4	19						
4	20				7,7		
4	21				10,4		
4	22				8,1		
4	23				6,2		
4	24				5		
4	25						
4	26						
4	27						
4	28						
4	29						
4	30						
4	31						
4	32						
4	33						
4	34						

4	35							
4	36							
4	37							
4	38							
4	39							
4	40							
4	41							
4	42							
4	43							
4	44							
4	45							
4	46							
4	47							
4	48							
4	49							
4	50							
4	51							
4	52							
4	53							
4	54							
4	55							
4	56							
4	57							
4	58							
4	59							
5	0							
5	1							
5	2							
5	3							
5	4							
5	5							
5	6							
5	7							
5	8							
5	9							6,6
5	10							6,6
5	11							10,5
5	12							13,8
5	13							15,6
5	14							11,4
5	15							8,1
5	16							6,2
5	17							5
5	18							
5	19							
5	20							
5	21							
5	22							
5	23							
5	24							
5	25							
5	26							
5	27							
5	28							
5	29							
5	30							
5	31							
5	32							7,1
5	33							9,4
5	34							9,7
5	35							7,7

5	36							5,9
5	37							
5	38							
5	39							
5	40							
5	41							
5	42							
5	43							
5	44							
5	45							
5	46							
5	47							
5	48							
5	49							
5	50							
5	51							5,7
5	52							
5	53							
5	54							
5	55							
5	56							
5	57							
5	58							
5	59							
6	0							
6	1							
6	2							
6	3							
6	4							
6	5							
6	6							
6	7							
6	8							
6	9							
6	10							
6	11							
6	12							
6	13							
6	14							
6	15							
6	16					7,4		
6	17					7		
6	18					7,6		
6	19					8,1		
6	20					6,3		
6	21					5,1		
6	22							
6	23							
6	24					5,2		
6	25					5,5		
6	26					8,5		
6	27					9,3		
6	28					6,9		
6	29					5,3		
6	30							
6	31							
6	32							
6	33							
6	34							
6	35							
6	36							

6	37							
6	38							
6	39							
6	40							
6	41							
6	42							
6	43							
6	44							
6	45							
6	46							
6	47							
6	48							
6	49							
6	50							
6	51							
6	52							
6	53							
6	54							
6	55							
6	56							
6	57							
6	58							
6	59							
7	0							
7	1	5,3						
7	2	9,1						
7	3	11,5						
7	4	12,8						
7	5	9,5		5,5				
7	6	6,9						
7	7	5,2						
7	8	5,6						
7	9							
7	10							
7	11							
7	12							8,8
7	13							13,8
7	14							14,4
7	15							11,3
7	16							7,8
7	17							5,7
7	18							
7	19							
7	20							
7	21							
7	22							
7	23							
7	24							7,8
7	25							12,7
7	26							9,5
7	27					9,3		6,6
7	28					7,6		5,1
7	29					6,4		
7	30					6,1		
7	31					5,1		
7	32							
7	33					9,7		
7	34					9,7		
7	35					6,9		
7	36					5,2		
7	37							

7	38						5,2	
7	39						10,3	
7	40						9,8	
7	41						6,8	
7	42						5,1	
7	43							
7	44							
7	45							
7	46							
7	47							
7	48							
7	49							
7	50							
7	51							
7	52							
7	53							
7	54							
7	55							
7	56							
7	57							
7	58							7
7	59				5,9		6,8	6
8	0				10,5		11,6	
8	1				14,4		10,2	5,7
8	2				16,6		7,1	7,9
8	3				18		5,4	11,1
8	4				18,4			13,8
8	5				12,8		6	15,6
8	6				8,9			16,5
8	7	6,1			9,9		5,2	15,9
8	8	10,5			14,4			11,3
8	9	13,6			16,8		5,4	7,8
8	10	15,3			18,6			5,7
8	11	11,1			19,9			
8	12	7,8		6,6	14,8			
8	13	6,5		10,1	9,7			
8	14	10,7		11,6	9,9			
8	15	9,6		12,8	10,2			
8	16	7,9		13,4	10			
8	17	5,9		8,9	8,4	6,6		
8	18			5,6	6	9,7		
8	19	5	7,9			11,3		
8	20	10,1	11,4			9,8		
8	21	7,6	13,6			7,1		
8	22	5,4	14,9			5,2		
8	23		15,4					
8	24		15,4			7,3		
8	25		14,3			7,1		
8	26		10,9			11		
8	27		9,4			11,6		
8	28		9,2			12,5		
8	29		9,3			14,8		
8	30		6,7			16,1		
8	31					11,5	6,1	
8	32					6,7		
8	33			7,8		7		6,4
8	34			7,7		8,5		5,3
8	35			6,1		5,3		
8	36			6,7				7
8	37	5,6		6,1			8,5	10
8	38	8,6		8			12	8,6

8	39	9,7		7,9			16,5	8,8
8	40	10,3		8,4			13,3	6,6
8	41	14,6		7,2			10,9	5,8
8	42	17,2		5,7			8,5	13
8	43	15,2		7,6			12,7	12,1
8	44	15		9,4			13,9	8,3
8	45	13,1	7,8	7,7			11,6	6
8	46	10	9	5,6			12,3	
8	47	9,9	6,5	6,5			9,3	
8	48	11,8	5	12,2			6,5	
8	49	15,2		12,6			9,3	
8	50	15,5	6,5	12,2			7,6	5,9
8	51	12,3	5,3	11,5			7,2	11,1
8	52	8,8		10,7			5,9	15,9
8	53	9,5		8,5			5,1	15,7
8	54	10		6,4				10,4
8	55	7,3						5,3
8	56	6,1	10,4					
8	57		9	5,4				
8	58		7,5	5,8			6,8	
8	59		8,4	5,2			6,4	

Tabella 29 - Monitoraggio prelievi da ore 0:00 a ore 8:59 dei giorni festivi

Oltre a questo dato relativo alle prime ore del giorno, è stato anche riscontrato un prelievo sostanzioso durante le ore del mattino, in particolare tra le 8 e le 14, in relazione alla preparazione dei pranzi delle festività, mentre non si registrano prelievi considerevoli nelle ore del pomeriggio fatta eccezione del giorno della Vigilia di Natale, in particolare alle 18, in cui si sono registrati Δ di temperatura tra uscita boiler e ricircolo prossimi ai 25°C.

Si riportano in tabella il numero di prelievi registrati e le relative entità, per tutti i giorni festivi.

	24/12/2020	25/12/2020	26/12/2020	31/12/2020	01/01/2021	05/01/2021	06/01/2021
< 5	912	1015	1067	942	1070	1057	921
5-> 10	314	295	222	299	263	242	307
10->15	142	94	105	142	64	92	131
15->20	48	20	22	34	27	33	48
>20	9	1	9	8	1	1	18
TOT	513	410	358	483	355	368	504
TOT DAY	1425	1425	1425	1425	1425	1425	1425

	24/12/2020	25/12/2020	26/12/2020	31/12/2020	01/01/2021	05/01/2021	06/01/2021
< 5	64,00%	71,23%	74,88%	66,11%	75,09%	74,18%	64,63%
5-> 10	22,04%	20,70%	15,58%	20,98%	18,46%	16,98%	21,54%
10->15	9,96%	6,60%	7,37%	9,96%	4,49%	6,46%	9,19%
15->20	3,37%	1,40%	1,54%	2,39%	1,89%	2,32%	3,37%
>20	0,63%	0,07%	0,63%	0,56%	0,07%	0,07%	1,26%

Tabella 30 - Numero prelievi registrati in base alla differenza di temperatura nei giorni festivi

24/12/2020												
	0 > 2	2 > 4	4 > 6	6 > 8	8 > 10	10 > 12	12 > 14	14 > 16	16 > 18	18 > 20	20 > 22	22 > 24
< 5	103	117	120	112	47	44	47	59	91	41	67	79
5-> 10	13	3	0	6	35	36	49	50	26	35	38	23
10->15	4	0	0	2	27	33	18	11	3	28	7	9
15->20	0	0	0	0	11	7	6	0	0	10	5	9
>20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	3	0
TOT VAR	17	3	0	8	73	76	73	61	29	79	53	41

Tabella 31 - Numero prelievi 24 dicembre 2020

25/12/2020												
	0 > 2	2 > 4	4 > 6	6 > 8	8 > 10	10 > 12	12 > 14	14 > 16	16 > 18	18 > 20	20 > 22	22 > 24
< 5	114	120	120	120	58	26	56	65	98	82	81	90
5-> 10	6	0	0	0	42	63	38	48	22	26	31	19
10->15	0	0	0	0	11	26	20	7	0	12	7	11
15->20	0	0	0	0	9	4	6	0	0	0	1	0
>20	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
TOT VAR	6	0	0	0	62	94	64	55	22	38	39	30

Tabella 32 - Numero prelievi 25 dicembre 2020

26/12/2020												
	0 > 2	2 > 4	4 > 6	6 > 8	8 > 10	10 > 12	12 > 14	14 > 16	16 > 18	18 > 20	20 > 22	22 > 24
< 5	106	120	120	120	38	54	73	101	89	86	74	94
5-> 10	5	0	0	0	39	51	42	6	18	15	32	14
10->15	9	0	0	0	29	12	5	3	10	19	10	9
15->20	0	0	0	0	8	3	0	7	3	0	4	3
>20	0	0	0	0	6	0	0	3	0	0	0	0
TOT VAR	14	0	0	0	82	66	47	19	31	34	46	26

Tabella 33 - Numero prelievi 26 dicembre 2020

31/12/2020												
	0 > 2	2 > 4	4 > 6	6 > 8	8 > 10	10 > 12	12 > 14	14 > 16	16 > 18	18 > 20	20 > 22	22 > 24
< 5	117	97	120	106	69	34	40	66	75	46	69	118
5-> 10	3	12	0	14	29	52	47	38	43	45	15	1
10->15	0	11	0	0	12	28	29	16	2	21	22	1
15->20	0	0	0	0	9	4	4	0	0	5	12	0
>20	0	0	0	0	1	2	0	0	0	3	2	0
TOT VAR	3	23	0	14	51	86	80	54	45	74	51	2

Tabella 34 - Numero prelievi 31 dicembre 2020

01/01/2021												
	0 > 2	2 > 4	4 > 6	6 > 8	8 > 10	10 > 12	12 > 14	14 > 16	16 > 18	18 > 20	20 > 22	22 > 24
< 5	114	101	115	120	83	37	62	74	90	103	74	112
5-> 10	6	15	4	0	25	47	44	39	28	17	30	8
10->15	0	4	1	0	11	17	12	4	2	0	13	0
15->20	0	0	0	0	1	18	2	3	0	0	3	0
>20	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
TOT VAR	6	19	5	0	37	83	58	46	30	17	46	8

Tabella 35 - Numero prelievi 01 gennaio 2021

05/01/2021												
	0 > 2	2 > 4	4 > 6	6 > 8	8 > 10	10 > 12	12 > 14	14 > 16	16 > 18	18 > 20	20 > 22	22 > 24
< 5	114	112	120	105	50	77	73	94	80	79	72	96
5-> 10	4	4	0	14	47	31	32	25	18	15	35	17
10->15	2	4	0	1	19	10	11	1	13	15	9	7
15->20	0	0	0	0	3	2	4	0	9	11	4	0
>20	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
TOT VAR	6	8	0	15	70	43	47	26	40	41	48	24

Tabella 36 - Numero prelievi 05 gennaio 2021

06/01/2021												
	0 > 2	2 > 4	4 > 6	6 > 8	8 > 10	10 > 12	12 > 14	14 > 16	16 > 18	18 > 20	20 > 22	22 > 24
< 5	100	116	105	107	44	51	26	86	101	65	62	73
5-> 10	10	4	11	9	45	62	55	12	9	38	34	18
10->15	2	0	3	4	18	6	35	14	4	8	15	22
15->20	4	0	1	0	12	1	4	5	6	9	3	3
>20	4	0	0	0	1	0	0	3	0	0	6	4
TOT VAR	20	4	15	13	76	69	94	34	19	55	58	47

Tabella 37 - Numero prelievi 06 gennaio 2021

7 Analisi economica dell'intervento migliorativo

Considerando tutti gli interventi di miglioramento proposti, si riporta una tabella riassuntiva dei costi risultanti dai calcoli che il software ha eseguito al termine di ogni inserimento della miglioria.

Intervento	Costo ipotizzato [€]
Coibentazione solaio confinante verso ambiente non climatizzato	26863,11
Coibentazione pavimento	20328,84
Installazione pannelli solari per la produzione di acqua calda sanitaria	60000,00
Sostituzione del generatore di calore ad uso combinato mediante installazione pompa di calore ad alta efficienza	200000,00
Installazione pannelli solari fotovoltaici	150000,00
COSTO TOTALE INTERVENTI MIGLIORATIVI	457191,95

Tabella 38 - Costi ipotizzati interventi migliorativi

Il costo ipotizzato sopra deve essere verificato se minore del massimale imposto per quel tipo di intervento.

Come già anticipato al §2, gli interventi legati al superbonus 110% sono di due tipi, quelli trainanti e quelli trainati.

Per queste due categorie di intervento, il decreto-legge impone dei valori massimi di spesa, che dipendono dal tipo di immobile e dal numero di immobili presenti in una struttura, in dipendenza, quindi del numero dei beneficiari.

Come riportato nella sezione dedicata al superbonus 110%, sul sito dell'Agenzia delle Entrate, gli interventi agevolabili trainanti devono rispettare alcuni requisiti.

Per quanto riguarda l'isolamento termico delle superfici opache un requisito da rispettare sta nella copertura minima del 25% della superficie disperdente lorda.

Nel caso in esame, la superficie disperdente lorda è pari a 8712,39 m². La superficie soggetta a isolamento è pari a:

Coibentazione solaio verso ambiente non climatizzato	1452,06 m ²
Coibentazione pavimento verso il porticato	1452,06 m ²
TOTALE SUPERFICIE ISOLATA	2904,12 m²

Tabella 39 - Superficie interessata dall'isolamento termico

Calcolando il 25% della superficie lorda si ottiene un risultato pari a 2178,09 m². Confrontando i due valori, si può affermare che il requisito minimo per intervenire sull'isolamento è verificato con esito positivo.

Un ulteriore vincolo sta nella soglia massima di spesa per l'intervento di isolamento.

Come specificato dall'Agenzia delle entrate, il Superbonus è calcolato su un ammontare complessivo delle spese non superiore a:

- 50000 € per gli edifici unifamiliari o per unità immobiliari funzionalmente indipendenti site all'interno di edifici plurifamiliari
- 40000 € moltiplicato per il numero delle unità immobiliari che compongono l'edificio, se lo stesso è composto da due a 8 unità immobiliari
- 30000 € moltiplicato per il numero delle unità immobiliari che compongono l'edificio se lo stesso è composto da più di 8 unità immobiliari.

Si riporta anche un calcolo esemplificativo:

Nel caso di 15 unità immobiliari il limite di spesa ammissibile alla detrazione è:

$$(40000 \times 8) + (30000 \times 7) = 530000 \text{ €}$$

Nel caso del condominio Santa Maria Regina, sono presenti cento unità immobiliari raggruppate in tre edifici.

Si ottiene una soglia massima pari a:

$$(40000 \times 8) + (30000 \times 92) = 3080000 \text{ €}$$

Considerando la somma degli interventi sull'isolamento si ottiene una somma pari a 47191,95 €, ben al di sotto della soglia massima.

Anche nel caso della sostituzione del generatore di calore mediante un sistema a pompa di calore ad alta efficienza, la norma impone alcuni limiti e requisiti.

La detrazione che spetta per le spese relative allo smaltimento della bonifica e dell'impianto sostituito non deve superare la soglia pari a:

- 20000 € moltiplicato per il numero delle unità immobiliari che compongono l'edificio, per gli edifici composti fino a 8 unità immobiliari
- 15000 € moltiplicato per il numero delle unità immobiliari che compongono l'edificio, per gli edifici composti da più di 8 unità immobiliari

In questo caso si ottiene un valore massimo pari a:

$$(20000 \times 8) + (15000 \times 92) = 1540000 \text{ €}$$

Confrontando il valore ottenuto con quello ipotizzato per l'installazione delle unità ibride, anche in questo caso il requisito è verificato con esito positivo.

Anche gli interventi trainati, quale ad esempio l'installazione di impianti fotovoltaici, la detrazione è calcolata su un ammontare complessivo delle spese non superiore a 48000 € per ogni singola unità immobiliare e comunque nel limite di spesa di 2400 € per ogni kW di potenza nominale dell'impianto.

Nel caso specifico si è ipotizzato installare un impianto fotovoltaico con potenza nominale di picco pari a 64 kW. Prevedendo un costo totale di realizzazione pari a 150000 € si ha un costo al kW pari a:

$$150000 : 64 = 2343,75 \text{ €/kW}$$

Si verifica correttamente il rientro nel limite di spesa di 2400 €/kW.

Dai calcoli mostrati sopra, tutti gli interventi migliorativi rispettano i requisiti per usufruire delle detrazioni ottenibili dal decreto-legge.

7.1 Analisi dei consumi di combustibile

Nelle tabelle sotto sono riportate le firme energetiche, rispettivamente la reale e la calcolata in cui:

- g: giorni effettivi
- g_{risc} = giorni di riscaldamento
- θ_e = temperatura esterna media
- GG: gradi-giorno
- CoH: consumo per riscaldamento
- QH_{del} : Energia consegnata per riscaldamento
- ΦH_{del} : Potenza sulle 24h consegnata per riscaldamento

Per firma energetica si intende *"l'analisi della relazione che intercorre fra la temperatura esterna e la potenza media assorbita da un edificio."*

La firma energetica di un edificio si costruisce con letture ad intervalli regolari dei consumi di combustibile.

Mese	g	g _{risc}	θ_e [°C]	GG [°Cg]	CoH [Nm ³]	QH _{del} [kWh]	ΦH_{del} [kW]
10/2019	17	17	10,6	160	4704	46755	114,59
11/2019	30	30	6,5	405	13771	136884	190,12
12/2019	31	31	2,3	549	17519	174137	234,06
01/2020	31	31	0,9	592	19509	193921	260,65
02/2020	29	29	2,8	499	13901	138178	198,53
03/2020	31	31	8,0	372	12613	125369	168,51
04/2020	30	15	10,8	126	5384	53515	148,65
	199	184		2703	87400	868758	
10/2020	17	17	10,6	160	7369	73247	179,53
11/2020	30	30	6,5	405	13035	129566	179,95
12/2020	31	31	2,3	549	19507	193897	260,61
01/2021	31	31	0,9	592	23132	229936	309,05
02/2021	28	28	2,8	482	15241	151493	225,44
03/2021	31	31	8,0	372	13393	133122	178,93
04/2021	30	15	10,8	126	8087	80380	223,28
	198	183		2686	99763	991641	

Tabella 40 - Tabulazione dati acquisiti per firma energetica reale

Mese	g	g _{risc}	θ_e [°C]	GG [°Cg]	CoH [Nm ³]	QH _{del} [kWh]	ΦH_{del} [kW]
Ottobre	31	17	10,6	160	4054	38200	93,63
Novembre	30	30	6,5	405	13746	129523	179,89
Dicembre	31	31	2,3	549	20207	190404	255,92
Gennaio	31	31	0,9	592	21973	207048	278,29
Febbraio	29	29	2,8	499	16807	158367	235,67
Marzo	31	31	8,0	372	10407	98063	131,81
Aprile	30	15	10,8	138	2849	26849	74,58
	213	184		2715	90043	848455	

Tabella 41 - Tabulazione dati acquisiti per firma energetica calcolata

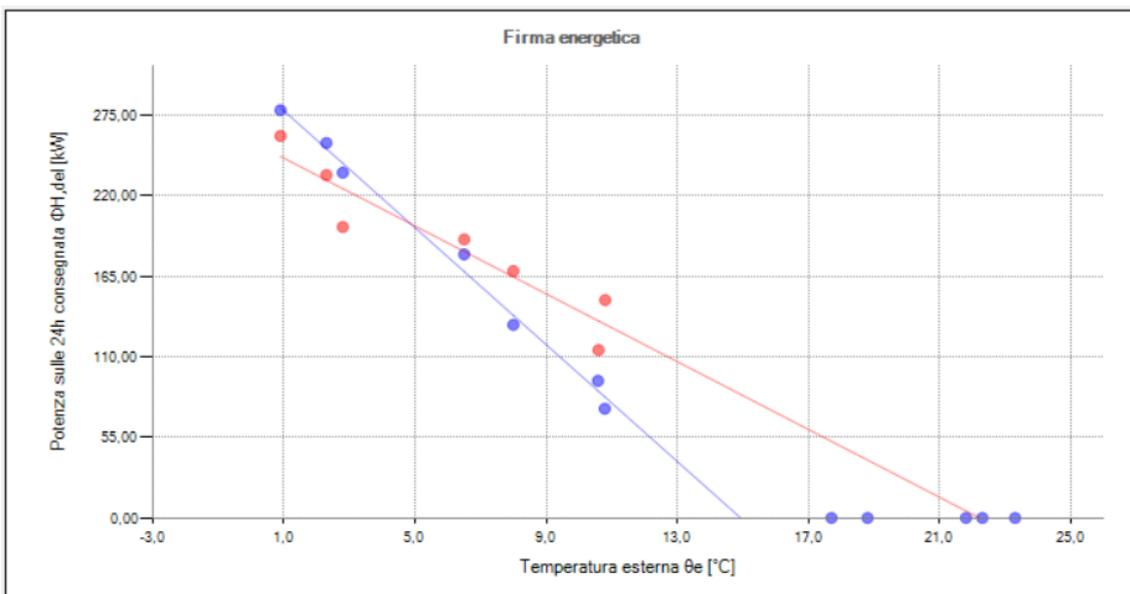


Grafico 11 – Andamento firma energetica stagione 2019-2020

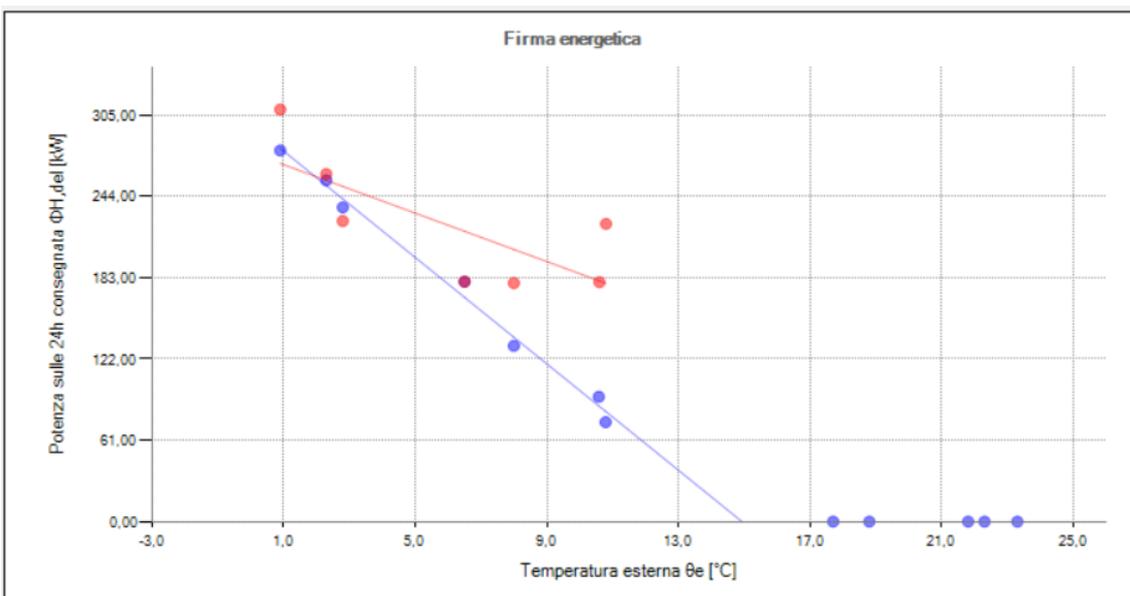


Grafico 12 – Andamento firma energetica stagione 2020-2021

I grafici di cui sopra mostrano come il sistema edificio/impianto reagisca alle variazioni di temperatura esterna.

Più la temperatura esterna risulta bassa, chiaramente più alta è la richiesta di generazione del calore da parte dell'utenza.

Entrambe le rette tendono verso potenza nulla in due intervalli ben precisi:

- Nel caso della retta della firma energetica calcolata (retta viola) la potenza nulla si verifica in un intervallo compreso tra 13 e 17 °C perché il contributo degli apporti gratuiti fa sì che la potenza richiesta dall'edificio si annulli prima che la temperatura esterna media raggiunga i 20°C;

- Nel caso della retta della firma energetica reale, (retta rossa) questa tende verso potenza nulla tra 21 e 25 °C.

Nella realtà lo scostamento della curva rossa verso destra dipende dalla temperatura confort impostata dall'utente. Nel caso in cui questi imposti una temperatura ambiente maggiore o uguale a 20°C, la potenza si annulla in un campo di temperatura esterna maggiore rispetto a quella calcolata come ottimale.

Dal grafico è possibile notare lo scostamento tra valori calcolati e reali. Risulta che la richiesta è sempre maggiore in entrambe le stagioni di riscaldamento considerate rispetto a quella prevista dai calcoli tenendo conto delle caratteristiche termiche dell'edificio.

Questo metodo, che non richiede particolari prelievi di dati in ogni appartamento, permette di rilevare i consumi di potenza termica rispetto a quelli richiesti normalmente dalla struttura per compensare le dispersioni. Si può anche ricavare un delta dei costi di materia prima che può essere recuperato intervenendo sull'isolamento di parti del fabbricato.

Attualmente, considerando solo il periodo di riscaldamento, dal 15 ottobre al 15 aprile, i consumi registrati nelle ultime due stagioni invernali ammontano a:

Stagione	Consumo totale [Nm ³]	Costo metano [€/Nm ³]	Costo totale [€]
2019/2020	102997	0,86	88577,42
2020/2021	118508	0,86	101916,88

Tabella 42 - Resoconto consumi e costi metano

Il potere calorifico inferiore del metano è pari a 9940 kWh/Nm³.

I generatori di calore considerati al §4.2.3 forniscono una potenza termica utile totale pari a 1301 kW e con un rendimento pari a 0,9 si ha una potenza al focolare di 1431 kW.

Attraverso il calcolo del nuovo fabbisogno di energia primaria ipotizzato pari a 617,4 kW, si procede con la stima dei nuovi consumi.

I risultati sono riassunti in tabella seguente:

Potenza nominale max caldaia a condensazione	22 kW
Potenza nominale max pompa di calore	11 kW
Potenza nominale totale sistema ibrido	33 kW
Rendimento	0,977
Potenza al focolare caldaia a condensazione	22,51 kW
Numero totale unità ibride	20
Potenza nominale totale	660 kW
Potenza al focolare totale	450,2 kW
Consumo massimo stimato caldaia a condensazione	27496, 5 Nm ³

Costo totale ipotizzato energia primaria 2019/2020	23647 €
Costo totale ipotizzato energia primaria 2020/2021	31386 €

Tabella 43 - Stima consumi gas unità ibride

Dalla tabella di cui sopra è stato ricavato un ipotetico costo di energia primaria a partire dai consumi registrati durante le stagioni di riscaldamento 2019/2020 e 2020/2021.

La stessa previsione di consumo è stata sviluppata per quanto riguarda il fabbisogno di energia elettrica.

Potenza elettrica massima assorbita	4,3 kW
COP nominale in riscaldamento	4,5
Potenza nominale max pompa di calore	11 kW
Numero totale unità ibride	20
Potenza media stagionale assorbita	172800 kW
Produzione giornaliera media fotovoltaico	70,34 kW
Produzione media stagionale fotovoltaico	12661,2 kW
Potenza elettrica media assorbita dalla rete	160138,8 kW
Costo energia elettrica	0,30 €
Costo energia elettrica per stagione	48041,64 €

Tabella 44 - Stima consumi energia elettrica unità ibride

Effettuando una media tra le due stagioni di rilevamento dei consumi di gas, si è stimato un costo annuo con il vecchio impianto pari a 95247,15 €.

Considerando l'installazione del nuovo impianto ibrido, il costo totale medio stimato per un utilizzo dei moduli a condensazione alla potenza nominale, in funzionamento continuativo nell'arco delle 24 ore, per tutto il periodo stagionale ammonta a 27516,5 €.

Considerando, inoltre, l'assorbimento elettrico delle pompe di calore, in funzionamento con il massimo COP raggiungibile, per lo stesso periodo di operatività dei moduli a condensazione, si ipotizza un costo totale pari a 48041,64 €

Sommando entrambi i contributi, escludendo gli assorbimenti delle pompe di mandata verso il pannello radiante e verso gli accumuli, poiché non si prevede la loro sostituzione, si raggiunge un costo totale annuo pari a 75558,14 €.

8 Conclusioni

La tesi sviluppata nell'ambito del Superbonus 110% ha permesso di analizzare i fabbisogni della struttura presa in considerazione e di valutare gli interventi migliorativi al fine di ridurre l'impatto ambientale, diminuendo la quota di potenza termica richiesta dal fabbricato.

Con le ipotesi di interventi migliorativi considerati si è posto l'accento sull'utilizzo di fonti rinnovabili, quali pannelli fotovoltaici e solare termico.

L'utilizzo di nuove tecnologie di generazione del calore, affiancate a sistemi ad energia rinnovabile, permette di ridurre notevolmente l'emissione di anidride carbonica in atmosfera. Basti pensare che per ogni Nm³ di metano vengono introdotti in atmosfera circa 1,8 kg di anidride carbonica.

Con l'impianto attualmente funzionante vengono prodotti, per ogni stagione di riscaldamento, circa 200 tonnellate di anidride carbonica. Considerando, invece, il nuovo sistema ibrido, le emissioni inquinanti si riducono di circa il 75%.

Infatti, le emissioni previste ammontano a circa 50 tonnellate all'anno, non prevedendo inoltre, che l'impianto rimanga acceso oltre il periodo di riscaldamento.

L'acqua calda sanitaria, infatti, è stimata essere prodotta per intero, dal 15 aprile al 15 ottobre, dall'impianto solare termico.

Infine, dall'analisi del consumo di fabbisogno idrico sanitario, è emersa la possibilità di ottimizzare l'attuale impianto di produzione in funzione dello studio regresso dei prelievi dell'utenza. Si potrebbe prevedere uno spegnimento dell'impianto nelle ore notturne, durante i giorni feriali, dalle 2:00 alle 5:30.

In caso di prelievi anomali, le sonde di rilevazione attualmente utilizzate a scopo di monitoraggio, potrebbero essere implementate su una centralina di controllo. In caso di decrementi rapidi, che avvengono in pochi minuti e che vedono una diminuzione di temperatura tra le sonde di uscita boiler e ricircolo, verrebbe comandata l'accensione dell'impianto di generazione, compensando il prelievo.

Questo tipo di monitoraggio potrebbe essere preso in considerazione anche nel momento in cui si decida di adottare la soluzione ibrida.

Infatti, nelle ore notturne, si potrebbe programmare il funzionamento esclusivo delle unità esterne soltanto nel caso in cui si veda la necessità di produrre acqua calda sanitaria senza la contemporanea produzione verso i pannelli radianti. In questo modo si potrebbero sfruttare le ore notturne per assorbire energia elettrica dalla rete che ha un minor costo.

Per ultimo, ma non per importanza, l'utente finale che beneficia della riqualificazione energetica, vede anche un risparmio per quanto riguarda i costi di riscaldamento e raffrescamento degli ambienti. Oltre ad evitare la spesa per le opere di efficientamento, vede un risparmio in bolletta sostanziale. Nel caso specifico, i 100 condomini avranno un risparmio in bolletta di circa 200 euro annui.

In conclusione, si può affermare che l'attività di ristrutturazione legata al Superbonus 110% è una valida opportunità per migliorare le innumerevoli strutture, in Italia, che essendo molto datate, non garantiscono i livelli di tenuta termica al pari delle nuove costruzioni. Da parte dello Stato bisognerebbe garantire che le imprese specializzate non applichino inflazione sugli interventi e sui materiali e bisognerebbe snellire la parte documentale che attualmente incide molto sulla decisione di avviare o meno una pratica di riqualificazione energetica.

9 Ringraziamenti

Questa tesi rappresenta una meta fondamentale sia per me sia per chi mi è stato vicino in questi anni.

Ringrazio la mia famiglia, dai miei genitori a mio fratello, dai miei nonni ai miei zii, sempre pronta a supportarmi.

Non sono mai mancati i consigli di mia madre, la quale cercava di farmi forza anche nei momenti più sconcertanti. Nonostante ci siano stati dei periodi cupi in cui la solitudine e la lontananza dai suoi figli si facevano sentire, non ha mai lasciato trasparire questo suo stato d'animo affinché potesse crearmi turbamento e ansia. Anche se lontana, lei è sempre presente nel mio cuore e nei miei pensieri. Le giornate non possono iniziare se non prima le faccio una telefonata in cui le chiedo soltanto "come stai?". Grazie per tutto. Non basterebbe una vita per sdebitarmi di tutto quello che mi hai dato, spiritualmente e materialmente.

Un ringraziamento speciale va a te, "pupetta" mia, che dal primo giorno che ci siamo conosciuti mi hai dato sempre fiducia affinché terminassi nel migliore dei modi questo percorso di studi. Mi hai spronato, a volte con delle sane ramanzine, anche quando pensavo davvero di non superare alcuni scogli. Mi ero promesso di concludere gli studi politecnici il prima possibile affinché avremmo potuto voltare pagina per continuare a scrivere la storia della nostra vita insieme. Questo è stato uno dei motivi per il quale mi ha portato a spingere sul pedale dell'acceleratore in modo da arrivare il prima possibile sulla linea del traguardo di questo percorso. Eccomi qui, ho finalmente tagliato il nastro e questo anche grazie a te. Ora possiamo pensare al futuro con maggiore libertà, augurandomi di averti accanto fino alla fine.

Ringrazio anche Angela e Cesare, per avermi accolto nella loro famiglia e farmi sentire subito a mio agio. Anche voi, insieme a Mary avete cercato di farmi ingranare quella marcia che serviva a portare a termine questo percorso. Stringere un rapporto di amicizia così forte con i genitori della propria fidanzata non è una comune. Grazie per la fiducia che avete posto in me

Un ringraziamento va al professore Masoero, il quale si è sempre reso disponibile nell'aiutarmi nelle scelte da seguire durante la creazione e lo sviluppo di questa tesi. Lo ringrazio tanto per aver accettato di seguirmi. Professori di questo spessore umano non se ne trovano molto in giro. La sua umiltà e bontà accentuano ancora di più la cultura che possiede.

Ringrazio di cuore il mio pelosetto a quattro zampe Drük, che riesce a farmi cambiare umore soltanto guardandomi e dandomi uno dei suoi bacini e durante questi anni di politecnico di bacini me ne ha dati davvero tanti. Averlo adottato ha portato la mia vita ad assumere un diverso significato. Adottare un animale ti apre il cuore e ti rende più

sensibile anche verso alcuni aspetti della vita quotidiana che prima non ti accorgevi esistessero.

Ringrazio gli “ingegnerotti”, il mitico gruppo di amici che dall’inizio della vita accademica è stato parte fondamentale delle mie giornate. Insieme a loro ho vissuto alcuni aspetti della vita universitaria che non si dimenticheranno mai.

Ringrazio infine me stesso, non per presunzione ma perché comunque non ho mai gettato la spugna davanti alle difficoltà che mi si sono presentate. Ringrazio il Politecnico di Torino, perché con le sue difficoltà involontariamente mi ha impartito la capacità di *problem solving*, che si è rivelata utile non solo nella vita accademica ma in quella di tutti i giorni, permettendomi di affrontare qualunque problema in modo analitico.

10 Bibliografia e sitografia

- <https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/superbonus>
- Foglio dati tecnici VITOCROSSAL 300 VIESSMANN – 5798449 IT – 04/2021
- Manuale Tecnico ICI Caldaie – Caldaie pressurizzate in acciaio
- Weishaupt – WM 10 (55 – 1250 kW) per gasolio, gas e misto – Bruciatori monarch
- Grundfos Data Booklet – UP, UPS, UPSD Circulator pumps
- Grundfos Scheda Tecnica – UPS, UPSD Serie 200
- TML Industrie LODDO – Catalogo Generale 2020
- <https://www.edilclima.it/scuole-enti/licenza-educational/>
- <https://www.edilclima.it/software-termotecnica/prog-termotecnica-energetica/scheda/700>
- UNI EN ISO 6946 – allegato E
- <https://www.techimpiant Catania.it/pavimento-e-soffitto-radiante-catania/>
- <https://www.graziosisandro.it/impianti/climatizzazione/soffitti-radianti/>
- <https://www.isolconfort.it/posa-cappotto-termico-senza-errori/>
- <https://www.ariston.com/it-it/prodotti/pompe-di-calore/sistemi-ibridi/genus-hybrid-flex-in-net>
- <https://www.viessmann.it/it/riscaldamento-casa/pannelli-solari-termici/pannelli-solari-termici-piani/vitosol-100-fm.html>
- VIESSMANN – Brochure Pannelli solari termici piani VITOSOL – 03/2021
- VIESSMANN – Pannelli fotovoltaici VITOVOLT – 11/2021
- <https://www.bericacavi.com/index.php/9-fotovoltaici/65-solar-cable-2x-0-6-1-kv>
- <https://www.sma-italia.com/soluzioni-large-scale/know-how/inverter-solari-conoscenze-di-base-per-la-progettazione-di-impianti-fv.html>
- https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/it/#MR
- <https://www.epluse.com/it/prodotti/misurazione-della-temperatura/sensori-di-temperatura-per-hvac/ee441/>

- <https://www.fotovoltaiconorditalia.it/idee/costo-impianto-fotovoltaico>
- <https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/interventi-principali-o-trainati>
- Progetto 2000 – numero 36 – La firma energetica – la nuova norma UNI 7129 – Evoluzione della normativa sul rumore in ambienti di lavoro – editore Edilclima s.r.l.

