



POLITECNICO
MILANO 1863

SCUOLA DI INGEGNERIA INDUSTRIALE
E DELL'INFORMAZIONE

Studio ed Analisi Energetica di una Villa Bifamiliare in ottica di Superbonus 110%

TESI DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ENERGETICA

Autore: **Marcello Bernazzani**

ID Studente: 10560489

Relatore: Francesco Romano

Co-Relatori: Stefano Bonetti, Marcello Monterumici

Anno Accademico: 2021/2022

Sommario

Il lavoro di tesi è stato svolto presso la società di ingegneria Esa Progetti S.r.l. dove ho eseguito, oltre alla specifica progettazione di tesi, uno stage formativo al fine di apprendere l'utilizzo dei software, interagire con le normative e rapportarsi con la realtà dei fatti. Durante l'attività di stage ho imparato ad interagire, tramite il portale ENEA, con le normative di Ecobonus, Bonuscasa e Superbonus, per l'implementazione dello sconto in fattura e la cessione del credito, in particolare ho appreso la compilazione delle schede normative presenti nel portale ENEA e i vincoli normativi necessari all'ottenimento dello sconto in fattura regolamentato dalle suddette normative. Lo scopo del lavoro di tesi da me svolto è la riqualifica energetica di una villa bifamiliare situata in zona climatica E nel rispetto dei vincoli imposti dalla normativa di Superbonus110%, nei termini di involucro edilizio e di impianto termico. In particolare per il lavoro di tesi, tramite l'aiuto dei tutor aziendali, abbiamo svolto dei sopralluoghi presso l'edificio in oggetto per meglio comprendere le caratteristiche del sistema edificio-impianto al fine di poter implementare al meglio nel software Edilclima le stratigrafie e l'impianto presente. Tramite il software Edilclima abbiamo prodotto l'attestato di prestazione energetica (APE) necessario alla verifica dei vincoli imposti dalla normativa di Superbonus e necessario a comprendere quali fossero le prestazioni dell'edificio. Il lavoro di tesi è progredito con la scelta di componenti che permettano all'edificio di migliorare la sua qualità energetica e ridurre quindi i suoi consumi, in particolare abbiamo scelto di applicare un cappotto termico all'edificio per migliorare la trasmittanza termica e la trasmittanza termica periodica delle pareti esterne nel rispetto dei vincoli imposti dalla normativa vigente, abbiamo scelto di modificare drasticamente l'impianto di generazione del calore passando da due sistemi autonomi ad un sistema centralizzato non più governato dalle caldaie a condensazione ma governato da una pompa di calore ad alta efficienza. Inoltre visto che la normativa lo permette, abbiamo scelto di sostituire i serramenti con le caratteristiche termiche peggiori, sostituire il sistema di climatizzazione estiva, installare un nuovo sistema di produzione dell'acqua calda sanitaria e di modificare il sistema di auto produzione dell'energia elettrica ampliando il sistema fotovoltaico ed installando delle batterie di accumulo con tanto di colonnina per la ricarica di veicoli elettrici.

L'opera di progettazione è conclusa con la verifica dei limiti tecnici che permettano alla seguente opera di riqualifica energetica di accedere alla normativa di Superbonus, la produzione dell'attestato di prestazione energetica dello stato progettuale che certifica il miglioramento della classe energetica, la riduzione dei consumi e l'aumento della produzione energetica mediante fonte rinnovabile.

Parole Chiave: Superbonus 110%, Efficienza Energetica, Involucro Edilizio, Impianto di Climatizzazione Invernale, Attestato di Prestazione Energetica

Indice

Sommario	iii
Indice.....	vii
1 Introduzione alla Normativa Superbonus 110%.....	3
1.1. Che cos'è il Superbonus 110%	3
1.2. A Chi Interessa il Superbonus	5
1.3. Gli Interventi Agevolati	6
1.3.1. Gli Interventi "Trainanti"	6
1.3.2. Gli interventi "Trainati"	9
1.4. Requisiti di Accesso.....	10
1.5. Attestato di Prestazione Energetica (APE) [12]	11
1.5.1. APE e APE Convenzionale	16
1.6. Vantaggi dell'Agevolazione Superbonus.....	17
1.7. Massimali di Spesa	18
2 Perché Riqualificare un Edificio	19
2.1. Interventi sull'Involucro Edilizio	20
2.1.1. Interventi sull'Involucro Opaco	20
2.1.2. Interventi sui Componenti Finestrati	21
2.2. Interventi sull'Impianto di Climatizzazione Invernale.....	22
2.3. Un edificio moderno è un edificio efficiente	23
2.4. Un Edificio Moderno è un Edificio Ecologico	24
2.5. Efficienza Energetica e Legame con Unione Europea.....	26
3 Software di calcolo.....	27
4 Inquadramento Generale dell'Edificio	28
4.1. Dati Geometrici Intero Edificio.....	31
4.2. Dati Climatici Della Località	32

4.3.	Semplificazioni per il Modello 3D.....	34
5	Situazione Ante Operam	36
5.1.	Descrizione dell'Involucro Edilizio.....	36
5.1.1.	Descrizione dell'Involucro Opaco	37
5.1.2.	Descrizione della Pavimentazione Disperdente	40
5.1.3.	Descrizione della Copertura Disperdente	42
5.1.4.	Descrizione delle Tipologie di Serramenti.....	44
5.2.	Descrizione dell'Impianto di Climatizzazione Invernale	50
5.2.1.	Impianto Climatizzazione Invernale: Appartamento Piccolo	51
5.2.2.	Impianto di Climatizzazione Invernale: Appartamento Grande	51
5.3.	Determinazione della Classe Energetica	52
6	Interventi Migliorativi	54
6.1.	Interventi Migliorativi di tipo "Trainante"	55
6.1.1.	Interventi sull'Involucro Edilizio Opaco	55
6.1.2.	Interventi sull'Impianto di Climatizzazione Invernale	62
6.2.	Interventi Migliorativi di tipo "Trainato"	67
6.2.1.	Intervento di Sostituzione Serramenti.....	67
6.2.2.	Intervento ad Integrazione Impianto di Climatizzazione	71
6.2.3.	Intervento Impianto di Produzione di Acqua Calda Sanitaria.....	73
6.2.4.	Intervento di Ampliamento Sistema Fotovoltaico e Sistemi di Accumulo.....	75
7	Verifica di Sussistenza dei Requisiti Globali per l'accesso al Superbonus79	
7.1.	Riassunto Verifica dei Requisiti.....	79
7.1.1.	Verifica sull'Intervento "Trainante"	79
7.1.2.	Verifica salto delle due Classi Energetiche e Confronto APE.....	80
8	Conclusioni.....	83
9	Bibliografia.....	87
A	Appendice A: Tabelle Stratigrafie	91
B	Appendice B: Tabelle Serramenti	99
	List of Figures	103

List of Tables	105
Lista Equazioni.....	107
Saluti e Ringraziamenti.....	107

1 Introduzione alla Normativa Superbonus 110%

1.1. Che cos'è il Superbonus 110%

Al fine di sopperire alla crisi economica conseguente alla diffusione epidemiologica da SARS-CoV-2, attraverso il “Decreto Rilancio” [1], lo Stato Italiano ha stanziato 55 miliardi di euro per sostenere famiglie, imprese e settori in difficoltà. In particolare per la sfera abitativa è stata messa a disposizione un'agevolazione fiscale denominata Superbonus.

Il Superbonus è un'agevolazione prevista dal “Decreto Rilancio” 19 Maggio 2020, n. 34 [1] che tramite l'applicazione del articolo 119 eleva al 110% l'aliquota di detrazione delle spese sostenute dal 1° luglio 2020 al 30 giugno 2022, per specifici interventi in materia di efficienza energetica, di interventi antisismici, di installazione di impianti fotovoltaici o delle infrastrutture per la ricarica di veicoli elettrici negli edifici¹, mentre all'articolo 121² sono regolamentate le opzioni di cessione del credito e di sconto in fattura dell'aliquota incentivata.

Le disposizioni sul Superbonus [1] consentono di fruire di una detrazione del 110% delle spese e si aggiungono a quelle già vigenti che disciplinano le detrazioni dal 50% all'85% [2] delle spese spettanti per gli interventi di:

- recupero del patrimonio edilizio
- riqualificazione energetica degli edifici



¹ Art 119 Decreto legge 19 maggio 2020, n. 34, 2020 [1]

² Art 121 Decreto legge 19 maggio 2020, n. 34, 2020 [1]

Trattandosi di un duplice vantaggio in quanto si riceve un' agevolazione diretta sui lavori effettuati e un guadagno in termini di efficientamento energetico, ai fini dell'esercizio del Superbonus [1], il contribuente deve acquisire:

- Il visto di conformità dei dati relativi alla documentazione che attesta la sussistenza dei presupposti che danno diritto alla detrazione d'imposta.
- L'asseverazione tecnica relativa agli interventi di efficienza energetica e di riduzione del rischio sismico – da parte, rispettivamente, dei tecnici abilitati al rilascio delle certificazioni energetiche e dai professionisti incaricati della progettazione strutturale, direzione dei lavori delle strutture e collaudo statico per gli interventi finalizzati alla riduzione del rischio sismico - che certifichi il rispetto dei requisiti tecnici necessari ai fini delle agevolazioni fiscali e la congruità delle spese sostenute in relazione agli interventi agevolati, in accordo ai previsti decreti ministeriali.

Affinché le condizioni tecniche e burocratiche siano rispettate l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile³ effettua controlli, sia documentali sia tecnici attraverso sopralluoghi.

³ ENEA, Ente Nuove tecnologie per l'Energia e l'Ambiente

1.2. A Chi Interessa il Superbonus

La normativa Superbonus è di interesse [1]:

- dei condomini;
- delle persone fisiche, al di fuori dell'esercizio di attività di impresa, arti e professioni sulle singole unità immobiliari;
- degli Istituti autonomi case popolari (IACP), nonché dagli enti aventi le stesse finalità sociali degli IACP;
- delle cooperative di abitazione a proprietà indivisa;
- delle Organizzazioni non lucrative di utilità sociale;
- delle associazioni e società sportive dilettantistiche;

La detrazione spetta ai soli soggetti che possiedono o detengono l'immobile oggetto dell'intervento in base ad un titolo idoneo al momento di avvio dei lavori o al momento del sostenimento delle spese, se antecedente il predetto avvio. Si tratta quindi del proprietario oppure del detentore del titolo di utilizzo del bene che è anche in possesso del consenso da parte del proprietario per l'esecuzione dei lavori.

1.3. Gli Interventi Agevolati

L'agevolazione al 110% spetta agli interventi "Trainanti" e "Trainati", dove i primi sono gli interventi "principali" senza i quali l'incentivazione non può avere luogo, mentre i secondi sono soggetti all'agevolazione solamente se eseguiti congiuntamente ai primi. Inoltre gli interventi sono agevolabili al 110% se e solo se rispettano le norme tecniche espresse nel "Decreto Requisiti" [3] e consentono globalmente un miglioramento di due classi energetiche dell'edificio.

1.3.1. Gli Interventi "Trainanti"

Come descritto dall'articolo 119 comma 1 del Decreto Legge n.34 2020 [1] gli interventi "Trainanti" sono gli interventi necessari ma non sufficienti, in quanto oltre alla necessaria esecuzione di uno di questi interventi è necessario, affinché l'agevolazione sia effettuabile, il miglioramento di due classi energetiche da certificare mediante Attestato di Prestazione Energetica (APE).

Gli interventi che appartengono a questa categoria sono:

- Gli interventi di isolamento termico delle superfici opache che hanno un incidenza maggiore del 25% sulla superficie disperdente lorda, quindi le superfici opache orizzontali, verticali e oblique quali coperture pavimentazioni e murature. L'opera di isolamento termico deve essere tale da rispettare i limiti di trasmittanza termica massima espressi nel "Decreto Requisiti" [3]. Segue in Figura 1 l'allegato E del "Decreto Requisiti" il quale esprime i limiti di trasmittanza termica massima in funzione della zona climatica ai sensi delle norme UNI EN ISO 6946 [4].

Si ricorda la definizione di trasmittanza termica secondo normativa:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_1^N R_i + R_{se}} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

Equazione 1: Calcolo della Trasmittanza Termica UNI EN ISO 6946

Dove:

- R_{si} Resistenza Termica Superficiale Interna
- R_{se} Resistenza Termica Superficiale Esterna
- R_i Resistenza del componente omogeneo calcolata come $R_i = \frac{s_i}{\lambda_i} \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$ con s_i [m] e $\lambda_i \left[\frac{W}{mK} \right]$ rispettivamente spessore e conducibilità termica del componente i-esimo UNI EN ISO 6946

Mentre la definizione di Zona Climatica è regolamentata dal D.P.R. 26 Agosto 1993 N. 412 [5] il quale prevede l'identificazione mediante l'utilizzo dei Gradi-Giorno. Il metodo di calcolo è riportato in seguito all'Equazione 3.

ALLEGATO E

Requisiti degli interventi di isolamento termico

Tabella 1 - Valori di trasmittanza massimi consentiti per l'accesso alle detrazioni

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	$\leq 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$

Ai sensi delle norme UNI EN ISO 6946, il calcolo della trasmittanza delle strutture opache non include il contributo dei ponti termici.

Figura 1: Allegato E, Decreto Requisiti Energetici 6 Agosto 2020 [3]

- Gli interventi di sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale eseguiti sulle parti comuni degli edifici, su edifici unifamiliari oppure su unità familiari che siano funzionalmente indipendenti⁴ e che abbiano almeno un ingresso autonomo⁵.

⁴ “Funzionalmente indipendenti”: qualora sia dotata di almeno tre delle seguenti installazioni di proprietà esclusiva: impianto di approvvigionamento idrico, impianto per il gas, impianti per l'energia elettrica, impianto di climatizzazione ambientale [1]

⁵ Per “accesso autonomo dall'esterno” si intende un accesso indipendente, non comune ad altre unità immobiliari, chiuso da cancello o portone d'ingresso che consenta l'accesso dalla esclusiva strada o da cortile o da giardino anche di proprietà non esclusiva [1]

Le opere di sostituzione dell'impianto di climatizzazione invernale permesse dal decreto devono rispettare le seguenti linee guida presenti nel "Decreto Requisiti" [6]:

- Generatori di calore a condensazione, con efficienza almeno pari alla classe A di prodotto prevista dal "Regolamento Delegato (UE) n. 811/2013 della Commissione del 18 febbraio 2013" [7]
 - Generatori a pompe di calore, ad alta efficienza, anche con sonde geotermiche
 - Apparecchi ibridi, costituiti da pompa di calore integrata con caldaia a condensazione, assemblati in fabbrica ed espressamente concepiti dal fabbricante per funzionare in abbinamento tra loro
 - Sistemi di microgenerazione, che conducano a un risparmio di energia primaria (PES), come definito all'allegato III del D.M. N. 218/ 2011 " [8]", pari almeno al 20%
 - Collettori solari
-
- Interventi antisismici (Sisma-Bonus) e sistemi di monitoraggio del rischio sismico, Art. 16 D.L. 63/2013 [9]

1.3.2. Gli interventi “Trainati”

Beneficiano del Superbonus 110% tutti gli interventi previsti all’Articolo 14 del “D.L. 4 giugno 2013, n°63” [10], nei limiti di spesa previsti dal predetto articolo. Tali interventi sono ammessi alla detrazione al 110% se e solo se eseguiti congiuntamente ad uno o più interventi “Trainanti” e che nel complesso assicurino un miglioramento di efficienza energetica globale dell’edificio di almeno due classi energetiche dimostrate mediante il confronto dell’Attesto di Prestazione Energetica Ante Operam e Post Intervento.

Gli interventi “Trainati” che beneficiano della massima agevolazione sono quindi:

- Acquisto e posa in opera di finestre comprensive di infissi e schermature solari
- Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con impianti dotati di caldaie a condensazione con efficienza almeno pari alla classe A di prodotto prevista dal “Regolamento Delegato (UE) n. 811/2013 della Commissione del 18 Febbraio” [7] con o senza contestuale installazione di sistemi di termoregolazione evoluti, appartenenti alle classi V, VI oppure VIII della “Comunicazione della Commissione 2014/C 207/02” [11];
- Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con impianti dotati di apparecchi ibridi, costituiti da pompa di calore integrata con caldaia a condensazione, assemblati in fabbrica ed espressamente concepiti dal fabbricante per funzionare in abbinamento tra loro
- Acquisto e posa in opera di generatori d'aria calda a condensazione.

Beneficia inoltre dell’agevolazione al 110% l’opera di eliminazione delle barriere architettoniche, aventi ad oggetto ascensori e montacarichi, alla realizzazione di ogni strumento che, attraverso la comunicazione, la robotica e ogni altro mezzo di tecnologia più avanzata, sia adatto a favorire la mobilità interna ed esterna all’abitazione per le persone portatrici di handicap in situazione di gravità, le spese per l’installazione di impianti fotovoltaici, le spese per l’installazione dei sistemi di accumulo e le spese per l’installazione dei sistemi di ricarica dei veicoli elettrici. per quanto riguarda gli interventi trainati relativa alla parte sismica

1.4. Requisiti di Accesso

Per accedere al Superbonus gli interventi Trainanti e Trainati devono:

- rispettare i requisiti previsti dal “Decreto del Ministro dello Sviluppo Economico di concerto con il Ministro dell’Economia e delle Finanze e del Ministro dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti del 6 agosto 2020” [3]
- assicurare, nel complesso di interventi “Trainanti” e “Trainati”, il miglioramento di almeno due classi energetiche dell’edificio, se non possibile in quanto l’edificio o l’unità familiare è già nella penultima classe, il conseguimento della classe energetica più alta.

Il miglioramento energetico è dimostrato dall’attestato di prestazione energetica (A.P.E.), Ante Operam e Post Intervento, rilasciato da un tecnico abilitato nella forma della dichiarazione asseverata⁶.

⁶ attestati la rispondenza dell’intervento ai requisiti tecnici richiesti e la corrispondente congruità delle spese sostenute in relazione agli interventi agevolati.

1.5. Attestato di Prestazione Energetica (APE) [12]

La redazione dell'APE è obbligatoria:

- per gli immobili di nuova costruzione;
- in caso di compravendita o nuova locazione di immobili esistenti;
- per eseguire lavori di ristrutturazione importanti;
- per eseguire lavori riqualificazione energetica, quindi in materia Superbonus;
- negli annunci immobiliari;

L'APE costituisce uno strumento di chiara e immediata comprensione per la valutazione della prestazione energetica dell'immobile. Costituisce altresì un efficace strumento per la valutazione della convenienza nella realizzazione di interventi di riqualificazione energetica dell'immobile stesso. Ai fini della classificazione, mediante l'applicazione delle norme UNI-TS 11300 [13], la prestazione energetica dell'immobile è espressa attraverso l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile $EP_{gl,nren}$ (Equazione 2).

Tale indice tiene conto del fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per la climatizzazione invernale ed estiva ($EP_{H,nren}$ ed $EP_{C,nren}$), per la produzione di acqua calda sanitaria ($EP_{W,nren}$), per la ventilazione ($EP_{V,nren}$) e, nel caso del settore non residenziale, per l'illuminazione artificiale ($EP_{L,nren}$) e il trasporto di persone o cose ($EP_{T,nren}$). Pertanto esso si determina come somma dei singoli servizi energetici forniti nell'edificio in esame. L'indice è espresso in kWh/m^2 anno in relazione alla superficie utile di riferimento come definita da DM 26/06/2015 [14]

$$EP_{gl,nren} = EP_{H,nren} + EP_{C,nren} + EP_{W,nren} + EP_{V,nren} + EP_{L,nren} + EP_{T,nren}$$

Equazione 2:Indice di prestazione energetica globale non rinnovabile

La classe energetica dell'edificio è determinata sulla base dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio $EP_{gl,nren}$, per mezzo del confronto con una scala di classi prefissate, ognuna delle quali rappresenta un intervallo di prestazione energetica definito. La classe energetica è contrassegnata da un indicatore alfabetico in cui la lettera G rappresenta la classe caratterizzata dall'indice di prestazione più elevato (maggiori consumi energetici), mentre la lettera A rappresenta la classe con il miglior indice di prestazione (minori consumi energetici). Un indicatore numerico, affiancato alla lettera A, identificherà i livelli di prestazione energetica in ordine crescente a partire da 1 (rappresentante del più basso livello di prestazione energetica della classe A) a 4 (rappresentante del più alto livello di prestazione energetica della classe A). Un apposito spazio, se barrato, indicherà che si tratta di un "Edificio a energia quasi zero" ovvero un edificio ad altissima prestazione energetica in cui il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo è coperto in misura significativa da energia prodotta in sito da fonti rinnovabili [12].

In Figura 2 si riporta una rappresentazione grafica della scala sopra descritta.

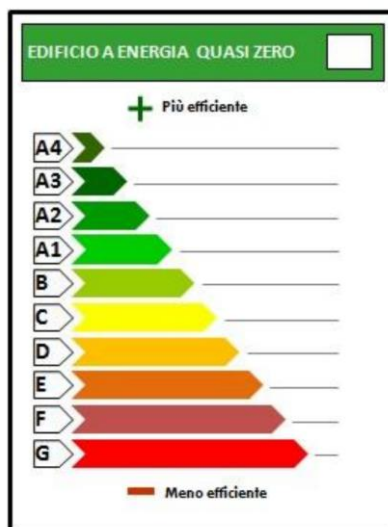


Figura 2: Scala Classi Energetiche APE

La scala delle classi è definita a partire dal valore dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio di riferimento $EP_{gl,nren,rif,standard}$ (2019/21), calcolato secondo quanto previsto dall'Allegato 1, capitolo 3 del "Decreto Requisiti Minimi" [12], ovvero ipotizzando che in esso siano installati elementi edilizi ed impiantistici standard espressi in Tabella 1, dotati dei requisiti minimi di legge in vigore dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici, e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri. Tale valore è posto quale limite di separazione tra le classi A1 e B.

Climatizzazione invernale	Generatore a combustibile gassoso (gas naturale) nel rispetto dei requisiti di cui alla tabella 8 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi e con relativa efficienza dei sottosistemi di utilizzazione di cui alla tabella 7 della stessa Appendice.
Climatizzazione estiva	Macchina frigorifera a compressione di vapore a motore elettrico nel rispetto dei requisiti di cui alla tabella 8 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi e con relativa efficienza dei sottosistemi di utilizzazione di cui alla tabella 7 della stessa Appendice.
Ventilazione	Ventilazione meccanica a semplice flusso per estrazione nel rispetto dei requisiti di cui alla tabella 9 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi
Acqua calda sanitaria	Generatore a combustibile gassoso (gas naturale) nel rispetto dei requisiti di cui alla tabella 8 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi e con relativa efficienza dei sottosistemi di utilizzazione di cui alla tabella 7 della stessa Appendice.
Illuminazione	Rispetto dei requisiti di cui al paragrafo 1.2.2 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi.
Trasporto persone o cose	Rispetto dei requisiti al DM requisiti minimi.

Tabella 1: Tecnologie standard dell'edificio di riferimento

Gli intervalli di prestazione che identificano le altre classi sono ricavati attraverso coefficienti moltiplicativi di riduzione/maggiorazione del suddetto valore $EP_{gl,nren,rif,standard}$ (2019/21) come evidenziato in Tabella 2.

	Classe A4	$\leq 0,40 EP_{gl,nren,rif,standard}$ (2019/21)
$0,40 EP_{gl,nren,rif,standard}$ (2019/21) <	Classe A3	$\leq 0,60 EP_{gl,nren,rif,standard}$ (2019/21)
$0,60 EP_{gl,nren,rif,standard}$ (2019/21) <	Classe A2	$\leq 0,80 EP_{gl,nren,rif,standard}$ (2019/21)
$0,80 EP_{gl,nren,rif,standard}$ (2019/21) <	Classe A1	$\leq 1,00 EP_{gl,nren,rif,standard}$ (2019/21)
$1,00 EP_{gl,nren,rif,standard}$ (2019/21) <	Classe B	$\leq 1,20 EP_{gl,nren,rif,standard}$ (2019/21)
$1,20 EP_{gl,nren,rif,standard}$ (2019/21) <	Classe C	$\leq 1,50 EP_{gl,nren,rif,standard}$ (2019/21)
$1,50 EP_{gl,nren,rif,standard}$ (2019/21) <	Classe D	$\leq 2,00 EP_{gl,nren,rif,standard}$ (2019/21)
$2,00 EP_{gl,nren,rif,standard}$ (2019/21) <	Classe E	$\leq 2,60 EP_{gl,nren,rif,standard}$ (2019/21)
$2,60 EP_{gl,nren,rif,standard}$ (2019/21) <	Classe F	$\leq 3,50 EP_{gl,nren,rif,standard}$ (2019/21)
	Classe G	$> 3,50 EP_{gl,nren,rif,standard}$ (2019/21)

Tabella 2: Scala di classificazione $EP_{gl,nren,rif,standard}$ (2019/21)

Ai fini della determinazione della classe energetica complessiva dell'edificio per la redazione dell'APE, in base a quanto suddetto, si procede come segue:

- i. si determina il valore di $EP_{gl}, nren, rif, standard$ (2019/21), per l'edificio di riferimento secondo quanto previsto dall'Allegato 1, capitolo 3 del decreto requisiti minimi, dotandolo delle tecnologie standard riportate nella Tabella 1, in corrispondenza dei parametri vigenti per gli anni 2019/21;
- ii. si calcola il valore di $EP_{gl}, nren$ per l'immobile oggetto dell'attestazione e si individua la classe energetica da attribuire in base alla Tabella 2

Oltre alla Classe Energetica nell'Attestato di Prestazione Energetica è presente anche la prestazione energetica invernale ed estiva dell'involucro, ovvero del fabbricato al netto del rendimento degli impianti presenti, fornite nella prima pagina dell'APE sotto forma di un indicatore grafico del livello di qualità. Anche tali indici sono espressi mediante confronto:

- Indice di prestazione energetica invernale è confrontato con il suo corrispettivo di riferimento che sfrutta gli impianti espressi in Tabella 3, estratto dell'appendice B del DM 26/06/15 [12];




Prestazione invernale dell'involucro	Qualità	Indicatore
$EP_{H,nd} \leq 1 * EP_{H,nd,limite (2019/21)}$	alta	
$1 * EP_{H,nd,limite (2019/21)} < EP_{H,nd} \leq 1,7 * EP_{H,nd,limite (2019/21)}$	media	
$EP_{H,nd} > 1,7 * EP_{H,nd,limite (2019/21)}$	bassa	

Tabella 3: Indicatore della prestazione energetica invernale

- Indice di prestazione energetica estiva è ottenuto mediante un duplice confronto: tra la trasmittanza termica periodica Y_{IE} e dei valori di riferimento riportati in Tabella 4, tra area solare equivalente estiva espressa per unità di superficie utile e dei valori di riferimento espressi in Tabella 4

Prestazione estiva dell'involucro		Qualità	Indicatore
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} \leq 0,03$	$Y_{IE} \leq 0,14$	alta	☺
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} \leq 0,03$	$Y_{IE} > 0,14$	media	☹
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} > 0,03$	$Y_{IE} \leq 0,14$		
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} > 0,03$	$Y_{IE} > 0,14$	bassa	☹

Tabella 4: Indicatore della prestazione energetica estiva dell'involucro

In Figura 3 è riportato un estratto della prestazione energetica globale dell'edificio presente nella documentazione APE dove è riportata la classe energetica ed il coefficiente di prestazione globale non rinnovabile:

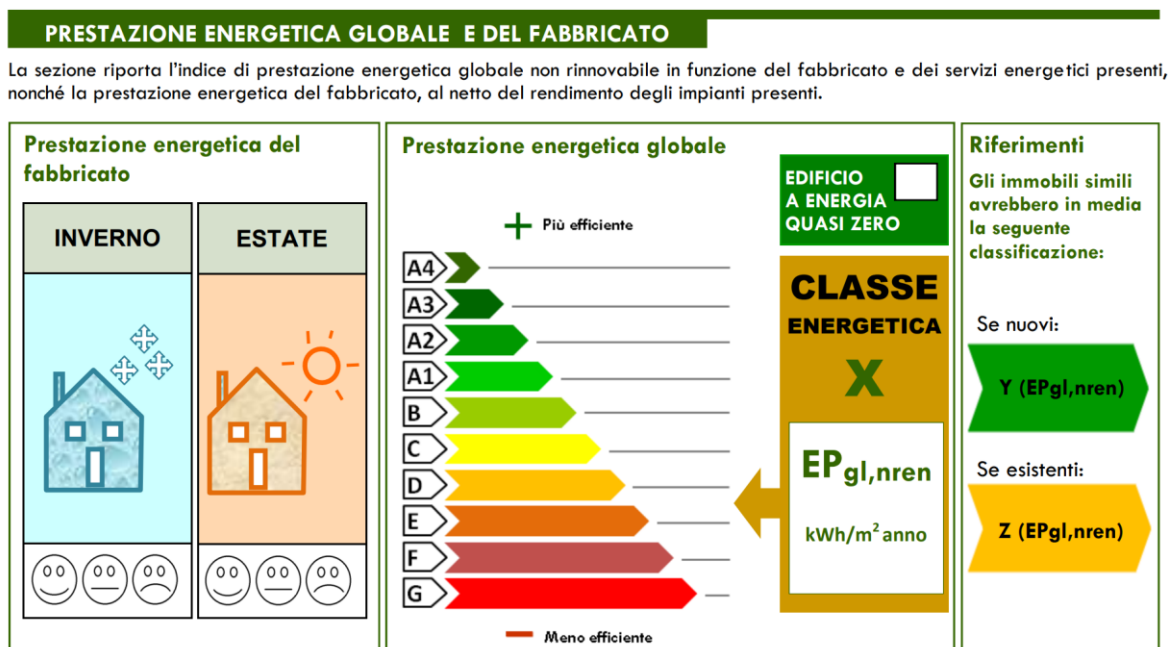


Figura 3: Prestazione Energetica Globale APE

1.5.1. APE e APE Convenzionale

L'APE viene normalmente redatto per singole unità immobiliari ma in applicazione a quanto dettato dal Decreto Legge 19 Maggio 2020, n. 34 [1] è stato introdotto il cosiddetto APE "Convenzionale" per la valutazione della prestazione energetica di interi edifici, anche se costituiti da più unità immobiliari e con impianti di climatizzazione autonomi. Questo tipo di APE ha valore esclusivamente per la verifica del salto delle classi energetiche al fine dell'ottenimento del Superbonus previsto nello stesso decreto [1]. La classe è determinata con la stessa metodologia dell'APE per le singole unità immobiliari, confrontando la prestazione energetica dell'edificio in analisi con un edificio di riferimento, questo edificio ha le medesime caratteristiche morfologiche e d'esposizione di quello reale ma con strutture ed impianti standard previsti da normativa [12]. I dati in ingresso, necessari per la realizzazione del modello energetico, possono derivare sia da dati progettuali, se disponibili, sia da rilievo diretto di un tecnico senza indagini invasive sull'edificio. Tutto quello che non risulta evidente dal sopralluogo, viene valutato sulla base di strutture standard relative all'anno di costruzione dell'edificio.

Quindi, al fine di poter accedere alla normativa di Superbonus quando sono presenti più unità immobiliari, è necessaria la redazione di due Attestati di Prestazione Energetica "Convenzionali":

- l'APE Convenzionale ante intervento, il quale determina la classe energetica di partenza sulla quale si calcolerà il salto delle due classi energetiche;
- l'APE Convenzionale post intervento, il quale determina la classe energetica dell'edificio con gli interventi previsti da progetto.

Nella situazione post intervento sarà valutato lo stesso volume riscaldato esistente con l'applicazione degli interventi trainanti e trainati, la situazione post intervento non terrà inoltre conto delle eventuali modifiche al volume, come ampliamenti o riduzioni. Per questo motivo l'APE Convenzionale viene redatto esclusivamente per assolvere alla verifica del miglioramento energetico da inserire nell'asseverazione finale del Superbonus, per questo se ne identifica un limite rispetto ad un APE "classico".

1.6. Vantaggi dell'Agevolazione Superbonus

La regolamentazione della fruizione del Superbonus 110% è trattata in dettaglio all'articolo 121 del Decreto Legge 19 maggio n°34 [1], precisamente la detrazione è riconosciuta nella misura del 110%, da ripartire tra gli aventi diritto in 5 quote annuali di pari importo, entro i limiti di capienza dell'imposta annua derivante dalla dichiarazione dei redditi.

In alternativa alla fruizione diretta della detrazione, è possibile optare per un contributo anticipato sotto forma di sconto dai fornitori dei beni o servizi (sconto in fattura) o per la cessione del credito corrispondente alla detrazione spettante. La cessione può essere disposta in favore:

- dei fornitori dei beni e dei servizi necessari alla realizzazione degli interventi;
- di altri soggetti (persone fisiche, anche esercenti attività di lavoro autonomo o d'impresa, società ed enti);
- di istituti di credito e intermediari finanziari.

I soggetti che ricevono il credito hanno, a loro volta hanno facoltà di cessione. Questa possibilità riguarda anche gli interventi:

- di recupero del patrimonio edilizio [15]
- di recupero o restauro della facciata degli edifici esistenti [16]
- per l'installazione di colonnine per la ricarica dei veicoli elettrici [9]

Per esercitare l'opzione, oltre agli adempimenti ordinariamente previsti per ottenere le detrazioni, il contribuente deve acquisire:

- il visto di conformità dei dati relativi alla documentazione, rilasciato dagli intermediari abilitati alla trasmissione telematica delle dichiarazioni (dottori commercialisti, ragionieri, periti commerciali e consulenti del lavoro) e dai CAF;
- l'asseverazione tecnica relativa agli interventi di efficienza energetica e di riduzione del rischio sismico, che certifichi il rispetto dei requisiti tecnici necessari ai fini delle agevolazioni fiscali e la congruità delle spese sostenute in relazione agli interventi agevolati.

1.7. Massimali di Spesa

Per gli interventi ammessi alle detrazioni fiscali è riportati nella Tabella 5: Massimali di Spesa Superbonus 110%, la detrazione massima o l'importo massimo ammissibile secondo articolo 119 del decreto-legge n. 34 del 2020 [1], dove nel caso di edifici plurifamiliari, questi massimali vanno moltiplicati per il numero di unità immobiliari che compongono il fabbricato. Per gli interventi "Trainati" si fa riferimento alle relative normative già presenti nella legislazione.

Intervento	Abitazioni uni- familiari o con accesso indipendente	Edifici da 2 a 8 unità	Edifici con più di 8 unità
Interventi Trainanti			
Isolamento termico	50.000 €	40.000 €	30.000 €
Sostituzione impianto	30.000 €	20.000 €	15.000 €
Interventi Trainati ⁷			
Impianti fotovoltaici	2.400 € per ogni kW di potenza nominale (max 48.000 €)		
Sistemi di accumulo	1.000 per ogni kWh (max 48.000 €)		
Colonnina elettrica	2.000 € per unifamiliari o unità indipendenti, 1.500 € per condomini con max otto colonnine; €1.200 se superano le otto colonnine.		
Micro-Generatori	Detrazione massima ammissibile di 100.000 € quindi una spesa massima di 90.909 €		
Eliminazione Barriere Architettoniche	Limite di spesa di 96.000 €		
Sostituzione Serramenti comprensivi di infissi e schermature solari	Detrazione massima ammissibile 60.000 € quindi una spesa massima di 54.545 €		

Tabella 5: Massimali di Spesa Superbonus 110%

⁷ La normativa ha introdotto per alcuni interventi trainati un limite di spesa, in altri la detrazione massima ammissibile. Nel caso sia indicata la detrazione massima ammissibile, per calcolare il limite di spesa va diviso questo importo per 1,1.

2 Perché Riqualficare un Edificio

Negli edifici esistenti si possono riscontrare situazioni di disconfort termico ed igrometrico causate dalla mancanza di una corretta progettazione del sistema edificio-impianto. Le scarse prestazioni dell'involucro edilizio possono essere causa di fenomeni di: asimmetria termica, come forti differenze di temperatura tra zone prossime ai radiatori e zone vicine alle pareti esterne; formazione di muffe agli angoli delle stanze; l'impossibilità di raggiungere una temperatura confortevole durante i mesi invernali. Questo insieme di fattori generano sia disagio negli abitanti, sia situazione di pericolo per la salute delle persone, sia forti esborsi economici per le spese dovute alle bollette più alte a cui occorre far fronte. Concorre al disagio abitativo anche un sistema di generazione ed erogazione del calore che non è più in grado di soddisfare le caratteristiche per cui è stato progettato siccome, con il passare del tempo, il sistema si è usurato e quindi non è più in grado di garantire la corretta erogazione e generazione del calore.

L'intervento di riqualifica energetica di un immobile può far fronte alle criticità degli edifici migliorando congiuntamente il sistema edificio-impianto, gli interventi effettuabili sono riassumibili in due macro categorie:

- interventi sugli impianti di climatizzazione
- interventi sull'involucro edilizio

I seguenti interventi sono trattati nei paragrafi successivi nei loro termini generali. Quindi intervenire congiuntamente sul sistema edificio-impianto comporta non solo una miglioria del confort abitativo ma anche una riduzione delle spese e una migliore salubrità degli ambienti.

2.1. Interventi sull'Involucro Edilizio

2.1.1. Interventi sull'Involucro Opaco

L'involucro di un edificio è costituito da tutto ciò che separa l'interno dell'edificio dall'esterno. La definizione "involucro edilizio opaco" si riferisce all'insieme di tutti gli elementi non trasparenti che compongono l'involucro stesso: le pareti, le strutture orizzontali e le coperture. La diversa capacità di trasmissione del calore definisce le caratteristiche principali delle varie parti dell'involucro ed è definita dalla grandezza "Trasmittanza Termica" espressa in $\frac{W}{m^2K}$.

L'isolamento dell'involucro consente la riduzione delle dispersioni verso l'esterno e aumenta la capacità dell'involucro di trattenere il calore. Grazie a questo intervento viene limitata o annullata, la differenza di temperatura tra le pareti esterne e le zone più prossime ai sistemi di emissione dell'impianto di riscaldamento generando nell'utente un'esperienza di vita più confortevole.

Per quanto riguarda l'isolamento dell'involucro edilizio opaco si hanno a disposizione tre tipologie di intervento: isolamento esterno, isolamento interno e isolamento nell'intercapedine, tutti e tre consistono nella posa a regola d'arte di materiale isolante che rispetti i Criteri Ambientali Minimi [17]. Il fine progettuale dell'intervento di isolamento termico dell'involucro edilizio è quello di migliorare congiuntamente la Trasmittanza Termica e la Trasmittanza Termica Periodica della stratigrafia oggetto dell'intervento. La posa di un isolante termico è essenziale anche per la risoluzione dei ponti termici, favorendo l'aumento delle temperature in corrispondenza dei punti più freddi e la conseguente riduzione della formazione di muffe e condense indesiderate, aumentando notevolmente la salubrità della propria abitazione

2.1.2. Interventi sui Componenti Finestrati

L'involucro edilizio come predetto è composto da tutti quegli elementi che separano l'interno dall'esterno quindi non solo dalla parte opaca ma anche dalla parte finestrata composta dai serramenti, dagli infissi e dal modulo vetrato. La sostituzione di vecchi serramenti con nuovi comporta un duplice miglioramento, in termini di trasmittanza termica e di tenuta all'aria. Quindi la sostituzione del vecchio serramento con uno nuovo più performante e che rispetti i Criteri Ambientali Minimi [17] porta ad un duplice risparmio energetico in quanto si hanno meno dispersioni verso l'esterno visto il miglioramento di trasmittanza termica e un risparmio dato dal non riscaldamento degli spifferi d'aria vista la miglior tenuta all'aria. L'isolamento e la corretta posa di nuovi serramenti più performanti, sono essenziali anche per la risoluzione dei ponti termici, favorendo l'aumento delle temperature in corrispondenza dei punti più freddi e la conseguente riduzione della formazione di muffe e condense indesiderate, aumentando notevolmente la salubrità della propria abitazione.

2.2. Interventi sull'Impianto di Climatizzazione Invernale

Intervenire sugli impianti di climatizzazione invernale significa rendere più efficiente il sistema di generazione ed emissione del calore. Un impianto efficiente viene dimensionato sulla base delle dispersioni dell'edificio, quindi avere uno squilibrio tra le dispersione e la generazione o emissione del calore porterebbe a situazione di discomfort termo-igrometrico, rischi di muffe o condense indesiderate e conseguenti rischi per la salubrità dell'ambiente. Nel caso di impianti vecchi, installati in edifici non isolati, la perdita di efficienza dovuta all'usura può impedire all'impianto di raggiungere le temperature interne previste, con conseguente aumento delle spese di generazione e discomfort nell'ambiente. Sfruttare quindi un sistema nuovo ad alta efficienza che rispetti il "Decreto Requisiti Tecnici" [3] permette ad un maggiore confort termo-igrometrico parallelamente ad una minore spesa energetica. Si deve considerare congiuntamente all'installazione di un nuovo impianto l'aggiornamento del sistema di emissione del calore per poter sfruttare al massimo le potenzialità dell'impianto e minimizzare la spesa energetica.

2.3. Un edificio moderno è un edificio efficiente

Oltre a garantire un più alto livello di confort abitativo, un edificio riqualificato e portato agli standard di consumo moderni, permette una minore spesa per la sua climatizzazione invernale ed estiva e una maggiore valutazione economica dell'immobile stesso. Statisticamente, mediante interventi parziali o integrati di riqualificazione energetica, si possono raggiungere percentuali di risparmio che vanno dal 10% a oltre il 70%, soprattutto quando oltre agli interventi di coibentazione delle superfici disperdenti si progetta la riqualifica del sistema di generazione dell'energia attraverso la sostituzione dei vecchi generatori con sistemi ad alto rendimento e all'integrazione con fonti rinnovabili. L'importanza di una riqualifica energetica tocca molti temi della vita quotidiana delle persone e ne permette un miglioramento percepibile ogni giorno. Oltre ai vantaggi di confort ottenuti da questo tipo di interventi, questi rappresentano una grossa opportunità per l'economia di un settore che prova a riemergere da un periodo di crisi dettato dalla pandemia, approfittando degli incentivi statali, compresi quelli europei, ne beneficerebbero direttamente i bilanci delle famiglie attraverso una drastica riduzione delle loro bollette ed un aumento del valore di mercato della loro abitazione.

2.4. Un Edificio Moderno è un Edificio Ecologico

Gli impianti termici per il riscaldamento degli edifici hanno un'incidenza sul totale delle emissioni di CO₂ in ambito urbano che è fino a 6 volte superiore rispetto all'incidenza del traffico veicolare. In Figura 4 una rappresentazione ad istogramma presentata nello studio di: Osservatorio Autopromotec [18]

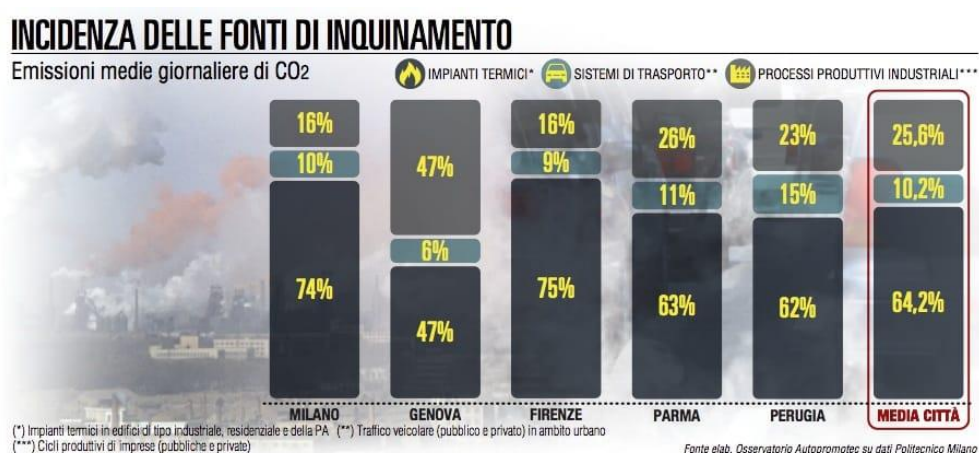


Figura 4: Osservatorio Autopromotec su dati Politecnico di Milano [18]

È quanto emerge da un'elaborazione dell'Osservatorio Autopromotec (che è la struttura di ricerca di Autopromotec, la rassegna espositiva internazionale delle attrezzature e dell'aftermarket automobilistico) [18] sulla base di uno studio del Politecnico di Milano sull'impatto sulla qualità dell'aria urbana da parte delle principali fonti di inquinamento.

In base ai dati dello studio, effettuato su un campione rappresentativo di cinque città italiane medie e grandi (Milano, Genova, Firenze, Parma e Perugia), il contributo fornito dal settore del riscaldamento da edifici all'inquinamento atmosferico in termini di emissioni di CO₂ è pari in media al 64,2% del totale delle emissioni stimate per le città considerate, contro il 10,2% che proviene dal settore della mobilità e dei trasporti motorizzati. La restante quota di CO₂ (25,6%) è invece generata dal settore delle attività industriali. Dalle analisi svolte emerge come la quota di emissioni di CO₂ da riscaldamento degli edifici sia di entità molto maggiore. Per questo motivo per migliorare la qualità dell'aria nelle nostre città è necessario focalizzare l'attenzione sul concetto di riscaldamento sostenibile, adottando interventi di riqualificazione energetica [18]. Questo significa che stiamo contribuendo attivamente al rispetto e alla salvaguardia dell'ambiente, alla diminuzione delle emissioni di gas inquinanti e climalteranti, in un duplice modo: riducendo le emissioni sfruttando generatori ad alta efficienza e a basse emissioni e riducendo le necessità di energia termica. Oltre, naturalmente, ad aver scelto di vivere in un ambiente più confortevole e salubre e ad avere più reddito a disposizione, perché è minore la spesa per l'energia.

2.5. Efficienza Energetica e Legame con Unione Europea

Non solo a livello italiano ma anche europeo l'incremento dell'efficienza energetica è un obiettivo di interesse primario condiviso nell'ambito della politica energetica. L'Europa stessa ha evidenziato l'importanza di ridurre le emissioni di CO₂ attraverso politiche finalizzate ad un uso più efficiente dell'energia, richiedono agli Stati membri di conseguire entro il 2020 risparmi di energia superiori al 20%.

A partire dal Protocollo di Kyoto [19] l'Unione Europea ha manifestato il suo impegno nella politica contro le emissioni di gas climalteranti, fondato sull'assunto che l'aumento della temperatura media mondiale e i conseguenti cambiamenti climatici derivi dall'aumento delle emissioni antropiche di gas serra. Ogni Paese aderente al protocollo ha un suo obiettivo specifico vincolante: per l'Italia l'obiettivo è far sì che la media delle emissioni di gas serra nel periodo 2008-2012 sia al più pari al 93,5% delle emissioni del 1990. Nel 2007 con il Trattato di Lisbona [20] i leader dell'Unione hanno fissato in autonomo l'obiettivo di ridurre del 20 % il consumo energetico annuale dell'UE entro il 2020. Con la direttiva 2009/91/CE [21] l'Unione Europea promuove il miglioramento del rendimento energetico degli edifici nella Comunità, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni e l'efficacia sotto il profilo dei costi (recepita in Italia con il d.lgs.n.192/05 [22]). Nel 2018, nell'ambito del pacchetto «Energia pulita per tutti gli europei» [23], è stato fissato un nuovo obiettivo inteso a ridurre il consumo di energia di almeno il 32,5 % entro il 2030. Le misure di efficienza energetica sono sempre più riconosciute come uno strumento non soltanto per conseguire un approvvigionamento energetico sostenibile, ridurre le emissioni di gas a effetto serra, migliorare la sicurezza dell'approvvigionamento e ridurre i costi delle importazioni, ma anche per promuovere la competitività dell'Unione, l'efficienza energetica costituisce pertanto una priorità strategica per l'Unione. L'efficienza energetica costituisce pertanto una priorità strategica per l'Unione dell'energia, e l'UE promuove il principio «l'efficienza energetica al primo posto». Quindi solo agendo sul patrimonio esistente riusciremo ad ottemperare all'impiego di ridurre considerevolmente le emissioni inquinanti e la nostra dipendenza energetica da fonti fossili [24]

3 Software di calcolo

Il software applicativo utilizzato per i calcoli e EC700 “Calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici” prodotto dalla Edilclima S.r.l. Il programma EC700 consente di calcolare le prestazioni energetiche degli edifici in conformità alle Specifiche Tecniche UNI/TS 11300 [13], considerando tutti i servizi previsti dalla Raccomandazione n. 14 del Comitato Termotecnico Italiano Energia e Ambiente (climatizzazione invernale ed estiva, acqua calda sanitaria, illuminazione e ventilazione). Lo stesso Comitato certifica (Certificato di garanzia di conformità n. 73) che il software applicativo è conforme alle norme UNI/TS 11300-1:2014, UNI/TS 11300-2:2019, UNI/TS 11300-3:2010, UNI/TS 11300- 4:2016, UNI/TS 11300-5:2016, UNI/TS 11300-6:2016 [13] e alla UNI EN 15193:2008 [25] .



4 Inquadramento Generale dell'Edificio

L'edificio oggetto della presente diagnosi è situato in Via Galilei 58 Piacenza, ed è costituito da due unità abitative funzionalmente indipendenti a destinazione residenziale. L'edificio è stato costruito nel 2007 ex novo, presenta un piano interrato dove è localizzato il box e le cantine e due piani fuori terra. L'edificio appartiene alla categoria catastale: E1 (1) - Abitazioni civili e rurali a residenza a carattere continuativo

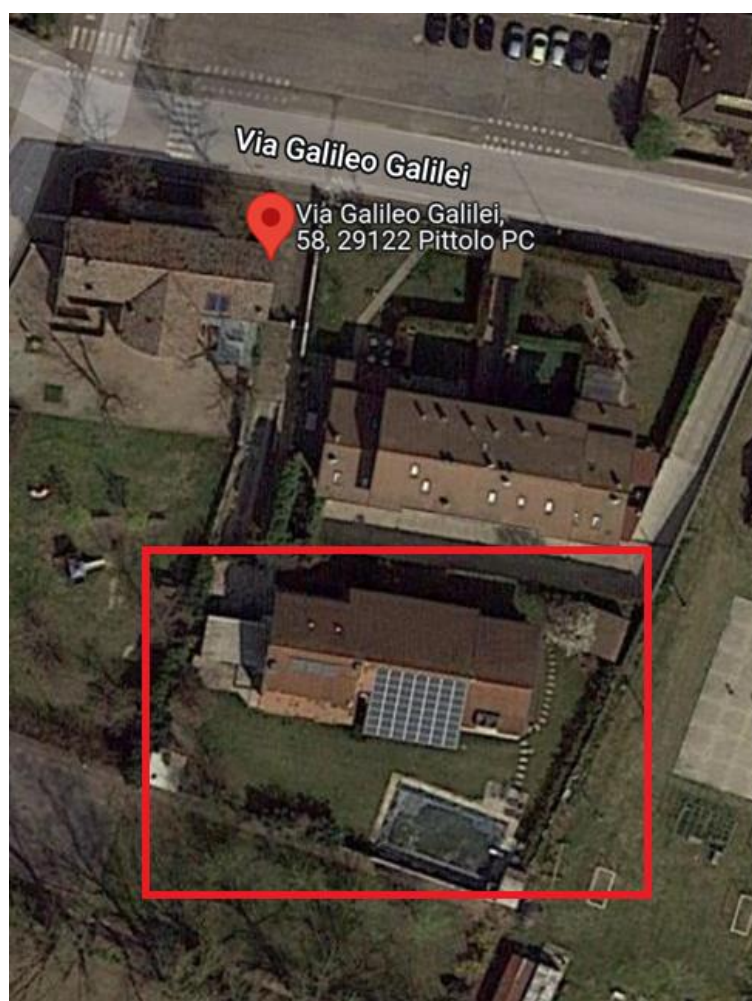


Figura 5: Nel riquadro Rosso è riportato l'edificio oggetto dell'intervento

In particolare le due unità abitative sono suddivise come rappresentato nelle immagini seguenti, estratte dal modello 3D del software:

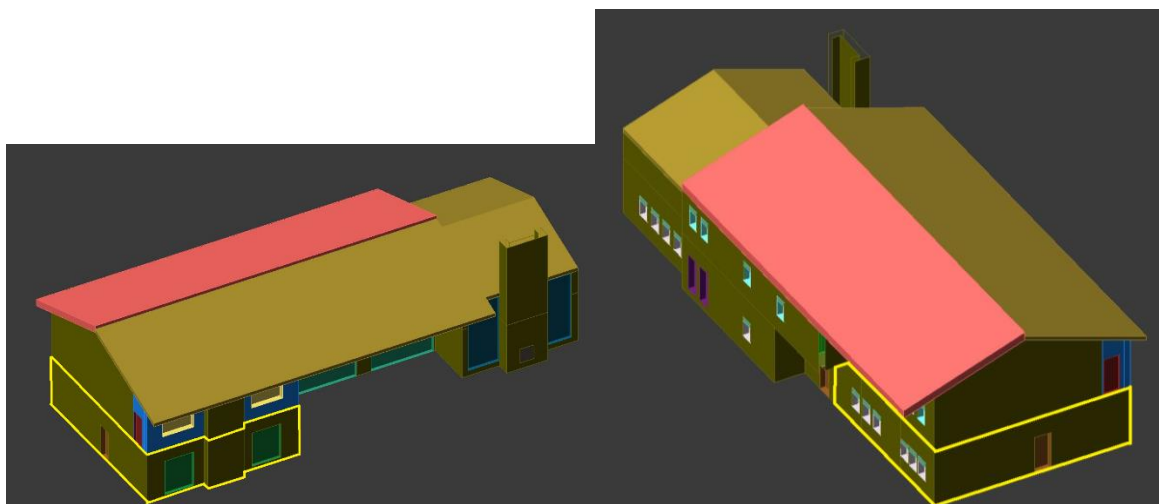
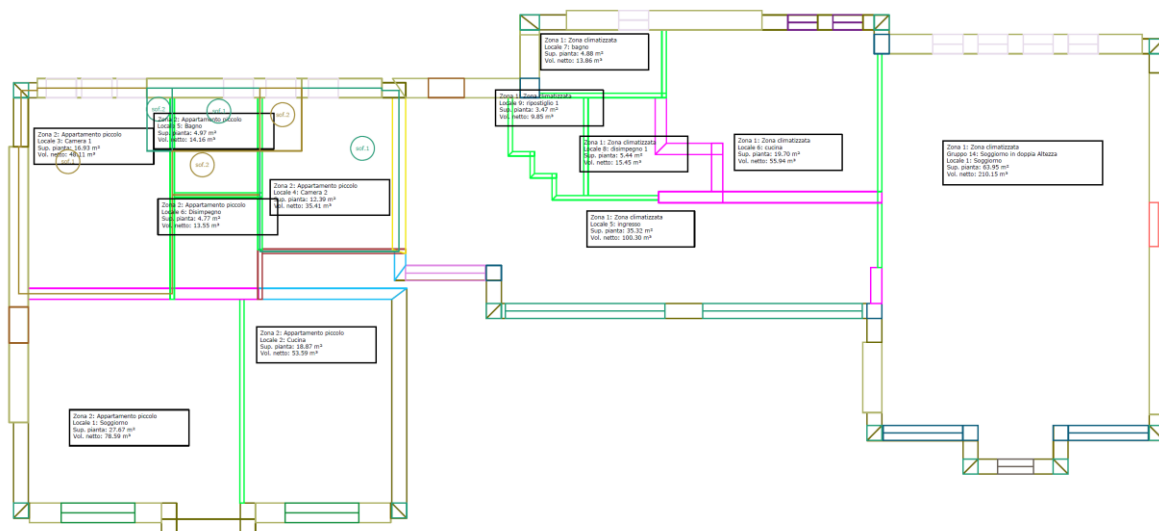


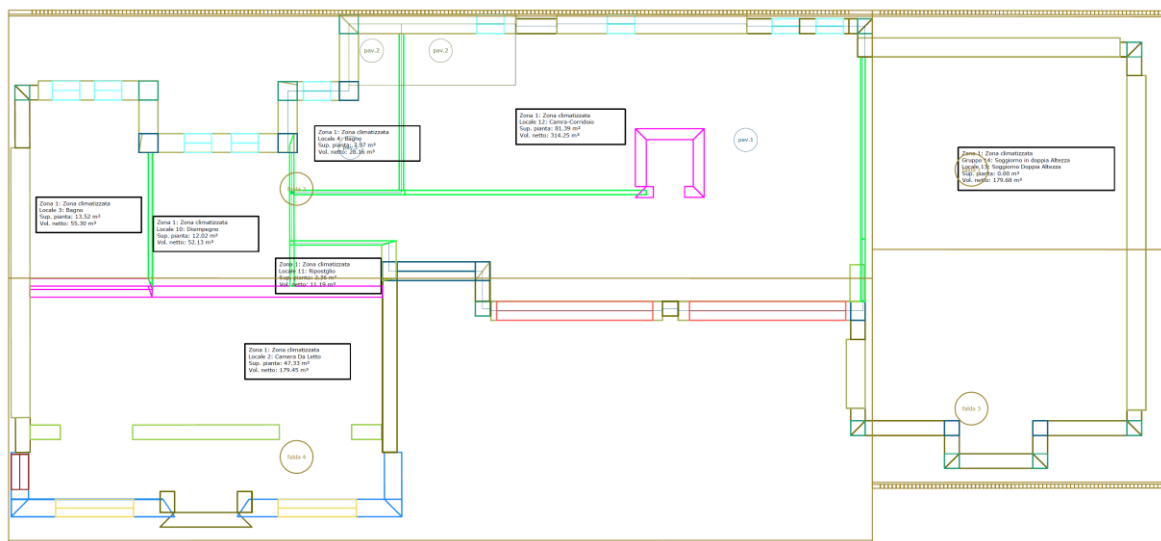
Figura 6: Suddivisione Esterna degli Appartamenti

In Figura 7 e Figura 8 è riportate la pianta dell'intero edificio composto da due unità immobiliari denominate rispettivamente: Appartamento Piccolo e Appartamento Grande, dove i colori indicano differenti stratigrafie per le pareti e gli infissi che saranno trattate nello specifico nei capitoli seguenti:



PIANTA PIANO TERRA

Figura 7: Pianta Piano Terra



PIANTA PIANO PRIMO

Figura 8: Pianta Piano Primo

I differenti colori rappresentano le differenti stratigrafie dell'intero edificio e sono specificati nella seguente immagine:

Legenda strutture termiche		
Cod.	Descr.	
S1	Soffitto verso esterno	T
S2	Soffitto verso altra u.i.	N
M4	Porta ingresso	T
Z3	C - Angolo tra pareti rientrante	-
Z4	C - Angolo tra pareti sporgente	-
W12	SERR ALL VS 90X65	T
W2	SERR LEGNO VC 75X85	T
W3	SERR LEGNO VC 110X240	T
W9	SERR NUOVO200X440	T
W5	SERR NUOVO 400X280	T
W6	SERR NUOVO 200X140 con Tamponamento	T
W7	SERR NUOVO 185X230	T
W8	SERR LEGNO VC 75X200	T
M1	Parete esterna	T
M5	Parete verso altra u.i.	N
M2	Parete portante verso scale	U
M3	Tramezza verso scale	U
M6	Parete portante interna	D
M11	Parete esterna polistirene	T
M7	Tramezza interna	D
-	Struttura non disperdente	-

Tabella 6: Stratigrafie e Serramenti

4.1. Dati Geometrici Intero Edificio

La seguente tabella riporta i principali dati geometrici dell'intero edificio:

Superficie in pianta netta	383,10	m ²
Superficie esterna lorda	1310,66	m ²
Volume netto	1469,61	m ³
Volume lordo	2028,01	m ³
Rapporto S/V	0,65	m ⁻¹

Tabella 7: Dati Geometrici Principali

Questi dati saranno utilizzati nei capitoli seguenti per verificare la sussistenza di alcune condizioni al fine di poter applicare la normativa di Superbonus 110%.

4.2. Dati Climatici Della Località

La Tabella 8 riporta le principali caratteristiche sui dati climatici della località:

Caratteristiche Geografiche	
Località	Via Galileo Galilei 58 Pittolo, Piacenza
Provincia	Piacenza
Gradi-Giorno	2715
Zona Climatica	E
Dati Invernali di calcolo	
Temperatura esterna di progetto [°C]	-5
Stagione di riscaldamento convenzionale	Dal 15 Ottobre al 15 Aprile
Dati Estivi di Calcolo	
Temperatura di Bulbo Secco [°C]	32,6
Temperatura di Bulbo Umido [°C]	23,9

Tabella 8:Dati Climatici

Ricordando che la zona climatica di ubicazione indica il periodo di giorni e ore al giorno in cui è consentito avviare l'impianto di riscaldamento, proprio per la zona climatica E che è comprensiva delle località che spaziano tra i 2101 e 3000 Gradi-Giorno, secondo "Decreto del Presidente della Repubblica n. 412 del 26 agosto 1993" [26], è consentito quindi avviare l'impianto dal 15 di Ottobre fino al 15 di Aprile per un massimo di 14 ore al giorno.

La classificazione delle zone climatiche come sopra evidenziato non è fatta mediante ubicazione geografica, ma mediante il sistema dei Gradi-Giorno ovvero la sommatoria della differenza dei gradi medi esterni giornalieri e la temperatura convenzionale della zona.

$$GG = \sum_{1}^{n} T_0 - T_e$$

Equazione 3: Gradi-Giorno

Dove:

- T_0 temperatura ambiente convenzionale
- T_e temperatura media esterna giornaliera tale che $T_e < T_0$
- n numero dei giorni convenzionali di riscaldamento
-

Il seguente calcolo è normato secondo la norma UNI EN ISO 15927-6:2008 [27]

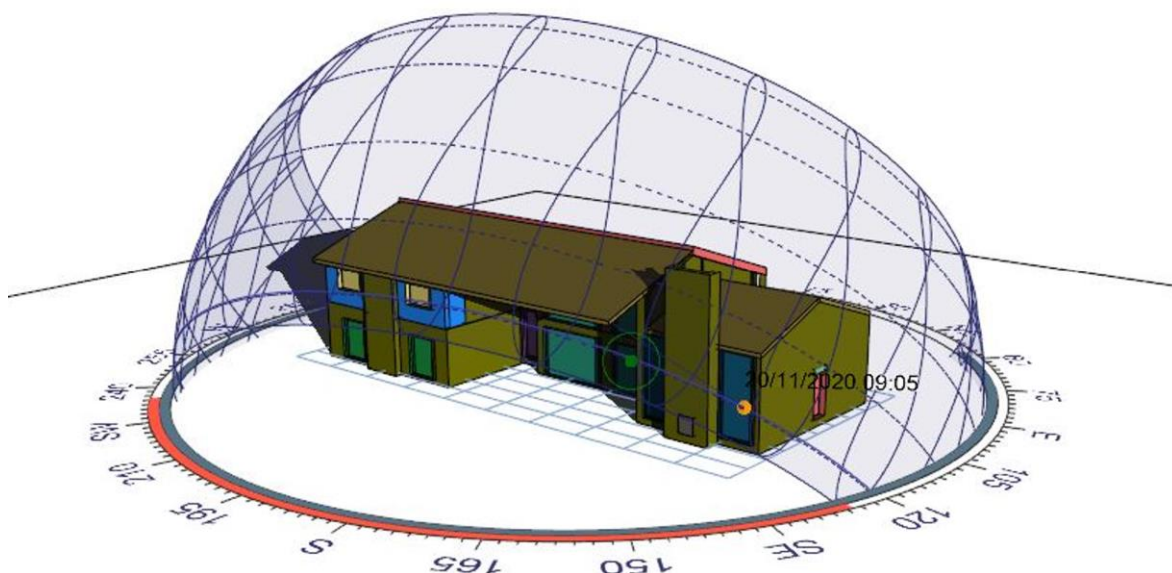


Figura 9: Modello Edificio ed Esposizione Solare

4.3. Semplificazioni per il Modello 3D

Per la modellazione dell'edificio oggetto degli interventi di riqualifica energetica, come predetto, si è scelto di utilizzare il tool "EC700 - Calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici" di Edilclima s.r.l. In particolare per definire le geometrie ed assegnare le proprietà di ogni componente si è scelto di utilizzare l'Input Grafico, un tool che permette di lavorare direttamente sulla pianta del edificio definendo così ogni proprietà fisica e geometrica di esso. La modellazione dell'edificio non è perfettamente fedele alla realtà ma sono state introdotte alcune semplificazioni.

La prima semplificazione riguarda la copertura che nella realtà dei fatti presenta delle interruzioni come mostrato in Figura 10, mentre nel modello è stata rappresentata in modo continuo. Il tetto, essendo un elemento oscurante, andrebbe a ridurre le immissioni solari, di conseguenza questa semplificazione porta ad un incremento della potenza termica invernale necessaria. Dunque questa scelta risulta essere conservativa ai fini della scelta impiantistica.



Figura 10: Confronto Geometria Copertura

La seconda semplificazione riguarda le finestre presenti nella zona giorno dell'Appartamento Grande le quali nella realtà dei fatti risulterebbero tagliate da un trave in legno, mentre nel modello sono state rappresentate a tutta altezza. Questa semplificazione geometrica è stata fatta considerando un ridotto spessore del trave rispetto le dimensioni dei componenti vetrati, quindi non andrebbe ad inficiare sullo scambio termico di tale parete in modo rilevante.

La terza semplificazione, la più importante, riguarda la parete principale nel modello Ante Operam, in quanto questa parete è rivestita in parte da geo pietra, la quale è stata posata direttamente sopra l'intonaco quindi risulterebbe un elemento ulteriore da considerare nel calcolo della trasmittanza. Siccome la geometria della posa di queste pietre è complicata in quanto non è distribuita uniformemente lungo le pareti, si è scelto di non modellarla e rappresentare tutta la parete in modo omogeneo. Questa scelta risulta essere conservativa rispetto al calcolo della potenza termica invernale in quanto la rimozione di un componente da una parete opaca va ad inficiare in negativo sulle sue caratteristiche termiche, aumentandone la trasmittanza termica.



Figura 11: Geo Pietra Presente nella Realtà dei Fatti

5 Situazione Ante Operam

Lo studio Ante-Operam è fondamentale per la determinazione dell'Ape pre-intervento, un documento depositato al catasto, che serve a certificare la situazione energetica dell'edificio in oggetto. In particolare essendo l'edificio composto da due unità immobiliari in materia di Superbonus è necessario emettere e depositare il cosiddetto "Ape Convenzionale" Ante Operam, un documento che descrive la situazione energetica dell'edificio nella sua totalità e non nelle singole unità abitative. Documento utile solamente a certificare il salto di due classi energetiche quindi fondamentale in materia di Superbonus [1].

5.1. Descrizione dell'Involucro Edilizio

L'involucro edilizio dell'edificio oggetto dell'intervento è stato caratterizzato sulla base del rilievo in sito, le caratteristiche Termo-Igrometriche delle strutture edili opache e trasparenti e dei ponti termici utilizzate per il calcolo delle dispersioni termiche dell'involucro edilizio nella situazione Ante Operam sono state dedotte sulla base dei rilievi effettuati, delle informazioni circa l'anno di costruzione e lo stato di manutenzione dell'immobile e sulla base delle informazioni contenute nei seguenti documenti:

- abaco delle strutture murarie utilizzate in Italia in edifici esistenti (Allegato B, UNI/TS 11300-1:2014 [13], UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370 [28])
- atlante nazionale dei ponti termici conforme alle norme UNI EN ISO 14683 [29] e UNI EN ISO 10211 [30](Edizioni Edilclima).

5.1.1. Descrizione dell'Involucro Opaco

Le pareti opache sono descritte principalmente dal parametro di trasmittanza termica al metro quadro, la quale è una grandezza fisica che misura la quantità di potenza termica scambiata da un materiale per unità di superficie e unità di differenza di temperatura quando lambito su entrambi i lati da fluidi. Definisce la tendenza di un elemento allo scambio di energia, ovvero l'inverso della capacità isolante di un corpo.

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_1^N R_i + R_{se}} \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

Equazione 4: Calcolo Trasmittanza Termica secondo Normativa UNI EN ISO 6946 [4]

Dove:

- s
- k conducibilità termica $\frac{W}{mK}$
- n numero dei componenti
- U trasmittanza termica al metro quadro $\frac{W}{m^2K}$
- R_i Resistenza del componente omogeneo calcolata come $R_i = \frac{s_i}{\lambda_i} \left[\frac{m^2K}{W} \right]$
con s_i [m] e λ_i $\left[\frac{W}{mK} \right]$ rispettivamente spessore e conducibilità termica del componente i-esimo

Dove il termine in sommatoria indica la Resistenza Termica di quello strato espressa in $\frac{m^2K}{W}$;

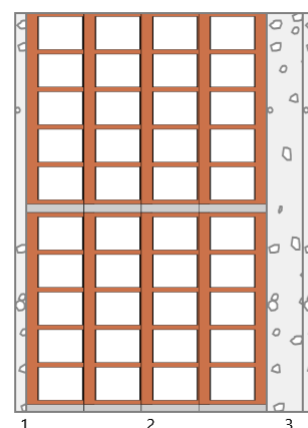
Un altro parametro è la trasmittanza termica periodica (UNI EN ISO 13786 [31]) è un parametro che esprime la capacità di un componente edilizio di attenuare e sfasare nel tempo il flusso termico proveniente dall'esterno che lo attraversa nell'arco delle ventiquattro ore di una giornata, è quindi un parametro dinamico del corpo. Congiuntamente ad esso si valutano, il Fattore di attenuazione ovvero di quanto l'onda termica esterna è attenuata attraversando la parete e lo sfasamento dell'onda termica ovvero di quante ore è traslata l'onda termica.

Si riporta in questo paragrafo la parete di maggiore interesse, ovvero la parete che divide le zone climatizzate dall'esterno e su cui si effettuerà l'intervento di efficientamento energetico mediante cappotto termico.

Descrizione della struttura: Parete esterna

Codice: M1

Trasmittanza termica	0,437	W/m ² K
Spessore	375	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,0	°C
Permeanza	34,453	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	281	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	240	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,040	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,091	-
Sfasamento onda termica	-14,6	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco isolante di gesso	15,00	0,1800	0,083	600	1,00	10
2	Blocco POROTON 700	300,00	0,2400	1,250	800	1,00	10
3	ISOLSAN 230	45,00	0,0630	0,714	245	1,00	9
4	Intonaco plastico	15,00	0,4000	0,038	1400	0,84	150
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,073	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

La stratigrafia di questa parete presenta quattro elementi strutturali e conseguente quattro resistenze termiche a cui si aggiungono le resistenze termiche superficiali interna ed esterna che sono normate dalla norma UNI EN ISO 6946 [4]. I componenti strutturali sono:

- POROTON 700: blocco di laterizio da 30 *cm* porizzato e forato con percentuale di foratura minore del 55%, utilizzato per la parte strutturale della muratura, stabilizzato in essa attraverso giunti di malta orizzontali e verticali;
- ISOLAN 230: Intonaco premiscelato deumidificante ad elevato potere termoisolante. A base di leganti idraulici macroporosi selezionati e predosati, perle vergini di polistirene espanso perfettamente sferiche a granulometria costante e speciali additivi;
- Intonaco di Gesso: utilizzato all'interno della struttura;
- Intonaco Plastico: utilizzato all'esterno della struttura;

La seguente parete risulta essere l'elemento debole a livello termo-igrometrico, avendo una scarsa trasmittanza termica ed essendo la parete verticale dominante (circa 85% di incidenza sulle superfici verticali). Quindi proprio per questa sommatoria di cose risulta essere la parete che genera maggiori dispersioni termiche.

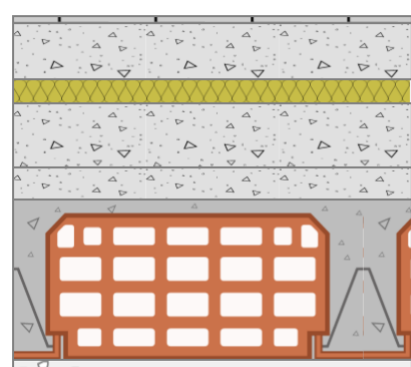
5.1.2. Descrizione della Pavimentazione Disperdente

La pavimentazione che incide maggiormente sulle dispersioni termiche è quella verso cantina in quanto il piano terreno poggia interamente sulla zona Box e Cantine la cui temperatura di riferimento è presa pari al valore di 7,5 °C mediante la norma di riferimento UNI TS 11300-1 [13]. La pavimentazione che separa le due unità immobiliari non è da considerarsi disperdente siccome mette in comunicazione due ambienti riscaldati alla medesima temperatura, quindi si riporta in seguito la sola pavimentazione tra piano terreno e piano interrato:

Descrizione della struttura: Pavimento verso cantina

Codice: P2

Trasmittanza termica		0,399	W/m ² K
Spessore		446	mm
Temperatura (calcolo potenza invernale)	esterna	7,5	°C
Permeanza		0,002	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa (con intonaci)	superficiale	503	kg/m ²
Massa (senza intonaci)	superficiale	476	kg/m ²
Trasmittanza periodica		0,025	W/m ² K
Fattore attenuazione		0,064	-
Sfasamento onda termica		-15,8	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,170	-	-	-
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	10,00	1,3000	0,008	2300	0,84	9999999
2	Sottofondo di cemento magro	70,00	0,7000	0,100	1600	0,88	20
3	Tube del pannello - R979NY005	0,00	-	-	-	-	-
4	Polistirene espanso sint. per R979NY005	31,00	0,0344	0,900	23	1,25	50
5	Foamcem	80,00	0,0980	0,816	400	0,88	6
6	C.I.S. di sabbia e ghiaia (pareti esterne)	40,00	1,6100	0,025	2200	1,00	96
7	Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50	200,00	0,6600	0,303	1100	0,84	7
8	Malta di calce o di calce e cemento	15,00	0,9000	0,017	1800	1,00	22
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,170	-	-	-

Tabella 9: Stratigrafia Pavimento Verso Cantina

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conducibilità termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Nella Tabella 9 è riportata la stratigrafia della pavimentazione verso cantina la quale è composta da otto elementi:

- Piastrelle in ceramica (piastrelle), la cui caratteristica fondamentale è la resistenza al vapore che viene impostata dal software ad un valore apparentemente di poco significato ma che indica però la massima capacità del componente a bloccare il passaggio del vapore;
- Sottofondo di cemento magro, questo elemento non è strutturale ma è necessario a livellare la pavimentazione ed ospitare i componenti impiantistici, come per esempio i pannelli radianti a pavimento;
- Tubo del pannello - R979NY005 e Polistirene espanso sint. per R979NY005 sono i due componenti rappresentativi di quello che è il sistema di riscaldamento mediante pannello radiante a pavimento;
- Foamcem, o cemento cellulare leggero è un materiale utilizzato per l'isolamento termico nei sottofondi di pavimentazioni civili ed industriali e sui tetti piani con formazione di pendenze;
- C.I.s. di sabbia e ghiaia (pareti esterne);
- Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50;
- Malta di calce o di calce e cemento;
-

Anche per questo componente le resistenze termiche superficiali interna ed esterna sono normate dalla norma UNI EN ISO 6946 [4].

5.1.3. Descrizione della Copertura Disperdente

La copertura è unica per tutto l'edificio ed interessa solamente il primo piano della zona denominata dal software: Appartamento Grande, in particolare la copertura è inclinata di 20 gradi rispetto l'orizzontale come rappresentato in Figura 12: Modello 3d Intero Edificio:

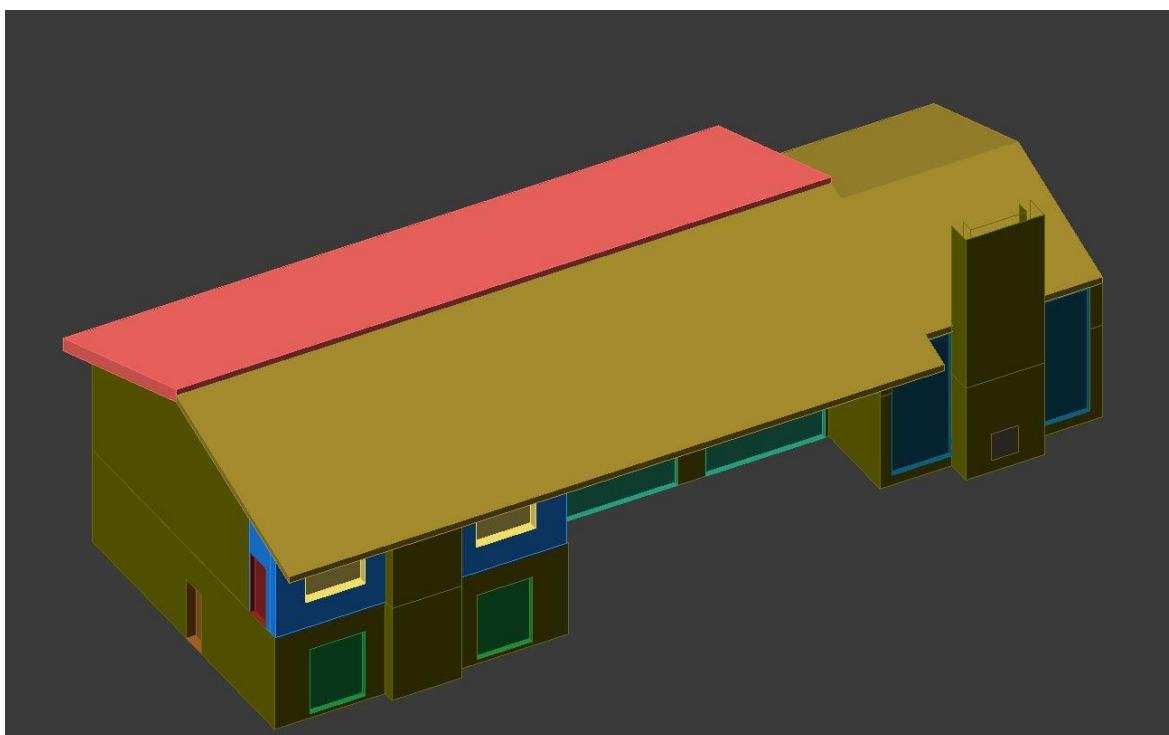


Figura 12: Modello 3d Intero Edificio

Nella Tabella 10 è riportata la stratigrafia della Copertura la quale è composta dai seguenti elementi:

- Polistirene espanso sinterizzato (EPS 100), è un materiale rigido, di peso ridotto, composto da carbonio, idrogeno e per il 98% d'aria
- Barriera vapore in fogli di polietilene;
- Legno di pino flusso perpendicolare alle fibre;

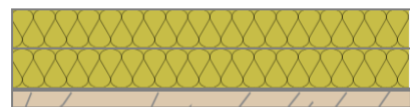
Anche per questo componente le resistenze termiche superficiali interna ed esterna sono normate dalla norma UNI EN ISO 6946 [4].

Le caratteristiche della Copertura Disperdente sono così descritte:

Descrizione della struttura: Copertura

Codice: S4

Trasmittanza termica		0,311	W/m ² K
Spessore		126	mm
Temperatura (calcolo potenza invernale)	esterna	-5,0	°C
Permeanza		1,868	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa (con intonaci)	superficiale	16	kg/m ²
Massa (senza intonaci)	superficiale	16	kg/m ²
Trasmittanza periodica		0,299	W/m ² K
Fattore attenuazione		0,959	-
Sfasamento onda termica		-1,6	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,073	-	-	-
1	Polistirene espanso sinterizzato (EPS 100)	50,00	0,0350	1,429	15	1,45	60
2	Polistirene espanso sinterizzato (EPS 100)	50,00	0,0350	1,429	15	1,45	60
3	Barriera vapore in fogli di polietilene	1,00	0,3300	0,003	920	2,20	100000
4	Legno di pino flusso perpendicolare alle fibre	25,00	0,1400	0,179	550	1,60	42
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

Tabella 10: Stratigrafia Copertura

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

5.1.4. Descrizione delle Tipologie di Serramenti

I componenti finestrati sono composti principalmente da due elementi: il vetro e il serramento. In particolare i dati rappresentativi di un componente finestrato sono:

- Trasmittanza termica U_w W/m^2K
- Trasmittanza solo vetro U_g W/m^2K
- Trasmittanza termica del telaio U_f W/m^2K
- Ψ_g è il valore di trasmittanza termica lineare concernente la conduzione di calore supplementare che avviene a causa dell'interazione tra telaio, vetri e distanziatore dei vetri in funzione delle proprietà termiche di ognuno di questi componenti e si rileva, secondo quanto precisato nell'Annex E della norma UNI EN ISO 10077 [32]

Dove U_w è calcolato attraverso una media pesata sulle aree tra le trasmittanze termiche di vetro, serramento e la componente di interazione lineare data dalla discontinuità tra i due componenti e tutti i componenti necessari al sostegno della struttura vetrata:

$$U_w = \frac{U_w A_w + U_f A_f + \Psi_g L_g}{A_w + A_f}$$

Equazione 5: Trasmittanza termica Finestra

Dove la trasmittanza termica del vetro è calcolata come:

$$U_g = \frac{1}{R_{se} + \sum \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{si}}$$

Equazione 6: Trasmittanza Termica Solo Vetro

- R_{se} : Resistenza superficiale esterna
- R_{si} : Resistenza superficiale interna
- d_j : spessore strato j – esimo
- λ_j : Conduttività Termica del componente j – esimo

Dove valori di trasmittanza termica lineare sono ricavati dai prospetti della norma UNI EN ISO 10077 [32]:

Table G.1 — Values of linear thermal transmittance for common types of glazing spacer bars (e.g. aluminium or steel)

Frame type	Linear thermal transmittance for different types of glazing ψ_g	
	Double or triple glazing uncoated glass air- or gas-filled	Double ^a or triple ^b glazing low-emissivity glass air- or gas-filled
Wood or PVC	0,06	0,08
Metal with a thermal break	0,08	0,11
Metal without a thermal break	0,02	0,05

^a One pane coated for double glazed.
^b Two panes coated for triple glazed.

Figura 13: Prospetto UNI EN ISO 10077

L'edificio presenta due tipologie di pacchetti vetrati:

1. Vetro Camera, la cui stratigrafia del pacchetto vetrato è riportata in Tabella 11

Descrizione strato	s	λ	R
Resistenza superficiale interna	-	-	0,130
Primo vetro	4,0	1,00	0,004
Intercapedine	-	-	0,173
Secondo vetro	4,0	1,00	0,004
Resistenza superficiale esterna	-	-	0,073

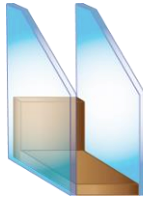


Tabella 11: Stratigrafia Pacchetto Vetrato Vetro Camera

2. Vetro Singolo anti-sfondamento, la cui stratigrafia del pacchetto vetrato è riportata in Tabella 12

Descrizione strato	s	λ	R
Resistenza superficiale interna	-	-	0,130
Primo vetro	30,0	1,00	0,030
Resistenza superficiale esterna	-	-	0,073




Tabella 12: Stratigrafia Pacchetto Vetrato Vetro Singolo

Legenda simboli

s	Spessore	mm
λ	Conduktività termica	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W

Di seguito sono riportate due componenti finestrate tipo significativi per l'intero edificio:

- Serramento Legno con Vetro Camera

Descrizione della finestra: SERR LEGNO VC 70X90

Codice: W1

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	Singolo		
Classe di permeabilità	Senza classificazione		
Trasmittanza termica	U_w	2,855	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	2,849	W/m ² K

Dati per il calcolo degli apporti solari

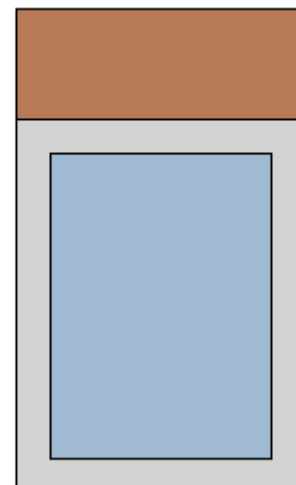
Emissività	ϵ	0,837	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	0,80	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	0,80	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	0,750	-
Fattore trasmissione solare totale	g_{gl+sh}	0,589	-

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		0,16	m ² K/W
f shut		0,6	-

Dimensioni del serramento

Larghezza		70,0	cm
Altezza		90,0	cm

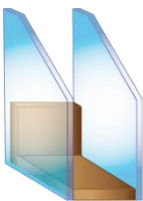


Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica del telaio	U_f	2,20	W/m ² K
K distanziale	K_d	0,06	W/mK
Area totale	A_w	0,630	m ²
Area vetro	A_g	0,400	m ²
Area telaio	A_f	0,230	m ²
Fattore di forma	F_f	0,63	-
Perimetro vetro	L_g	2,560	m
Perimetro telaio	L_f	3,200	m

Stratigrafia del pacchetto vetrato

Descrizione strato	s	λ	R
Resistenza superficiale interna	-	-	0,130
Primo vetro	4,0	1,00	0,004
Intercapedine	-	-	0,173
Secondo vetro	4,0	1,00	0,004
Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040


Legenda simboli

s	Spessore	mm
λ	Conduttività termica	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo	U	2,621	W/m ² K
---------------------------------	---	--------------	--------------------

Cassonetto

Struttura opaca associata	M8	Cassonetto	
Trasmittanza termica	U	0,767	W/m ² K
Altezza	H _{cass}	27,00	cm
Profondità	P _{cass}	20,00	cm
Area frontale		0,19	m ²

Ponte termico del serramento

Ponte termico associato	Z6	W - Parete - Telaio	
Trasmittanza termica lineica	ψ	0,038	W/mK
Lunghezza perimetrale		2,50	m

- Serramento Alluminio con Vetro Singolo anti-sfondamento

Descrizione della finestra: SERR ALL VS 400X280

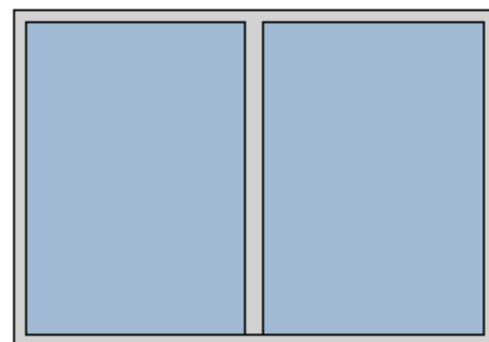
Codice: W5

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	Singolo		
Classe di permeabilità	Senza classificazione		
Trasmittanza termica	U_w	4,111	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	4,293	W/m ² K

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ	0,837	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\text{ inv}}$	0,80	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\text{ est}}$	0,80	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	0,850	-
Fattore trasmissione solare totale	g_{gl+sh}	0,671	-



Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		0,00	m ² K/W
f shut		0,6	-

Dimensioni del serramento


Larghezza		400,0	cm
Altezza		280,0	cm

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica del telaio	U_f	3,10	W/m ² K
K distanziale	K_d	0,00	W/mK
Area totale	A_w	11,200	m ²
Area vetro	A_g	9,490	m ²
Area telaio	A_f	1,710	m ²
Fattore di forma	F_f	0,85	-
Perimetro vetro	L_g	17,700	m
Perimetro telaio	L_f	13,600	m

Stratigrafia del pacchetto vetrato

Descrizione strato	s	λ	R
Resistenza superficiale interna	-	-	0,130
Primo vetro	30,0	1,00	0,030
Resistenza superficiale esterna	-	-	0,073


Legenda simboli

s	Spessore	mm
λ	Conduttività termica	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo U **4,183** W/m²K

Ponte termico del serramento

Ponte termico associato **Z6 W - Parete - Telaio**

Trasmittanza termica lineica Ψ **0,059** W/mK

Lunghezza perimetrale **13,60** m

5.2. Descrizione dell'Impianto di Climatizzazione Invernale

Gli impianti presenti nelle due unità familiari sono molto simili tra loro in quanto presentano la stessa configurazione impiantistica essendo composti da caldaia a condensazione ed impianto radiante a pavimento, dunque i sistemi a servizio delle unità immobiliari sono già volti al risparmio energetico. In particolare il sistema radiante a pavimento permette un risparmio in termini di produzione di acqua circolante nell'impianto rispetto ad un sistema a radiatori tradizionali, siccome per il sistema annegato l'acqua è prodotta tra 40-50 °C mentre per il sistema tradizionale a 80 °C. Il sistema radiante a pavimento permette, inoltre, un maggiore confort termico siccome nel transitorio di avvio il volume di aria fredda è maggiore rispetto a quello di aria calda, quindi lo scambio termico avverrà più rapidamente e con un maggiore dispendio di energia. L'applicazione continua della forza radiante farà aumentare gradualmente il volume della zona calda, infatti il flusso discendente d'aria fredda incontrerà sempre maggiore resistenza e il sistema, nel suo complesso, tenderà verso un punto di massima efficienza che potrà essere mantenuto con un dispendio minimo di energia. Negli impianti di riscaldamento a pavimento la particolare collocazione dei pannelli radianti e la cessione di calore per irraggiamento genera una stratificazione delle temperature che si avvicina maggiormente alla situazione ideale di **benessere termico**. Inoltre, fattore molto importante dell'impianto a pannelli radianti, la distribuzione del calore risulta uniforme in tutti gli spazi, al contrario di un impianto tradizionale, dove nei pressi delle fonti di calore si concentrano temperature elevate.

5.2.1. Impianto Climatizzazione Invernale: Appartamento Piccolo

L'impianto è composto da una caldaia a condensazione a servizio del riscaldamento e della produzione di acqua calda sanitaria con integrazione ad espansione diretta, in particolare la caldaia a condensazione è marca Sile modello Condensa Serie 6.27 e il sistema ad espansione diretta è marca Daikin. Per quanto riguarda la distribuzione è a collettori posti al piano terreno e il riscaldamento avviene mediante pannelli annessi a pavimento a bassa temperatura. A servizio di questo appartamento non sono presenti sistemi o fonti energetiche rinnovabili.

5.2.2. Impianto di Climatizzazione Invernale: Appartamento Grande

L'impianto è composto da una caldaia a condensazione a servizio del riscaldamento e della produzione di acqua calda sanitaria con integrazione ad espansione diretta, in particolare la caldaia a condensazione è marca Immergas modello Victrix Superior 26 Erp e il sistema ad espansione diretta è marca Daikin ed in particolare sono presenti tre unità a servizio rispettivamente dalla zona giorno e delle due zone notte. Per quanto riguarda la distribuzione è a collettori posti al piano e il riscaldamento avviene mediante pannelli annessi a pavimento a bassa temperatura. Per questa unità è presente una fonte rinnovabile ovvero la produzione di energia elettrica mediante pannelli fotovoltaici, in particolare i dati di produzione di energia elettrica sono stimati mediante il software PVGIS [33]. Segue figura riassuntiva della produzione annuale:

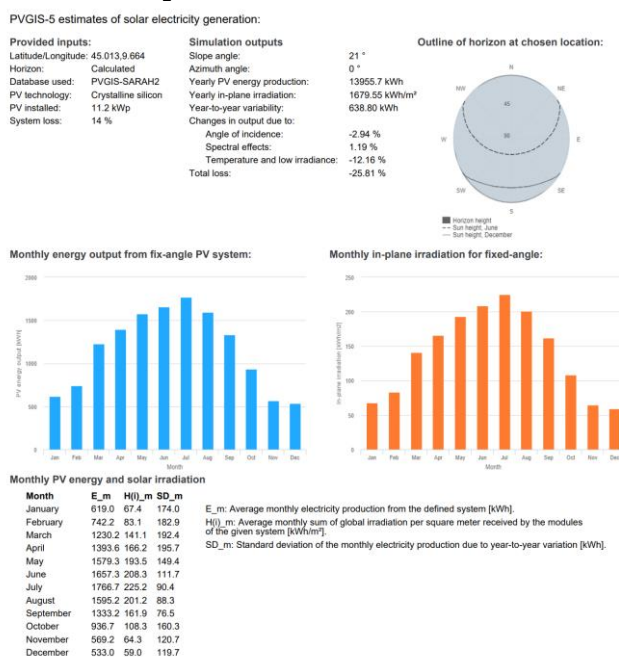


Figura 14: Producibilità fotovoltaico installato

5.3. Determinazione della Classe Energetica

Facendo riferimento a quanto esposto al paragrafo 1.5: Attestato di Prestazione Energetica (APE), si riporta nella Tabella 13 in seguito la classe energetica delle singole unità immobiliari:

Consumo energetico EP _{gl,nren} [W/m ² anno] Appartamento Piccolo	111,88
Classe energetica Ante Operam	C
Consumo energetico EP _{gl,nren} [W/m ² anno] Appartamento Grande	136,62
Classe energetica Ante Operam	C

Tabella 13: Classi Energetiche Singole Unità Immobiliari

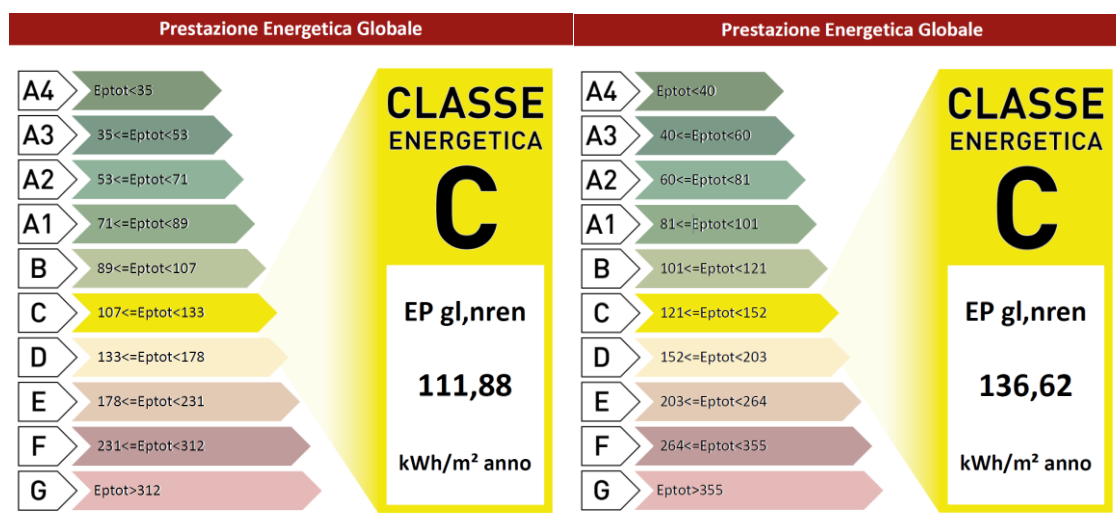


Figura 15: APE Appartamento Piccolo

Figura 16: APE Appartamento Grande

Come predetto, però, in materia di Superbonus 110% la condizione necessaria di salto delle due classi è verificata non sulle singole unità immobiliari ma sull'intero edificio, quindi è necessaria la redazione di un Attestato di Prestazione Energetica Convenzionale, la cui classe energetica è espressa in Tabella 14 Tabella 14: Classe Energetica Intero Edificio, facente riferimento alla Figura 17:

Consumo energetico EPgl,nren [W/m ² anno] Intero Edificio	130,86
Classe energetica Ante Operam	C

Tabella 14: Classe Energetica Intero Edificio

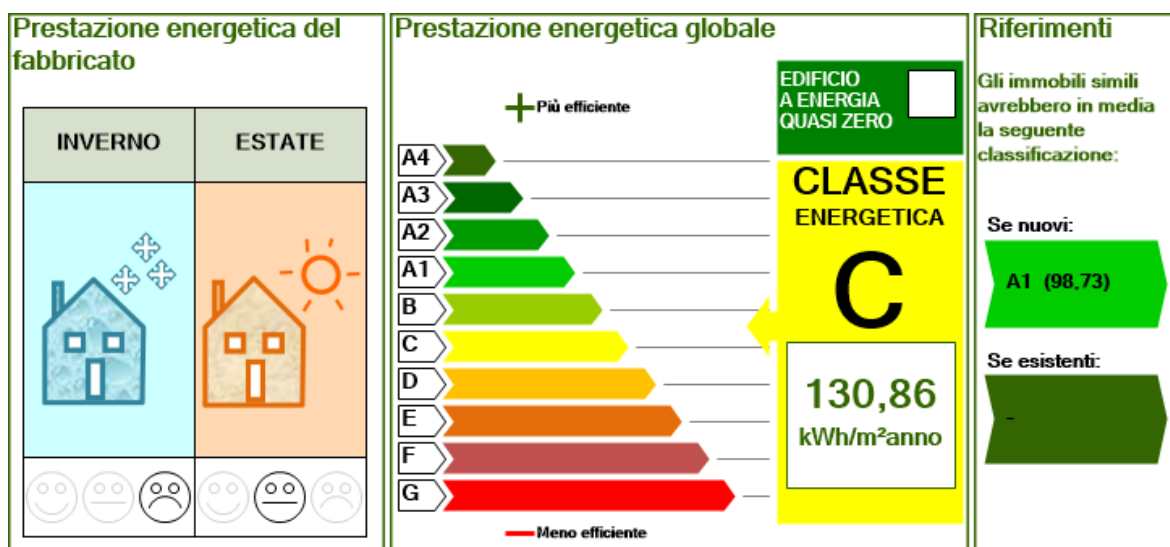


Figura 17: APE Convenzionale

6 Interventi Migliorativi

Al fine di accedere all'agevolazione massima Superbonus 110% devono sussistere, come predetto, due condizioni:

- L'installazione di uno o più elementi che rientrano nella categoria "Interventi Trainanti"
- Il miglioramento di due classi energetiche verificato post intervento, mediante APE Convenzionale, considerando congiuntamente interventi trainanti e trainati.

Al fine di accedere alla normativa gli interventi migliorativi eseguiti per il seguente edificio sono:

- interventi sull'involucro edilizio nel rispetto dei vincoli imposti dal Superbonus, ovvero con un'incidenza superiore al 25% della superficie disperdente lorda
- sostituzione dell'impianto di riscaldamento con pompa di calore ad alta efficienza
- sostituzione dei serramenti obsoleti
- ampliamento del sistema fotovoltaico
- sostituzione dell'impianto di integrazione a pompa di calore

6.1. Interventi Migliorativi di tipo “Trainante”

6.1.1. Interventi sull’Involucro Edilizio Opaco

L’involucro edilizio sarà isolato mediante la posa di un cappotto termico che migliorerà trasversalmente le proprietà termiche dell’involucro e andrà a servizio della correzione dei ponti termici. Inoltre, è stata richiesta dal cliente una modifica su alcuni componenti vetrati che saranno tamponati mediante una falsa parete in cartongesso la quale sarà anch’essa rivestita dal cappotto termico. Il componente isolante che si è scelto di utilizzare in una prima analisi era “Aerogel”, una miscela simile al gel costituita da una sostanza allo stato solido e un gas, il cui risultato è una schiuma solida con conduttività termica molto bassa. Però per problemi di reperibilità del materiale e per problemi riguardanti i costi di acquisto e posa in opera, si è scelto congiuntamente alla volontà del cliente, di optare per una soluzione più “semplice”, ovvero l’utilizzo del Polistirene Espanso Sinterizzato alla Grafite, un polimero dello stirene, un materiale rigido, di peso ridotto, composto da carbonio, idrogeno e per il 98% d’aria nella sua forma espansa. In particolare si è scelto di utilizzare il polistirene espanso alla grafite nella sua forma denominata EPS 100, quindi con uno spessore di 100 *mm*, applicato sull’intonaco pre-esistente, precedentemente rasato, e ricoperto nuovamente da uno strato di intonaco di gesso. Il polistirene espanso si presenta in lastre e mediante l’utilizzo di un particolare collante viene applicato direttamente sull’intonaco esistente ma precedentemente rasato, poi sarà direttamente ricoperto dal nuovo intonaco.



Figura 18: Lastre EPS 100

Nella figura seguente è evidenziata in rosso la parete su cui si andrà ad applicare il cappotto termico, il quale si estenderà per tutta l'altezza dell'edificio:

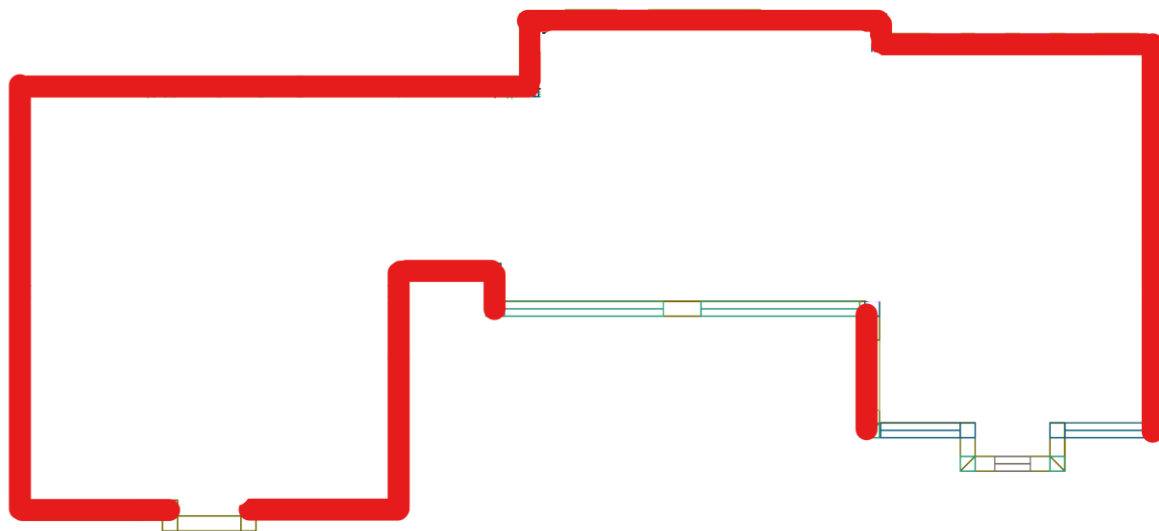


Figura 19: Rappresentazione Semplificata Applicazione Cappotto Termico

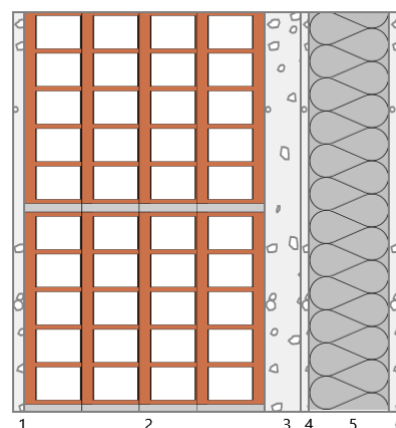
Le parti non evidenziate in rosso sono totalmente ricoperte da Geopietra e come richiesto dal cliente non saranno ricoperte con il cappotto termico per conservare l'estetica dell'edificio.

Di seguito è riportata la stratigrafia e i valori di trasmittanza calcolati come precedentemente enunciato per la parete su cui sarà applicato il cappotto termico:

Descrizione della struttura: Parete esterna polistirene

Codice: M11

Trasmittanza termica	0,181	W/m ² K
Spessore	485	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,0	°C
Permeanza	17,567	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	306	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	242	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,006	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,036	-
Sfasamento onda termica	-18,1	h



Stratigrafia:

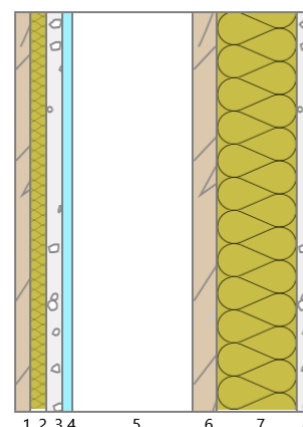
N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco isolante di gesso	15,00	0,1800	0,083	600	1,00	10
2	Blocco POROTON 700	300,00	0,2400	1,250	800	1,00	10
3	ISOLSAN 230	45,00	0,0630	0,714	245	1,00	9
4	Intonaco plastico	10,00	0,4000	0,025	1400	0,84	150
5	Polistirene espanso sinterizzato (alla grafite)	100,00	0,0310	3,226	20	1,45	60
6	Malta di cemento	15,00	1,4000	0,011	2000	1,00	22
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,073	-	-	-

Di seguito è riportata la stratigrafia e i valori di trasmittanza calcolati come precedentemente enunciato riguardante il tamponamento delle superfici vetrate:

Descrizione della struttura: Tamponamento Finestre

Codice: M12

Trasmittanza termica		0,220	W/m ² K
Spessore		367	mm
Temperatura (calcolo potenza invernale)	esterna	-5,0	°C
Permeanza		0,002	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa (con intonaci)	superficiale	118	kg/m ²
Massa (senza intonaci)	superficiale	55	kg/m ²
Trasmittanza periodica		0,044	W/m ² K
Fattore attenuazione		0,199	-
Sfasamento onda termica		-8,3	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Legno di abete flusso perpend. alle fibre	20,00	0,1200	0,167	450	1,60	625
2	Pannello in lana di roccia	20,00	0,0350	0,571	70	1,03	1
3	Malta di calce o di calce e cemento	20,00	0,9000	0,022	1800	1,00	22
4	Vetro per finestre	12,00	1,0000	0,012	2500	1,00	9999999
5	Intercapedine non ventilata Av<500 mm ² /m	150,00	0,8333	0,180	-	-	-
6	Legno di abete flusso perpend. alle fibre	30,00	0,1200	0,250	450	1,60	625
7	Polistirene espanso sinterizzato (alla grafite)	100,00	0,0320	3,125	15	1,45	60
8	Malta di calce o di calce e cemento	15,00	0,9000	0,017	1800	1,00	22
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,073	-	-	-

Si nota subito come la trasmittanza termica della parete è migliorata riducendosi, di seguito è riportata una tabella di confronto diretto:

Struttura	Trasmittanza Termica	Valore Limite	Valore
M1: Parete Esterna Ante Operam	U_{M1}	0,280	0,437
M11: Parete Esterna Polistirene Post Intervento	U_{M11}	0,280	0,181
M12: Tamponamento Finestre Post Intervento	U_{M12}	0,280	0,220

Si nota come le nuove trasmittanze termiche della strutture sono conformi alle normative e rispettano il vincolo di trasmittanza termica massima espressa nell'appendice B del DM "requisiti minimi riqualificazione energetica" [2] riportato in seguito:

Zona climatica	U (W/m ² K)	
	2015 ⁽¹⁾	2021 ⁽²⁾
A e B	0,45	0,40
C	0,40	0,36
D	0,36	0,32
E	0,30	0,28
F	0,28	0,26

Tabella 15: Trasmittanza termica U massima delle strutture opache verticali, verso l'esterno soggette

Essendo l'edificio in zona climatica E, come predetto, il valore limite di trasmittanza massima è rispettato per entrambe le strutture.

Altro vincolo da rispettare affinché l'installazione a regola d'arte del cappotto termico sia ammissibile come intervento "Trainante" è che quest'ultimo interessi con un'incidenza maggiore del 25% la superficie lorda disperdente, dai calcoli eseguiti mediante il software Edilclima, considerando i vincoli estetici imposti dal proprietario si nota come la somma della superficie opaca e i tamponamenti dei componenti vetrati effettuati sono sufficienti a soddisfare il vincolo, si riporta nella tabella seguente il rispetto di tale vincolo:

Superficie Lorda Dispendente	1310,66 m ²
25% di Superficie Lorda Disperdente	327,67 m ²
Parete Esterna Polistirene Post Intervento	323,28 m ²
Tamponamento Finestre 440x200 Post Intervento	11,20 m ²
Tamponamento Finestre 440x200 Post Intervento	11,20 m ²
Tamponamento Finestre 280x200 Post Intervento	5,60 m ²
Superficie Ricoperta da Cappotto Termico Post Intervento	351,28 m ² > 327,67 m ²

Quindi i vincoli sull'installazione del cappotto termico, al fine di accedere alla normativa di Superbonus, sono entrambi rispettati.

Si è scelto di isolare solamente la parete esterna con incidenza maggiore e non isolare la copertura siccome presenta già un elemento isolante (EPS 100), e non isolare la pavimentazione verso il box e le cantine siccome l'opera di isolamento avrebbe comportato l'obbligo di rifare tutta la pavimentazione già esistente e conseguentemente di rifare l'impianto di emissione del calore essendo annegato in essa.

Oltre alle verifiche imposte dalla normativa si può notare anche che i parametri dinamici della parete esterna sono migliorati notevolmente:

	Parete Esterna Ante Operam	Parete Esterna Polistirene Post Intervento
Trasmittanza Termica Periodica $\frac{W}{m^2K}$	0,040	0,006
Fattore di Attenuazione	0,091	0,036
Sfasamento	-14,6	-18,1

Tabella 16: Confronto Parametri Dinamici Parete Esterna

Dove si ricorda che la trasmittanza termica periodica è calcolata come:

$$Y_{IE} = f \cdot U \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

con:

- Y_{IE} : *Trasmittanza Termica Periodica* $\left[\frac{W}{m^2K} \right]$, è un parametro che esprime la capacità di un componente edilizio di attenuare e sfasare nel tempo il flusso termico proveniente dall'esterno che lo attraversa nell'arco delle 24 ore: è una delle proprietà termo-dinamiche che caratterizza l'inerzia termica dell'involucro edilizio e gioca un ruolo importante nei confronti dei carichi termici esterni che lo attraversano.
- f : *Fattore di Attenuazione* [-]
- φ : *Sfasamento* [h]

Si può notare che la parete isolata ha caratteristiche dinamiche molto superiori, in particolare il fattore di attenuazione si è ridotto di circa il 60%, ciò comporta che l'onda termica esterna incide meno sugli ambienti interni, riducendo quindi le spese per la climatizzazione. Questi parametri, trascurati dalla normativa di Superbonus, sono importati soprattutto per quanto riguarda il regime estivo, infatti l'effetto combinato di basso fattore di attenuazione ed elevato sfasamento permettono al picco di onda termica estiva di ripercuotersi sugli ambienti interni nelle ore notturne quindi comporta un più facile smaltimento del calore e una conseguente riduzione delle spese per il raffrescamento.

6.1.2. Interventi sull'Impianto di Climatizzazione Invernale

L'impianto di generazione del calore sarà modificato radicalmente in quanto si passerà da un impianto separato nelle due unità immobiliari ad un impianto centralizzato. Gli attuali generatori di tipo a condensazione verranno sostituiti da un nuovo generatore di calore di tipo a pompa di calore Aria-Acqua marca Daikin modello Altherma 3 H HT F (Integrated R32) da 18 kW. La seguente macchina è composta da due componenti: Unità Esterna ed Unità Interna e lavora con gas R32 sfruttando la tecnologia sviluppata dal produttore stesso Bluevolution:



Figura 20: Bluevolution R32

Nonostante le dispersioni termiche siano ancora superiori alla capacità del generatore, anche dopo l'intervento di isolamento termico delle pareti perimetrali e di sostituzione dei serramenti, si è scelto di integrare alla pompa di calore principale delle pompe di calore Aria-Aria in modo da sopperire al deficit termico nei periodi più rigidi. Questa scelta progettuale è stata fatta considerando che in entrambi gli appartamenti è presente un camino a legna a servizio delle zone giorno che già di per se aiuta a mantenere un elevato confort nei periodi dell'anno più freddi.

Si è scelto di utilizzare questa macchina, oltre che per i suoi elevati coefficienti di prestazione, per il suo ridotto livello di rumorosità. Infatti l' Altherma 3 H HT F risulta essere la Pompa di Calore più silenziosa del catalogo Daikin il che concorre ad aumentare notevolmente il livello di confort della macchina. Si riporta in seguito un istogramma descrittivo dei livelli di rumorosità del generatore in questione:

Silenzio fa rima con confort

Daikin Altherma 3 H HT è stata progettata per ridurre la rumorosità e soddisfare le aspettative dell'odierna società.

Daikin Altherma 3 H HT offre maggiore flessibilità grazie alla modalità bassa rumorosità. In modalità acustica standard, l'unità genera una pressione sonora di 38 dBA a 3 metri di distanza, paragonabile a un cinguettio o al rumore di fondo in una biblioteca. In modalità bassa rumorosità, la pressione sonora viene ridotta di 3 dB(A) a 3 metri di distanza attestandosi sui 35 dB(A), che corrisponde a una riduzione effettiva della metà del livello sonoro!

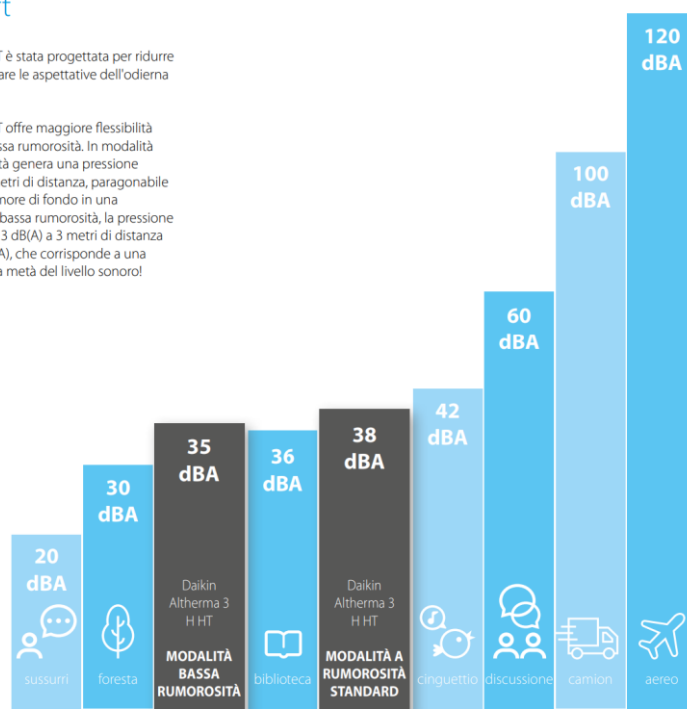


Figura 21: Rumorosità Altherma 3 H HT [34]

Si è scelto di utilizzare una Pompa di Calore Aria-Acqua per la sua particolare affinità con il sistema radiante a pavimento in quanto impone alla macchina di produrre acqua a 30-40 °C invece che ad 80 °C, come sarebbe richiesta da un sistema classico a radiatori, garantisce un notevole risparmio sulla bolletta elettrica. Inoltre, come predetto, sfruttare un sistema di emissione del calore radiante a pavimento permette elevatissimi livelli di confort mantenendo anche un ridotta inerzia termica.

Per accedere alla normativa superbonus 110% le pompe di calore installate devono rispettare i requisiti minimi espressi nel "decreto requisiti minimi" 6 agosto 2020: Allegato F [3], in seguito sono riportate le tabelle estratte da tale allegato:

Tipo di pompa di calore	Ambiente esterno [°C]	Ambiente interno [°C]	COP	EER
Ambiente esterno/interno				
aria/aria	Bulbo secco all'entrata: 7 Bulbo umido all'entrata: 6	Bulbo secco all'entrata: 20 Bulbo umido all'entrata: 15	3,9 ⁶	3,4
aria/acqua potenza termica utile riscaldamento ≤ 35 kW	Bulbo secco all'entrata: 7 Bulbo umido all'entrata: 6	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	4,1	3,8
aria/acqua potenza termica utile riscaldamento >35 kW	Bulbo secco all'entrata: 7 Bulbo umido all'entrata: 6	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	3,8	3,5
salamoia/aria	Temperatura entrata: 0	Bulbo secco all'entrata: 20 Bulbo umido all'entrata: 15	4,3	4,4
salamoia/ acqua	Temperatura entrata: 0	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	4,3	4,4
acqua/aria	Temperatura entrata: 10 Temperatura uscita: 7	Bulbo secco all'entrata: 20 Bulbo umido entrata: 15	4,7	4,4
acqua/acqua	Temperatura entrata: 10	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	5,1	5,1

Tabella 17: requisiti minimi COP e EER, Allegato F DM 6 Agosto 2020

Si ricordano le definizioni dei vari termini in analisi:

- COP: L'efficienza di una pompa di calore è misurata dal coefficiente di prestazione "COP" (Coefficient of Performance) dato dal rapporto tra energia resa (calore ceduto all'ambiente da riscaldare) ed energia elettrica consumata e tale valore viene calcolato mediante la norma UNI TS 11300-4 [13];
- EER: L'efficienza di un climatizzatore nel funzionamento a freddo è misurata dall'indice di efficienza elettrica "EER" (Energy Efficiency Ratio). L'EER è il rapporto tra l'energia resa e l'energia elettrica consumata e tale valore viene calcolato mediante la norma UNI TS 11300-4 [13];

Si riporta in Tabella 18 seguente un riassunto dei dati tecnici della macchina installata al fine di una verifica dei requisiti tecnici sopra citati:

Modello	Interna	Esterna	COP	COP Limite Minimo	EER	EER Limite Minimo
Altehrma 3 H HT F 18 kW 230L 3P	ETVX16S23D9W	EPRA18DW1	5,00	4,1	4,09	3,8

Tabella 18: Dati Tecnici Pompa di Calore Installata

Quindi la macchina installata è conforme al decreto "requisiti minimi" [3].

Si riporta nell'immagine seguente lo schema logico-funzionale della pompa di calore, la quale come predetto è a servizio del solo impianto di riscaldamento:

Impianto a PDC biblocco Sola Produzione Per Riscaldamento

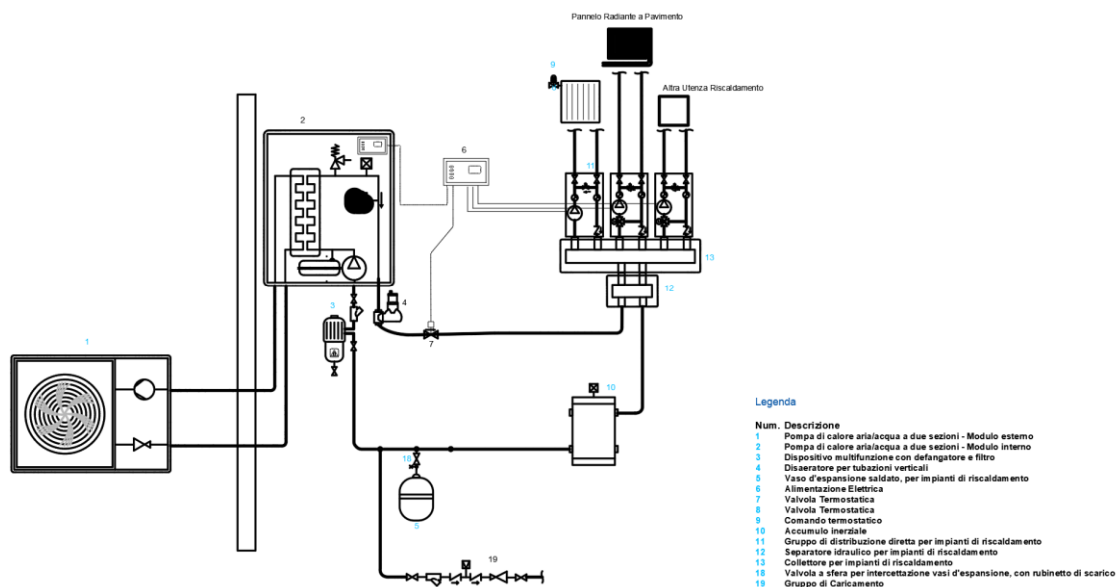


Figura 22: Schema logico-funzionale Pompa di Calore Solo Riscaldamento

Il seguente schema logico prevede la pompa di calore composta nelle sue due unità le quali sono collegate, come predetto, da tubazioni in cui circola gas R32. La seguente pompa di calore è a servizio di tutto il riscaldamento delle abitazioni dove, in via generale, è stato rappresentato il riscaldamento a pavimento, un utente generica e un utente radiante.

Come predetto la seguente macchina non è in grado di soddisfare il carico termico di progetto riportato in Tabella 19:

Zona	Descrizione	Φ_{tr} [W]	Φ_{ve} [W]	Φ_{rh} [W]	Φ_{hl} [W]	$\Phi_{hl\ sic}$ [W]
1	Appartamento Grande	10581	6159	0	16740	17577
2	Appartamento Piccolo	2456	1014	0	3470	3644
/	Totale	13037	7173	0	20210	21221

Tabella 19: Fabbisogno di Potenza Zone Termiche

Legenda simboli

Φ_{tr}	Potenza dispersa per trasmissione
Φ_{ve}	Potenza dispersa per ventilazione
Φ_{rh}	Potenza dispersa per intermittenza
Φ_{hl}	Potenza totale dispersa
$\Phi_{hl\ sic}$	Potenza totale moltiplicata per il coefficiente di sicurezza

Quindi si è scelto di abbinare un sistema di climatizzazione in pompa di calore Aria-Aria composto dalle seguenti macchine:

- N.2 Daikin 2MXS50
- Daikin 4MXS80

I seguenti sistemi di integrazione sono da considerarsi, però, come interventi "Trainati" quindi vengono esposti ed analizzati nei capitoli seguenti.

6.2. Interventi Migliorativi di tipo “Trainato”

6.2.1. Intervento di Sostituzione Serramenti

Si è scelto di sostituire i serramenti che presentavano maggiori problemi in termini di trasmittanza termica e tenuta all'aria, quindi ogni serramento composto da struttura in alluminio e vetro singolo anti sfondamento. In particolare tali serramenti ormai obsoleti rispetto la nuove installazioni saranno sostituiti mediante serramenti in legno con pacchetto vetrato a triplo vetro per garantire una migliore tenuta all'aria e un deciso decremento della trasmittanza termica. Il modello di modulo vetrato scelto è: Primus HA 78-46 di Südtirol Fenster.

Si riporta in seguito il pacchetto vetrato tipo utilizzato nei nuovi serramenti:

Descrizione strato	s	λ	R
Resistenza superficiale interna	-	-	0,130
Primo vetro	4,0	1,00	0,004
Intercapedine	-	-	0,173
Secondo vetro	4,0	1,00	0,004
Intercapedine	-	-	0,173
Terzo vetro	4,0	1,00	0,004
Resistenza superficiale esterna	-	-	0,073

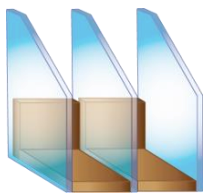


Tabella 20: Pacche Vetrato di Nuova Installazione

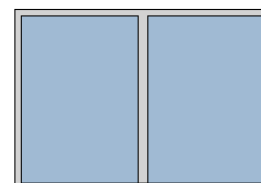
Si riportano le caratteristiche del serramento tipo nel suo complesso

Descrizione della finestra: **SERRAMENTO LEGNO TRIPLO VETRO 400X280**

Codice: **W5**

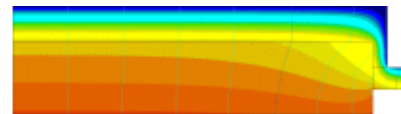
Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	-
Classe di permeabilità	Senza classificazione
Trasmittanza termica	U_w 1,300 W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g 1,100 W/m ² K



Ponte termico del serramento

Ponte termico associato	Z6	W - Parete - Telaio	
Trasmittanza termica lineica	ψ	0,038	W/mK
Lunghezza perimetrale	L	13,60	m



Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo ⁸	U	1,346	W/m ² K
--	---	--------------	--------------------

Si nota come il parametro di trasmittanza termica del modulo vetrato è stato impostato nel software sulla caratteristica minima fissata dal decreto requisiti tecnici DM 6 agosto 2020 [3], il quale impone che per la zona climatica del seguente edificio la trasmittanza termica del modulo vetrato sia inferiore a $1,3 \frac{W}{m^2K}$ come espresso in Figura 1: Allegato E, Decreto Requisiti Energetici 6 Agosto 2020 [3]. Si è fatta questa scelta modellistica, sia per la trasmittanza termica del modulo vetrato che la trasmittanza termica del solo vetro, per rimanere il più conservativi possibile, garantendo così una maggiore sicurezza nella verifica del salto delle classi.

Gli effettivi valori di “Trasmittanza Termica del Modulo Vetrato” sono stati ricavati dalla dichiarazione del costruttore, di cui ne è riportato un estratto in Figura 23 e in allegato è riportata la dichiarazione completa.

Energiewerte

Nachhaltigkeit heißt das Wort unserer Zeit. Wir alle wissen, dass unsere Energiequellen nicht unbegrenzt zur Verfügung stehen. Vor allem Fenster in Altbauten verschwenden wertvolle Energie; eine wirksame Wärmeschutzverglasung hingegen amortisiert sich schnell und ist ein wichtiger umweltpolitischer Beitrag.

Energie sparen und Umwelt schützen – primus® HA 78-46 trägt das Seine dazu bei.

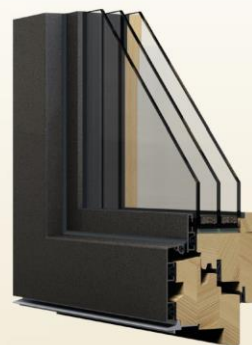


Figura 23: Dichiarazione Modulo Vetrato

⁸ Comprensiva del Ponte Termico $U = \frac{U_w A_w + \psi L}{A_w} = 1,346 \frac{W}{m^2K}$

Si riporta in Tabella 21 il confronto tra il valore effettivamente certificato dei nuovi moduli installati e il valore di trasmittanza termica limite:

Trasmittanza Modulo Vetrato	Trasmittanza Normata per zona climatica E
$0,79 \frac{W}{m^2K}$	$1,3 \frac{W}{m^2K}$

Tabella 21: Confronto Trasmittanza Pacchetto Vetrato

Quindi si riporta in Tabella 22 il confronto tra il vecchio e il nuovo modulo vetrato:

	Vecchio Alluminio Vetro Singolo			Nuovo Legno Triplo Vetro		
	$U_g \left[\frac{W}{m^2K} \right]$	$U_w \left[\frac{W}{m^2K} \right]$	$U \left[\frac{W}{m^2K} \right]$	$U_g \left[\frac{W}{m^2K} \right]$	$U_w \left[\frac{W}{m^2K} \right]$	$U \left[\frac{W}{m^2K} \right]$
400x280	4,111	4,293	4,183	1,1	1,3	1,346
185x230	3,983	4,293	4,099	1,1	1,3	1,375
200x440	4,157	4,293	4,244	1,1	1,3	1,356
200x140	4,135	4,293	4,236	1,1	1,3	1,366

Tabella 22: Confronto Modulo Vetrato

Il modulo di dimensioni 200x140 è confrontabile solo nei termini di trasmittanza del solo vetro e trasmittanza della finestra, ma non nella trasmittanza dell'intero modulo vetrato in quanto, quest'ultimo, si va a sostituire ad un modulo di altezza doppia che per l'altra metà sarà tamponato.

Ricordando che la Trasmittanza termica del modulo vetrato è calcolata come:

$$U = \frac{U_w A_w + \Psi L}{A_w} \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

Dove:

- Ψ = Trasmittanza Termica Lineica Ponte Termico $\left[\frac{W}{mK} \right]$
- L = Lunghezza Ponte Termico = Perimetro Modulo Vetrato

Essendo quindi inferiore la trasmittanza termica della finestra U_w effettiva rispetto a quella del modello, il modulo vetrato risulta essere ancora più performante, la tabella in seguito riporta l'effettiva trasmittanza termica del modulo vetrato U [$\frac{W}{m^2K}$] calcolata con $U_w = 0,79$ [$\frac{W}{m^2K}$]:

Modulo	L modulo	Ψ modulo	$U_{modello}$ [$\frac{W}{m^2K}$]	$U_{effettiva}$ [$\frac{W}{m^2K}$]
400x280	13,6	0,038	1,346	0,836
185x230	8,51	0,038	1,375	0,866
200x440	12,8	0,038	1,356	0,845
200x140	5,6	0,038	1,366	0,866

Tabella 23: Confronto Trasmittanze Moduli Vetrati

Si può notare come l'intero modulo vetrato abbia migliorato notevolmente le sue caratteristiche termiche, il che comporta un notevole aumento del confort termico complessivo nonché una notevole riduzione di possibile formazione di condensa, inoltre questa è un'ulteriore conferma che il modello utilizzato è conservativo e quindi le operazioni progettuali sono svolte con un certo coefficiente di sicurezza.

Quindi la sostituzione integrale dei serramenti obsoleti in alluminio e vetro singolo vanno a migliorare notevolmente il confort abitativo e si può notare come i serramenti scelti sono di gran lunga superiori ai minimi consentiti dalla normativa di Superbonus, il che comporta un ulteriore vantaggio a livello di consumi energetici.

6.2.2. Intervento ad Integrazione Impianto di Climatizzazione

Come predetto, a servizio dell'impianto di climatizzazione invernale, per sopperire alle dispersioni termiche di progetto che si verificano solamente in alcuni periodi dell'anno molto rigidi, si è scelto di installare un triplice sistema di integrazione composto da pompe di calore Aria-Aria marca Daikin:

- N.2 Daikin 2MXS50
- Daikin 4MXS80

Le quali oltre alla funzione di integrazione del calore si occupano della climatizzazione estiva, questa tipologia di intervento è stato possibile realizzarla siccome nell'edificio era già presente un impianto di climatizzazione di questo tipo quindi questo intervento rispetta il vincolo di "sostituzione" dettato dalla normativa Superbonus, inoltre proprio perché era già presente un impianto di quel tipo non sono necessarie opera murarie invasive all'interno dell'abitazione.

Di seguito è riportato un estratto della dichiarazione del costruttore Daikin che certifica espressamente che le macchine in questione sono conformi al "Decreto Requisiti" [3] e che quindi sono incentivabili come intervento trainato.



DAIKIN AIR CONDITIONING ITALY S.p.A.

Data

10/03/2022

Ns, Riferimento

MKT/ MP

DICHIARAZIONE DEL COSTRUTTORE PER IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE IN POMPA CALORE

La società Daikin Air Conditioning Italy S.p.A. dichiara che gli impianti in pompa calore sotto riportati soddisfano i requisiti di legge di cui al decreto interministeriale 6 agosto 2020 ("Decreto Requisiti Tecnici") in attuazione dell'art. 14, comma 3-ter, del decreto-legge n.63 del 2013, che definisce i requisiti tecnici che devono soddisfare gli interventi che danno diritto alla detrazione delle spese sostenute per interventi di efficienza energetica del patrimonio edilizio esistente, spettanti ai sensi del citato articolo, nonché gli interventi che danno diritto alla detrazione di cui ai commi 1 e 2 dell'art. 119 del decreto-legge 19 maggio 2020, n. 34 ("Decreto Rilancio"), convertito, con modificazioni, dalla legge 17 luglio 2020, n. 77.

Figura 24: Dichiarazione del Costruttore Daikin

In particolare, nella dichiarazione del costruttore sono riportati i seguenti coefficienti di prestazione i quali risultano conformi al “Decreto Requisiti” [3]

Macchina	COP	EER
2MXS50	3,71	3,23
4MXS80	3,71	3,23

Tabella 24: COP e EER Dichiarazione del Costruttore Daikin [35]

6.2.3. Intervento Impianto di Produzione di Acqua Calda Sanitaria

Al fine di garantire una sufficiente produzione di Acqua Calda Sanitaria (ACS) si è scelto di mettere a servizio di entrambi gli appartamenti due caldaie acqua in pompa di calore collegati in serie per avere una capacità totale di accumulo 400 litri. I seguenti caldaie acqua costituiscono un sistema a sé stante il quale si occupa, per sua definizione, della sola produzione di acqua calda sanitaria.

Si è scelto di utilizzare due caldaie acqua in pompa di calore a basamento Mitsubishi Thermal modello TWMGS 1201 A con capacità di 200 litri:



TWMGS 1201 A

Figura 25: Scaldia Acqua Mitsubishi Thermal

Affinché il seguente sistema sia agevolabile deve rispettare i limiti minimi sul coefficiente di prestazione (COP) misurato secondo normativa EN 16147 [36] espressi nel “Decreto Requisiti” [3]:

Codice Scalda Acqua	COP	COP Normativa
TWMGS 1201 A	3,5 ⁹	2,6

Il sistema di scarico delle acque non è stato riprogettato in quanto era già presente e ottimamente funzionamento, dunque si è scelto di adattare il posizionamento dei nuovi sistemi agli scarichi già presenti.

Si riporta lo schema idraulico del singolo scaldacqua, il quale presenta un accumulo interno di 200 litri, dunque al fine di ottenere una disponibilità di acqua calda sanitaria di 400 litri si è scelto di collegare in serie due di questi sistemi:

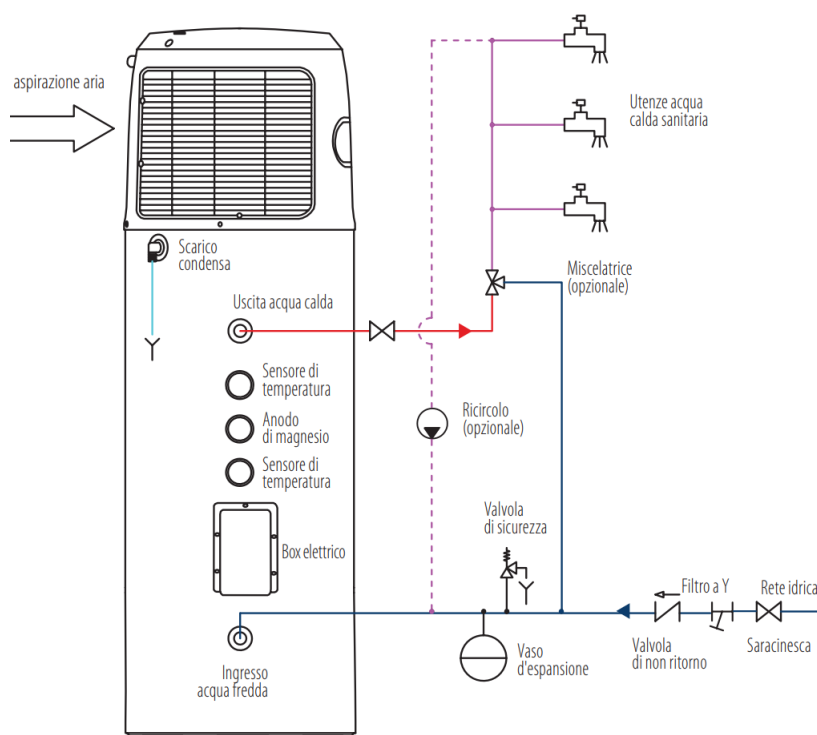


Figura 26: Schema Idraulico Scaldacqua in pompa di Calore

⁹ Espresso nella scheda tecnica presente negli allegati

6.2.4. Intervento di Ampliamento Sistema Fotovoltaico e Sistemi di Accumulo

Si è scelto di ampliare il sistema di produzione di energia elettrica mediante impianto fotovoltaico a silicio cristallino per permettere all'intero edificio una minor spesa in termini di energia elettrica, viste le nuove installazioni non più dipendenti dal gas metano ma dalla corrente elettrica. In particolare si è scelto di installare una potenza di 8,36 kW in aggiunta agli 11,2 kW già installati. In particolare si è scelto di installare 22 pannelli da 380 W a cristallino di silicio modello Q.PEAK DUO ML-09 380. Nella figura seguente sono riportati i dati di prestazione elettrica del modulo:

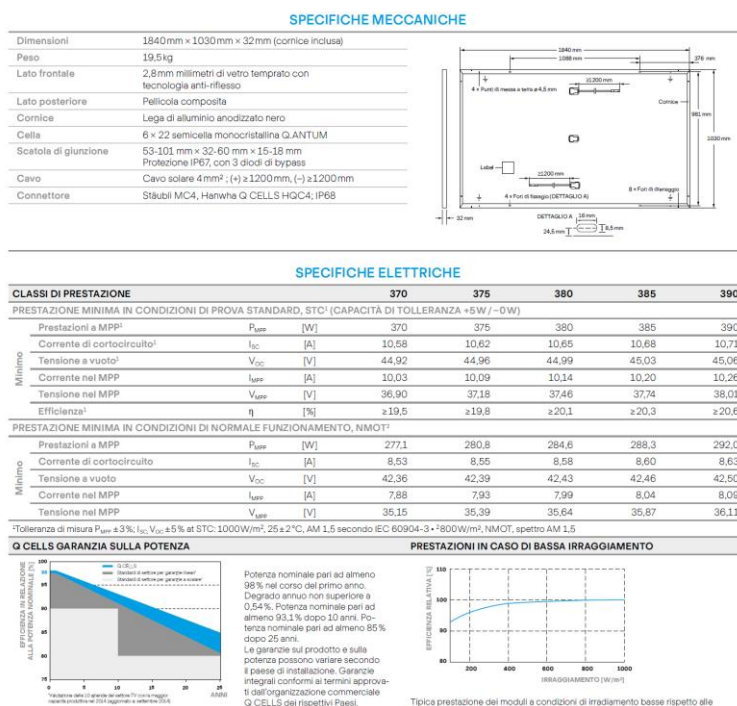


Figura 27: Scheda Tecnica Modulo FV

La Tabella 25 mostra l'ampliamento della potenza installata:

	Stato di Fatto	Stato di Progetto	
Potenza Installata	11,2	19,56	<i>kW</i>
Produzione di energia annuale	13955,7	24372,63	$\frac{kWh}{anno}$

Tabella 25: Confronto Potenza ed Energia da sistema Fotovoltaico

I dati di produzione annua sono ricavati mediante il software online PVGIS [33] e sono riportati in Figura 28:

PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

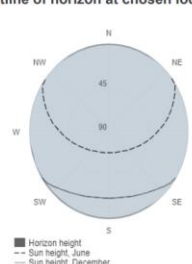
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 45.013,9.664
 Horizon: Calculated
 Database used: PVGIS-SARAH2
 PV technology: Crystalline silicon
 PV installed: 19.56 kWp
 System loss: 14 %

Simulation outputs

Slope angle: 21 °
 Azimuth angle: 0 °
 Yearly PV energy production: 24372.63 kWh
 Yearly in-plane irradiation: 1679.55 kWh/m²
 Year-to-year variability: 1115.61 kWh
 Changes in output due to:
 Angle of incidence: -2.94 %
 Spectral effects: 1.19 %
 Temperature and low irradiance: -12.16 %
 Total loss: -25.81 %

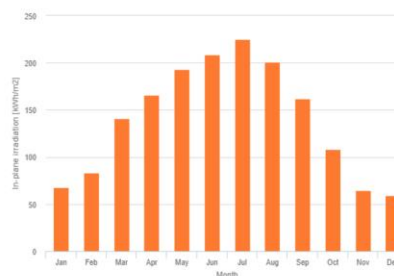
Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	1081.1	67.4	303.9
February	1296.2	83.1	319.4
March	2148.5	141.1	335.9
April	2433.9	166.2	341.8
May	2758.1	193.5	260.9
June	2894.4	208.3	195.0
July	3085.4	225.2	157.9
August	2785.9	201.2	154.3
September	2328.3	161.9	133.6
October	1635.9	108.3	279.9
November	994.0	64.3	210.8
December	930.9	59.0	209.1

E_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].


H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].

SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

Figura 28: Producibilità Stato di Progetto

Oltre al sistema di produzione si è scelto di installare una capienza di accumulo di 38,64 kWh e una colonnina di ricarica per veicoli elettrici affinché i proprietari possano sfruttare a pieno le potenzialità dell'impianto installato riducendo al minimo i costi di funzionamento e i costi di ricarica di un veicolo elettrico.

Per il sistema di accumulo si è scelto di installare 14 batterie BYD da 2,76 kWh, in particolare due moduli da sette batterie collegati in parallelo.



	HVM 8.3	HVM 11.0	HVM 13.8	HVM 16.6	HVM 19.3	HVM 22.1
Battery Module	HVM (2.76 kWh, 51.2 V, 38 kg)					
Numero di moduli	3	4	5	6	7	8
Energia Disponibile [1]	8.28 kWh	11.04 kWh	13.80 kWh	16.56 kWh	19.32 kWh	22.08 kWh
Corrente di Uscita massima [2]	40 A	40 A	40 A	40 A	40 A	40 A
Corrente di Uscita Picco [2]	75 A, 3 s	75 A, 3 s	75 A, 3 s	75 A, 3 s	75 A, 3 s	75 A, 3 s
Tensione Nominale	153 V	204 V	256 V	307 V	358 V	409 V
Tensione Operativa	120~173 V	160~230 V	200~288 V	240~345 V	280~403 V	320~460 V
Dimensioni (H/W/D)	945 x 585 x 298 mm	1178 x 585 x 298 mm	1411 x 585 x 298 mm	1644 x 585 x 298 mm	1877 x 585 x 298 mm	2110 x 585 x 298 mm
Peso	129 kg	167 kg	205 kg	243 kg	281 kg	319 kg

Figura 29: Scheda Tecnica Batterie di Accumulo

BATTERY-BOX PREMIUM HVM

Battery-Box Premium HVM è composta da 3 a 8 HVS moduli collegati in serie per ottenere una capacità utilizzabile da 8.3 a 22.1 kWh.

La connessione parallela di fino a 3 torri uguali di Battery-Box Premium HVM consente una capacità massima di 66.2 kWh. Inoltre, questo modello offre la possibilità di ridimensionamento aggiungendo moduli HVM o torri HVM parallele in qualsiasi momento.



Figura 30: Descrizione Collegamento in Parallelo Torre di Accumulo

Le torri di accumulo saranno posizionate nella zona box, precisamente saranno installate nel vecchio locale caldaia vicino agli inverter già presenti dal vecchio sistema fotovoltaico.

Mentre per la colonnina di ricarica si è scelto di installare GWJ3004R marca Gewiss. La seguente Wallbox sarà installata nella zona box per essere meglio a servizio delle autovetture.

GEWISS

Scheda Tecnica Prodotto

GWJ3004R

JOINON



Le wallbox I-CON sono le soluzioni JOINON studiate e pensate per integrarsi in contesti privati e semi-pubblici in conformità alla norma internazionale IEC 61851-1 ed. 3. Si contraddistinguono per un design elegante e compatto, per la speciale funzionalità "onehand recharge", e la presenza della presa antivandalo in alternativa al connettore con cavo ed holder integrato nella stazione, il grado IP55 abbinato ad una resistenza certificata IK10, una gestione intelligente dei carichi, l'illuminazione Backlight, e diverse possibilità d'installazione: a parete, a incasso o a pavimento.

INPUT	-	Numero di prese (tipo)	1 (Tipo 2, anti-vandalo con shutter)
Morsettiera	5 x 10 mm ²	Attivazione ricarica	Gestito localmente, via RFID
Corrente nominale	32 A	Human Interface	Led RGB
Potenza complessiva	22 Chilowatt	Connettività	No
OUTPUT	-	CARATTERISTICHE MECCANICHE	-
Tensione nominale	400 V	Tipo di installazione e montaggio	A parete o su supporto a pavimento
Corrente erogata (max)	32 A	Colore	Grigio scuro
Potenza max.	22 Chilowatt	Materiale	Termoplastico (origine Post Industriale)
Protezione magnetotermica	Attualmente non presente	Trattamento esterno	No
Tipo di protezione differenziale	Attualmente non presente	Grado di protezione	IP55
Contatore di energia	Attualmente non presente	Resistenza agli urti	IK10
DC Leakage check	Si	Temperatura di utilizzo	-25 +50 °C
Riarmo protezioni da remoto	Attualmente non presente	Personalizzabile	Si(frontale)

Figura 31: Colonnina di Ricarica

Come espresso nella Guida al Superbonus [37] per i sistemi fotovoltaici, di accumulo e di ricarica per veicoli elettrici non ci sono vincoli tecnici ma solamente economici legati alla cessione dell'energia prodotta in modo gratuito al gestore di rete.

7 Verifica di Sussistenza dei Requisiti Globali per l'accesso al Superbonus

7.1. Riassunto Verifica dei Requisiti

Al fine di accedere alla normativa di Superbonus, come normato dal decreto del 19 Maggio 2020 [1], oltre ai requisiti tecnici specifici sul singolo intervento, si deve garantire la realizzazione a regola d'arte di uno degli interventi trainati e il salto delle due classi energetiche, affinché il Superbonus sia uno strumento di efficientamento energetico e non solamente uno strumento economico.

7.1.1. Verifica sull'Intervento "Trainante"

In questa opera di riqualificazione energetica secondo normativa di Superbonus sono stati realizzati due interventi "Trainanti":

- Intervento di isolamento termico per una superficie maggiore del 25% rispetto alla superficie disperdente lorda;
- Intervento di sostituzione dell'impianto di climatizzazione invernale mediante l'installazione di una pompa di calore Aria-Acqua conforme al "Decreto requisiti "a servizio dell'intero edificio.

7.1.2. Verifica salto delle due Classi Energetiche e Confronto APE

Il salto delle due classi energetiche, come espresso nei capitoli introduttivi, è verificato mediante l'Attestato di Prestazione Energetica che per il caso in esame è relativo a tutto l'edificio essendo composto da due unità immobiliari. La Figura 32 riporta il coefficiente di prestazione energetica non rinnovabile $EP_{gl,nren} [\frac{W}{m^2anno}]$ congiuntamente alla nuova classe energetica dell'edificio:

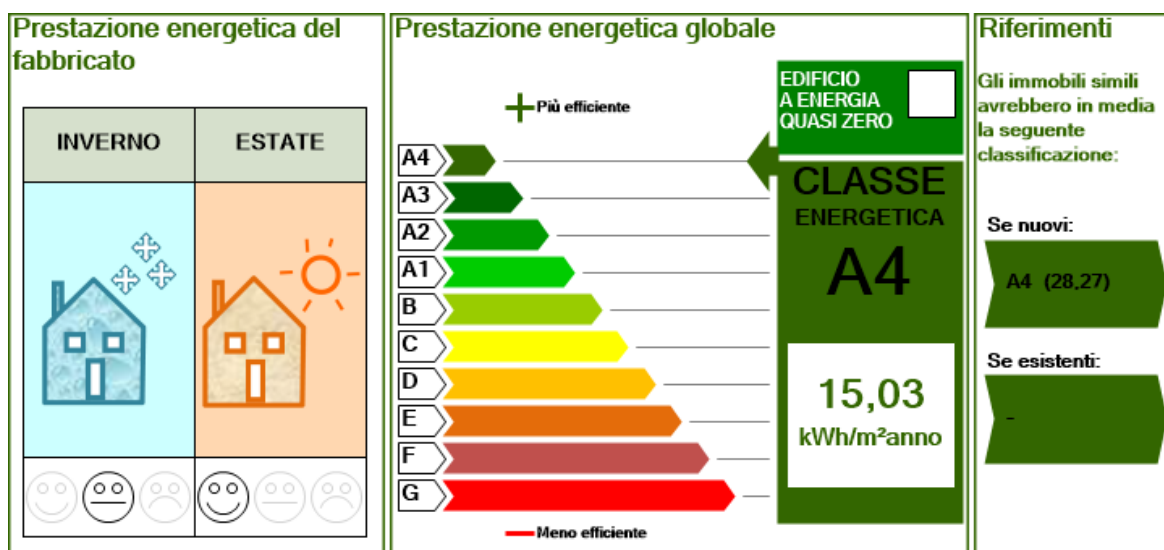


Figura 32: APE Convenzionale Stato di Progetto

Quindi confrontando la nuova classe energetica dell'edificio riqualificato con la classe energetica attuale si può affermare che il salto delle due classi è compiuto ed è quindi possibile accedere alla normativa di Superbonus 110%.

Stato	$EP_{gl,nren} [\frac{W}{m^2anno}]$	Classe Energetica
Attuale	130,86	C
Riqualificato	15,03	A4

Tabella 26: Confronto Ape Convenzionali

Oltre alla necessaria verifica del salto delle due classi energetiche si può notare che $EP_{gl,nren}$ si è ridotto drasticamente il che indica una riduzione notevole dei consumi per metro quadro annuo.

Si può anche notare dal confronto tra gli APE che la prestazione energetica del fabbricato al netto degli impianti presenti è migliorata, in particolare nella figura seguente è espresso, tramite l'indicatore visivo, il confronto:

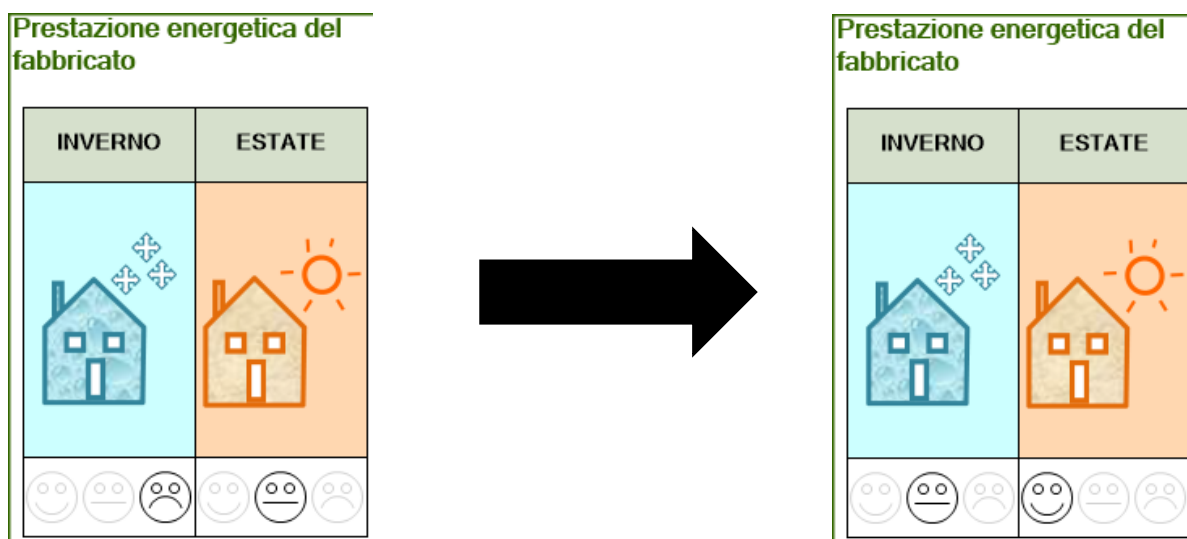


Figura 33: Confronto Prestazione fabbricato mediante indicatore visivo

Ricordando che per la prestazione energetica del fabbricato invernale l'indice di riferimento è $EP_{H,nd}$ ovvero indice di prestazione termica utile per la climatizzazione invernale dell'edificio, in particolare si può notare come il fabbricato è migliorato di un indicatore visivo.

Mentre per la prestazione energetica del fabbricato in regime estivo gli indicatori cardine sono:

- $Y_{IE} = \text{Trasmittanza Termica Periodica}$, questo indicatore è migliorato molto conseguentemente all'applicazione del cappotto termico come espresso nel paragrafo 6.1.1;
- $\frac{A_{sol\ est}}{A_{sup\ utile}} = \text{Area solare equivalente per unità di superficie utile}$;

Anche per questo indicatore si riscontra un miglioramento, il che porta alla massima classe per il fabbricato in regime estivo.

Oltre alle migliorie del fabbricato, dalla redazione dell'attestato di prestazione energetica, si può notare come è cambiato il profilo di consumo non rinnovabile e rinnovabile attraverso il confronto dei due indici caratteristici $EP_{gl,nren}$ e $EP_{gl,ren}$:

	Ante Intervento	Post Intervento
Indice della prestazione energetica non rinnovabile $EP_{gl,nren} \left[\frac{W}{m^2K} \right]$	130,56	15,03
Indice della prestazione energetica rinnovabile $EP_{gl,ren} \left[\frac{W}{m^2K} \right]$	1,53	76,80

Tabella 27: Confronto Indici di Consumo

Il miglioramento sostanziale dell'indice di consumo non rinnovabile è dato dall'abbandono del gas naturale come fonte di sostentamento per la climatizzazione invernale in quanto si è passati da caldaia a condensazione a pompa di calore, la quale trae la sua energia motrice dall'energia elettrica. Invece l'aumento dell'indice di prestazione energetica rinnovabile è dato dall'ampliamento dell'impianto solare fotovoltaico, il quale va a sostenere la pompa di calore.

Un altro indice di fondamentale importanza è la riduzione sostanziale delle emissioni di gas climalterante CO₂:

	Ante Intervento	Post Intervento
Emissioni di CO ₂ $\left[\frac{kg}{m^2anno} \right]$	26	4

Tabella 28: Confronto Emissioni CO₂

Questo indice è di fondamentale importanza in quanto è il fine ultimo del Superbonus, il quale oltre che promuovere una ripartenza economica del paese post epidemia serve a ridurre le emissioni di gas climalterante proveniente dagli edifici, come visto nello studio di Autopromotec [18] le emissioni da edificio risultano essere la componente più critica delle emissioni medie giornaliere di CO₂.

8 Conclusioni

La progettazione della villa bifamiliare risulta essere completata con successo siccome i termini imposti dalla normativa di Superbonus 110% sono stati tutti rispettati con successo, inoltre, avendo scelto e utilizzato durante la progettazione dei componenti altamente efficienti, in via progettuale la villa, ha acquisito un grado di prestazione notevole il quale ha permesso il raggiungimento della classe energetica più elevata. In particolare l'utilizzo del cappotto termico EPS 100 ha permesso alla trasmittanza della parete maggiormente dispersiva di raggiungere un buon livello di trasmittanza termica e un buon livello di trasmittanza termica periodica il che concorre ad incrementare notevolmente la prestazione del fabbricato in regime estivo ed invernale. Congiuntamente a questo intervento sull'involucro edilizio, si è progettata la sostituzione di tutti i serramenti in alluminio e vetro singolo che erano obsoleti rispetto alla nuova configurazione del sistema edificio-impianto e che avrebbero creato situazioni di discomfort termico, per tali serramenti si è infatti predisposta la sostituzione con nuovi serramenti in legno a triplo vetro i quali hanno prestazioni non soltanto migliori dei precedenti ma anche migliori dei limiti di legge imposti dalla normativa di Superbonus. Al fine di ottenere la massima prestazione dal sistema di riscaldamento, visto che l'impianto di erogazione del calore è a pannelli radianti a pavimento e quindi un sistema molto efficiente, si è predisposta la sostituzione delle vecchie caldaie a condensazione con una pompa di calore di ultima generazione ad alta efficienza la quale per le sue caratteristiche termiche si adatta al meglio all'impianto di erogazione del calore rispettando quelli che sono i carichi termici invernali. Alla pompa di calore principale si è scelto di affiancare un sistema di integrazione del calore ad espansione diretta per permettere, non solo la climatizzazione estiva, ma anche l'integrazione del calore durante i periodi più rigidi mediante un sistema ad espansione diretta. Al fine di garantire la massima flessibilità del sistema di produzione dell'acqua calda sanitaria si è scelto in via progettuale di predisporre un sistema di scaldare acqua in pompa di calore composto da due serbatoi in serie per totalizzare un accumulo di 400 litri in modo da garantire acqua calda sanitaria per tutto l'edificio in modo efficiente. Inoltre, al fine di garantire un sostentamento energetico rinnovabile ed autonomo alla villa, si è scelto in via progettuale di espandere il sistema di produzione dell'energia elettrica mediante pannelli fotovoltaici a cui si è scelto di affiancare dei nuovissimi sistemi di accumulo per permettere all'edificio di autosostenersi in parte anche quando l'energia solare viene meno. In fine, vista la nuova spinta del mercato automobilistico verso il trasporto ad emissioni zero, si è scelto in via progettuale di predisporre una

colonnina di ricarica per veicoli elettrici, la quale abbinata al binomio produzione-accumulo dell'energia elettrica permette un trasporto realmente ad emissioni zero in quanto anche la produzione è sostenibile. Concludendo, dalla redazione dell'attestato di prestazione energetica si evince un miglioramento, non solo della classe energetica, la quale risulta essere la migliore, ma anche un miglioramento delle prestazioni del fabbricato ed una riduzione importante delle emissioni di CO₂, in particolare questo ultimo obiettivo raggiunto è fondamentale non solo in ottica Italiana ma anche europea per il raggiungimento dei futuri obiettivi climatici. Quindi si può concludere affermando che la progettazione della villa bifamiliare risulta conclusa con ottimi risultati su più punti di vista, non solo per la sfera economica dei proprietari in quanto possono sfruttare l'agevolazione fiscale al 110%, ma anche per le migliorie energetiche raggiunte.

9 Bibliografia

- [1] «Decreto-Legge 19 maggio 2020, n. 34, Misure urgenti in materia di salute, sostegno al lavoro e all'economia, nonché di politiche sociali connesse all'emergenza epidemiologica da COVID-19,» *Gazzetta Ufficiale*, 2020.
- [2] «Decreto Ministeriale 19 Febbraio 2007 "Decreto Requisiti ",» *Gazzetta Ufficiale*, 2007.
- [3] Ministero dello Sviluppo Economico, «Decreto "Requisiti Tecnici" 6 Agosto 2020,» *Gazzetta Ufficiale*, 2020.
- [4] «UNI EN ISO 6946 Metodo di calcolo trasmittanza termica in edilizia,» 1999.
- [5] Presidente della Repubblica, «Decreto del Presidente della Repubblica 26 Agosto 1993 N. 412,» *Gazzetta Ufficiale*, 1993.
- [6] «Decreto Requisiti energetici 6 agosto 2020 - Ecobonus Superbonus 110,» 2020.
- [7] «Regolamento Delegato UE n. 811/2013 della Commissione del 18 febbraio 2013,» 2013.
- [8] Ministro dello Sviluppo Economico, «Decreto 4 Agosto 2011, Pubblicato n. 218 del 19 settembre 2011,» *Gazzetta Ufficiale*, 2011.
- [9] «Art. 16 Decreto Legge n. 63/2013,» *Gazzetta Ufficiale* , 2013.
- [10] «Art. 14 Decreto Legge n. 63/2013,» *Gazzetta Ufficiale*, 2013.

- [11] «Comunicazione della Commissione nell'ambito dell'attuazione del Regolamento (UE) n. 813/2013 della Commissione, recante modalità di applicazione della Direttiva 2009/125/CE,» 2013.
- [12] «Linee guida nazionali per l'attestazione della prestazione energetica degli edifici DM LINEE GUIDA APE D.M. 26 Giugno 2015».
- [13] «UNI TS 11300, Prestazioni energetiche degli edifici,» 2019.
- [14] Ministero Sviluppo Economico, «Decreto Interministeriale 26 Giugno 2015, Adeguamento linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici,» 2015.
- [15] «Articolo 16-bis del TUIR Testo unico delle imposte sui redditi,» *Gazzetta Ufficiale*, 1986.
- [16] «Bonus Facciate, Art. 1, commi 219 e 220, della legge 27 Dicembre 2019, n. 160,» *Gazzetta Ufficiale*, 2019.
- [17] M. d. T. Ecologica, «riteri Ambientali Minimi (CAM), Decreto Ministeriale 11 Ottobre 2017».
- [18] «Osservatorio Autopromotec, Emissioni di CO₂: gli impianti di riscaldamento inquinano, 7 Febbraio 2017,» 2017. [Online]. Available: <https://www.autopromotec.com/it/AutopromotecBlog.php>.
- [19] «Protocollo di Kyoto, documento di attuazione degli obblighi stabiliti nella Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, 11 Dicembre 1997,» 1997.
- [20] «Trattato di Lisbona che modifica il trattato sull'Unione europea e il trattato che istituisce la Comunità europea, firmato a Lisbona il 13 dicembre 2007».
- [21] Parlamento Europeo e Consiglio, «Direttiva 2002/91/CE , del 16 Dicembre 2002, sul rendimento energetico nell'edilizia,» 2002.
- [22] «Decreto Legislativo n.192/05, Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.,» *Gazzetta Ufficiale*, 2005.

- [23] «Energia pulita per tutti gli europei,» 2016.
- [24] «Note Tematiche sull'unione europea,» 2020. [Online]. Available: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/it/sheet/69/efficienza-energetica>.
- [25] «UNI EN 15193, Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione,» 2008.
- [26] «D.P.R. 26 Agosto 1993 N. 412,» *Gazzetta Ufficiale*, 1993.
- [27] «UNI EN ISO 15927, Prestazione termoigrometrica degli edifici - Calcolo e presentazione dei dati climatici - Differenze di temperatura cumulate (gradi giorno)».
- [28] «UNI EN ISO 13370, Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo,» 2018.
- [29] «UNI EN ISO 14683, Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento,» 2018.
- [30] «UNI EN ISO 10211, Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali - Calcoli dettagliati,» 2018.
- [31] «UNI EN ISO 13786, Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo,» 2018.
- [32] «UNI EN ISO 10077, Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica,» 2018.
- [33] «PVGIS Photovoltaic Geographical Information System,» EU Science Hub - science and knowledge for Europe, [Online]. Available: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system_en.
- [34] Daikin, *Catalogo Altherma 3 H HT*, 2021.
- [35] Daikin, «Dichiarazione del costruttore per impianti in pompa di calore,» 2022.

- [36] «UNI EN 16147, Pompe di calore con compressore elettrico - Prove, valutazione delle prestazioni e requisiti per la marcatura delle apparecchiature per acqua calda sanitaria,» 2017.
- [37] A. d. Entarte, «Guida al Superbonus 110%,» 2021. [Online]. Available: <https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/web/guest/superbonus-110%25>.
- [38] «Agenzia delle Entrate,» [Online]. Available: <https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/web/guest/interventi-principali-o-trainati>.
- [39] «decreto-legge 4 giugno 2013, n°63».
- [40] «Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192».
- [41] «EN ISO 15927-6».
- [42] «Regolamento delegato (UE) n . 811/2013 della Commissione del 18 febbraio 2013 che integra la direttiva 2010/30/UE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda l’etichettatura indicante il consumo d’energia degli apparecchi per il riscaldamen».
- [43] «Osservatorio Autopromotec».

A Appendice A: Tabelle Stratigrafie

Descrizione delle seguenti tabelle:

Le seguenti stratigrafie sono espresse nei loro componenti specifici dall'interno verso l'esterno e nelle tabelle è presente la seguente simbologia:

- s = spessore [mm]
- $Cond$ = Conducibilità Termica [$\frac{W}{mK}$]
- R = Resistenza Termica [$\frac{m^2K}{W}$]
- $M.V.$ = Massa Volumica [$\frac{kg}{m^3}$]
- CT = Capacità Termica Specifica [$\frac{kJ}{kgK}$]
- RV = Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto [-]

Inoltre segue dopo la descrizione delle stratigrafie un'ulteriore tabella dove sono rappresentate per ogni parete le seguenti caratteristiche:

- U = Trasmissanza Termica [$\frac{W}{m^2K}$]
- Y_{IE} = Trasmissanza Termica Periodica [$\frac{W}{m^2K}$]

Stratigrafie Ante Operam:

Stratigrafia: Parete Esterna

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco isolante di gesso	15,00	0,1800	0,083	600	1,00	10
2	Blocco POROTON 700	300,00	0,2400	1,250	800	1,00	10
3	ISOLSAN 230	45,00	0,0630	0,714	245	1,00	9
4	Intonaco plastico	15,00	0,4000	0,038	1400	0,84	150
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,073	-	-	-

Stratigrafia: Parete Portante Verso Vano Scale

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Malta di calce o di calce e cemento	15,00	0,9000	0,017	1800	1,00	22
2	Muratura in laterizio pareti interne (um. 0.5%)	250,00	0,5900	0,424	1600	1,00	7
3	Malta di calce o di calce e cemento	15,00	0,9000	0,017	1800	1,00	22
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,130	-	-	-

Stratigrafia: Tramezza Verso Vano Scale

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Malta di calce o di calce e cemento	15,00	0,9000	0,017	1800	1,00	22
2	Muratura in laterizio pareti interne (um. 0.5%)	80,00	0,3600	0,222	1000	1,00	7
3	Malta di calce o di calce e cemento	15,00	0,9000	0,017	1800	1,00	22
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,130	-	-	-

Stratigrafia: Porta di Ingresso

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Legno di pino flusso perpend. alle fibre	10,00	0,1400	0,071	550	1,60	42
2	Acciaio	2,00	52,0000	0,000	7800	0,45	9999999
3	Intercapedine non ventilata Av<500 mm ² /m	25,00	0,1389	0,180	-	-	-
4	Acciaio	2,00	52,0000	0,000	7800	0,45	9999999
5	Fibra di vetro - Pannello rigido	10,00	0,0380	0,263	100	1,03	1
6	Legno di pino flusso perpend. alle fibre	8,00	0,1400	0,057	550	1,60	42
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,073	-	-	-

Stratigrafia: Parete Verso Altra Unità Immobiliare

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Malta di calce o di calce e cemento	15,00	0,9000	0,017	1800	1,00	22
2	Muratura in laterizio pareti interne (um. 0.5%)	300,00	0,5900	0,508	1600	1,00	7
3	Malta di calce o di calce e cemento	15,00	0,9000	0,017	1800	1,00	22
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,130	-	-	-

Stratigrafia: Parete Portante Interna

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Malta di calce o di calce e cemento	15,00	0,9000	0,017	1800	1,00	22
2	Muratura in laterizio pareti interne (um. 0.5%)	250,00	0,5900	0,424	1600	1,00	7
3	Malta di calce o di calce e cemento	15,00	0,9000	0,017	1800	1,00	22
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,130	-	-	-

Stratigrafia: Tramezza Interna

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Malta di calce o di calce e cemento	15,00	0,9000	0,017	1800	1,00	22
2	Muratura in laterizio pareti interne (um. 0.5%)	80,00	0,3600	0,222	1000	1,00	7
3	Malta di calce o di calce e cemento	15,00	0,9000	0,017	1800	1,00	22
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,130	-	-	-

Stratigrafia: Cassonetto

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Legno di pino flusso perpend. alle fibre	5,00	0,1400	-	550	1,60	42
2	Intercapedine debolmente ventilata Av=600 mm ² /m	200,00	-	-	-	-	-
3	Muratura in laterizio pareti esterne (um. 1.5%)	100,00	0,3600	-	600	1,00	-
4	ISOLSAN 230	45,00	0,0630	-	245	1,00	-
5	Intonaco plastico	15,00	0,4000	-	1400	0,84	-
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,073	-	-	-

Stratigrafia: Parete Balcone Primo Piano Polistirene

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Malta di calce o di calce e cemento	15,00	0,9000	0,017	1800	1,00	22
2	Gasbeton - Blocco 30 cm	300,00	0,1020	2,941	600	1,00	5
3	Malta di calce o di calce e cemento	15,00	0,9000	0,017	1800	1,00	22
4	Polistirene espanso sinterizzato (alla grafite)	100,00	0,0310	3,226	20	1,45	60
5	Malta di cemento	15,00	1,4000	0,011	2000	1,00	22
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,073	-	-	-

Stratigrafia: Parete Ex Esterna Primo Piano

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco isolante di gesso	15,00	0,1800	0,083	600	1,00	10
2	Blocco POROTON 700	300,00	0,2400	1,250	800	1,00	10
3	ISOLSAN 230	45,00	0,0630	0,714	245	1,00	9
4	Intonaco plastico	15,00	0,4000	0,038	1400	0,84	150
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,130	-	-	-

Stratigrafie Post Operam:

La seguente stratigrafia è il risultato dell'applicazione dell'isolante termico alla parete denominata "Parete Esterna"

Stratigrafia: Parete Esterna Polistirene

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco isolante di gesso	15,00	0,1800	0,083	600	1,00	10
2	Blocco POROTON 700	300,00	0,2400	1,250	800	1,00	10
3	ISOLSAN 230	45,00	0,0630	0,714	245	1,00	9
4	Intonaco plastico	10,00	0,4000	0,025	1400	0,84	150
5	Polistirene espanso sinterizzato (alla grafite)	100,00	0,0310	3,226	20	1,45	60
6	Malta di cemento	15,00	1,4000	0,011	2000	1,00	22
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,073	-	-	-

Stratigrafia: Tamponamento Finestre

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Legno di abete flusso perpend. alle fibre	20,00	0,1200	0,167	450	1,60	625
2	Pannello in lana di roccia	20,00	0,0350	0,571	70	1,03	1
3	Malta di calce o di calce e cemento	20,00	0,9000	0,022	1800	1,00	22
4	Vetro per finestre	12,00	1,0000	0,012	2500	1,00	9999999
5	Intercapedine non ventilata $A_v < 500 \text{ mm}^2/\text{m}$	150,00	0,8333	0,180	-	-	-
6	Legno di abete flusso perpend. alle fibre	30,00	0,1200	0,250	450	1,60	625
7	Polistirene espanso sinterizzato (alla grafite)	100,00	0,0320	3,125	15	1,45	60
8	Malta di calce o di calce e cemento	15,00	0,9000	0,017	1800	1,00	22
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,073	-	-	-

Stratigrafie Pavimentazioni:**Stratigrafia: Pavimento Verso Esterno**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,170	-	-	-
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	10,00	1,3000	0,008	2300	0,84	9999999
2	Sottofondo di cemento magro	70,00	0,7000	0,100	1600	0,88	20
3	Tubo del pannello - R979NY005	0,00	-	-	-	-	-
4	Polistirene espanso sint. per R979NY005	31,00	0,0344	0,900	23	1,25	50
5	Foamcem	80,00	0,0980	0,816	400	0,88	6
6	C.I.s. di sabbia e ghiaia (pareti esterne)	40,00	1,6100	0,025	2200	1,00	96
7	Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50	200,00	0,6600	0,303	1100	0,84	7
8	Malta di calce o di calce e cemento	15,00	0,9000	0,017	1800	1,00	22
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,073	-	-	-

Stratigrafia: Pavimento Verso Cantine

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,170	-	-	-
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	10,00	1,3000	0,008	2300	0,84	9999999
2	Sottofondo di cemento magro	70,00	0,7000	0,100	1600	0,88	20
3	Tubo del pannello - R979NY005	0,00	-	-	-	-	-
4	Polistirene espanso sint. per R979NY005	31,00	0,0344	0,900	23	1,25	50
5	Foamcem	80,00	0,0980	0,816	400	0,88	6
6	C.I.s. di sabbia e ghiaia (pareti esterne)	40,00	1,6100	0,025	2200	1,00	96
7	Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50	200,00	0,6600	0,303	1100	0,84	7
8	Malta di calce o di calce e cemento	15,00	0,9000	0,017	1800	1,00	22
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,170	-	-	-

Stratigrafia: Pavimento Verso altra Unità Immobiliare

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,170	-	-	-
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	10,00	1,3000	0,008	2300	0,84	9999999
2	Sottofondo di cemento magro	70,00	0,7000	0,100	1600	0,88	20
3	Tubo del pannello - R979NY005	0,00	-	-	-	-	-
4	Polistirene espanso sint. per R979NY005	31,00	0,0344	0,900	23	1,25	50
5	Foamcem	80,00	0,0980	0,816	400	0,88	6
6	C.I.s. di sabbia e ghiaia (pareti esterne)	40,00	1,6100	0,025	2200	1,00	96
7	Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50	200,00	0,6600	0,303	1100	0,84	7
8	Malta di calce o di calce e cemento	15,00	0,9000	0,017	1800	1,00	22
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,170	-	-	-

Stratigrafie Solaio e Copertura:

Stratigrafia: Solaio Intermedio

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,170	-	-	-
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	10,00	1,3000	0,008	2300	0,84	9999999
2	Sottofondo di cemento magro	70,00	0,7000	0,100	1600	0,88	20
3	Tube del pannello - R979NY005	0,00	-	-	-	-	-
4	Polistirene espanso sint. per R979NY005	31,00	0,0344	0,900	23	1,25	50
5	Foamcem	80,00	0,0980	0,816	400	0,88	6
6	C.I.s. di sabbia e ghiaia (pareti esterne)	40,00	1,6100	0,025	2200	1,00	96
7	Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50	200,00	0,6600	0,303	1100	0,84	7
8	Malta di calce o di calce e cemento	15,00	0,9000	0,017	1800	1,00	22
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,170	-	-	-

Stratigrafia: Copertura a Falde

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,073	-	-	-
1	Polistirene espanso sinterizzato (EPS 100)	50,00	0,0350	1,429	15	1,45	60
2	Polistirene espanso sinterizzato (EPS 100)	50,00	0,0350	1,429	15	1,45	60
3	Barriera vapore in fogli di polietilene	1,00	0,3300	0,003	920	2,20	100000
4	Legno di pino flusso perpend. alle fibre	25,00	0,1400	0,179	550	1,60	42
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

Tabella rappresentativa della Trasmittanza Termica e della Trasmittanza Termica Periodica per la situazione Ante Operam:

Stratigrafia	U	Y _{IE}
Parete Esterna	0,443	0,040
Parete Portante Verso Vano Scale	1,395	0,294
Tramezza Verso Vano Scale	1,940	1,515
Porta di Ingresso	1,291	1,261
Parete Verso Altra Unità Immobiliare	1,247	0,179
Parete Portante Interna	1,395	0,294
Tramezza Interna	1,940	1,515
Cassonetto	0,750	0,479
Parete Balcone Primo Piano Polistirene	0,156	0,003
Parete Ex Esterna Primo Piano	0,426	0,037

Tabella rappresentativa della Trasmittanza Termica e della Trasmittanza Termica Periodica per la situazione Ante Operam:

Stratigrafia	<i>U</i>	<i>Y_{IE}</i>
<u>Parete Esterna Polistirene</u>	<i>0,183</i>	<i>0,006</i>
<u>Tamponamento Finestre</u>	<i>0,220</i>	<i>0,044</i>

Tabella rappresentativa della Trasmittanza Termica e della Trasmittanza Termica Periodica per le pavimentazioni:

Stratigrafia	<i>U</i>	<i>Y_{IE}</i>
<u>Pavimento Verso Esterno</u>	<i>0,415</i>	<i>0,037</i>
<u>Pavimento Verso Cantina</u>	<i>0,399</i>	<i>0,025</i>
<u>Pavimento Verso Altra UI</u>	<i>0,399</i>	<i>0,025</i>

Tabella rappresentativa della Trasmittanza Termica e della Trasmittanza Termica Periodica per i solai e la copertura:

Stratigrafia	<i>U</i>	<i>Y_{IE}</i>
<u>Solaio Intermedio</u>	<i>0,399</i>	<i>0,025</i>
<u>Copertura a Falde</u>	<i>0,311</i>	<i>0,299</i>

B Appendice B: Tabelle Serramenti

La seguente appendice esprime le caratteristiche principali delle finestre presenti e di nuova installazione.

Legenda Descrizione

- ALL: Serramento in Alluminio
- Dove non specificato si fa riferimento a serramento in legno
- VC: Pacchetto Vetrato a Vetro Camera
- TV: Pacchetto Vetrato a Triplo Vetro con doppia intercapedine d'aria
- VS: Vetro Singolo

Caratteristiche componenti vetrati ante Operam:

Caratteristiche del serramento: VC 70X90			
Trasmittanza termica	U_w	2,212	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	2,605	W/m ² K
Trasmittanza termica del modulo	U	2,119	W/m ² K

Caratteristiche del serramento: VC 75X85			
Trasmittanza termica	U_w	2,211	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	2,605	W/m ² K
Trasmittanza termica del modulo	U	2,111	W/m ² K

Caratteristiche del serramento: VC 110X240			
Trasmittanza termica	U_w	2,227	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	2,605	W/m ² K
Trasmittanza termica del modulo	U	2,216	W/m ² K

<u>Caratteristiche del serramento: VC 75X200</u>			
Trasmittanza termica	U_w	2,202	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	2,605	W/m ² K
Trasmittanza termica del modulo	U	2,202	W/m ² K

<u>Caratteristiche del serramento: ALL 90X65</u>			
Trasmittanza termica	U_w	3,916	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	4,293	W/m ² K
Trasmittanza termica del modulo	U	4,081	W/m ² K

<u>Caratteristiche del serramento: ALL 400X280</u>			
Trasmittanza termica	U_w	4,111	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	4,293	W/m ² K
Trasmittanza termica del modulo	U	4,183	W/m ² K

<u>Caratteristiche del serramento: ALL 200X280</u>			
Trasmittanza termica	U_w	4,131	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	4,293	W/m ² K
Trasmittanza termica del modulo	U	4,236	W/m ² K

<u>Caratteristiche del serramento: ALL 185X230</u>			
Trasmittanza termica	U_w	3,983	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	4,293	W/m ² K
Trasmittanza termica del modulo	U	4,099	W/m ² K

Caratteristiche componenti vetrati Post Operam:

<u>Caratteristiche del serramento: TV 185X230</u>			
Trasmittanza termica	U_w	1,300	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	1,100	W/m ² K
Trasmittanza termica del modulo	U	1,375	W/m ² K

<u>Caratteristiche del serramento: TV 200X440</u>			
Trasmittanza termica	U_w	1,3	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	1,1	W/m ² K
Trasmittanza termica del modulo	U	1,356	W/m ² K

<u>Caratteristiche del serramento: TV 400X280</u>			
Trasmittanza termica	U_w	1,300	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	1,100	W/m ² K
Trasmittanza termica del modulo	U	1,346	W/m ² K

<u>Caratteristiche del serramento: TV 200X140 tamponamento</u>			
Trasmittanza termica	U_w	1,300	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	1,100	W/m ² K
Trasmittanza termica del modulo	U	1,366	W/m ² K

List of Figures

Figura 1: Allegato E, Decreto Requisiti Energetici 6 Agosto 2020 [3]	7
Figura 2: Scala Classi Energetiche APE	12
Figura 3: Prestazione Energetica Globale APE.....	15
Figura 4: Osservatorio Autopromotec su dati Politecnico di Milano [18].....	24
Figura 5: Nel riquadro Rosso è riportato l'edificio oggetto dell'intervento	28
Figura 6: Suddivisione Esterna degli Appartamenti	29
Figura 7: Pianta Piano Terra.....	29
Figura 8: Pianta Piano Primo	30
Figura 9: Modello Edificio ed Esposizione Solare.....	33
Figura 10: Confronto Geometria Copertura	34
Figura 11: Geo Pietra Presente nella Realtà dei Fatti.....	35
Figura 12: Modello 3d Intero Edificio	42
Figura 13: Prospetto UNI EN ISO 10077	45
Figura 14: Producibilità fotovoltaico installato	51
Figura 15: APE Appartamento Piccolo Figura 16: APE Appartamento Grande	52
Figura 17: APE Convenzionale	53
Figura 18: Lastre EPS 100.....	55
Figura 19: Rappresentazione Semplificata Applicazione Cappotto Termico	56
Figura 20: Bluevolution R32	62
Figura 21: Rumorosità Altherma 3 H HT [34]	63
Figura 22: Schema logico-funzionale Pompa di Calore Solo Riscaldamento	65
Figura 23: Dichiarazione Modulo Vetrato	68
Figura 24: Dichiarazione del Costruttore Daikin	71
Figura 25: Scaldacqua Mitsubishi Thermal.....	73
Figura 26: Schema Idraulico Scaldacqua in pompa di Calore.....	74

Figura 27: Scheda Tecnica Modulo FV	75
Figura 28: Producibilità Stato di Progetto	76
Figura 29: Scheda Tecnica Batterie di Accumulo	77
Figura 30: Descrizione Collegamento in Parallelo Torre di Accumulo	77
Figura 31: Colonnina di Ricarica	78
Figura 32: APE Convenzionale Stato di Progetto	80
Figura 33: Confronto Prestazione fabbricato mediante indicatore visivo	81

List of Tables

Tabella 1: Tecnologie standard dell'edificio di riferimento.....	13
Tabella 2: Scala di classificazione <i>EP_{gl}, nren, rif, standard</i> (2019/21).....	13
Tabella 3: Indicatore della prestazione energetica invernale	14
Tabella 4: Indicatore della prestazione energetica estiva dell'involucro.....	15
Tabella 5: Massimali di Spesa Superbonus 110%.....	18
Tabella 6: Stratigrafie e Serramenti	30
Tabella 7: Dati Geometrici Principali	31
Tabella 8: Dati Climatici.....	32
Tabella 9: Stratigrafia Pavimento Verso Cantina	40
Tabella 10: Stratigrafia Copertura	43
Tabella 11: Stratigrafia Pacchetto Vetrato Vetro Camera.....	45
Tabella 12: Stratigrafia Pacchetto Vetrato Vetro Singolo	45
Tabella 13: Classi Energetiche Singole Unità Immobiliari.....	52
Tabella 14: Classe Energetica Intero Edificio	53
Tabella 15: Trasmittanza termica U massima delle strutture opache verticali, verso l'esterno soggette	59
Tabella 16: Confronto Parametri Dinamici Parete Esterna.....	61
Tabella 17: requisiti minimi COP e EER, Allegato F DM 6 Agosto 2020	64
Tabella 18: Dati Tecnici Pompa di Calore Installata	64
Tabella 19: Fabbisogno di Potenza Zone Termiche	66
Tabella 20: Pacche Vetrato di Nuova Installazione	67
Tabella 21: Confronto Trasmittanza Pacchetto Vetrato	69
Tabella 22: Confronto Modulo Vetrato.....	69
Tabella 23: Confronto Trasmittanze Moduli Vetrati	70
Tabella 24: COP e EER Dichiarazione del Costruttore Daikin [35]	72

Tabella 25: Confronto Potenza ed Energia da sistema Fotovoltaico	76
Tabella 26: Confronto Ape Convenzionali.....	80
Tabella 27: Confronto Indici di Consumo	82
Tabella 28: Confronto Emissioni CO2.....	82

Lista Equazioni

Equazione 1: Calcolo della Trasmittanza Termica UNI EN ISO 6946.....	6
Equazione 2:Indice di prestazione energetica globale non rinnovabile	11
Equazione 3: Gradi-Giorno	33
Equazione 4: Calcolo Trasmittanza Termica secondo Normativa UNI EN ISO 6946 [4]	37
Equazione 5: Trasmittanza termica Finestra.....	44
Equazione 6: Trasmittanza Termica Solo Vetro	44

Saluti e Ringraziamenti

Ci tenevo a salutare e ringraziare il professore Francesco Romano per la sua enorme disponibilità durante questo periodo passato assieme, lo studio di ingegneria ESA Progetti in ogni suo componente per la disponibilità e gli insegnamenti , il Politecnico di Milano per la preparazione tecnica e scientifica, la mia famiglia per avermi sostenuto moralmente ed economicamente e tutti gli amici che mi hanno seguito durante questo mio percorso in questi anni.

